



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**UM MÉTODO HÍBRIDO PARA A ELABORAÇÃO DA BASE  
GEOMÉTRICA DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES  
CADASTRAIS**

*Aplicação: Subsistema Edificações*

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil (Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário)

Orientador: Prof. Dr - Ing. Jürgen W. Philips

**EDER SILVA**

Florianópolis

1999

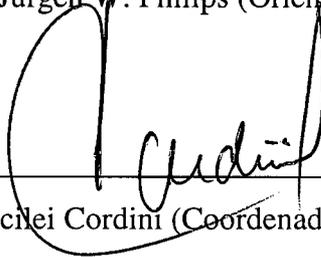
## FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 15 / 07 / 99, pela comissão examinadora.



---

Prof. Dr - Ing. Jürgen W. Philips (Orientador-Moderador)



---

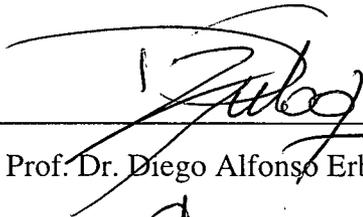
Prof. Dr. Juclei Cordini (Coordenador do PPGEC)

### COMISSÃO EXAMINADORA:



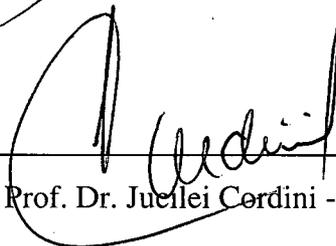
---

Prof. Dr. Carlos Loch - UFSC



---

Prof. Dr. Diego Alfonso Erba - UNISINOS



---

Prof. Dr. Juclei Cordini - UFSC

*“Não basta ter belos sonhos para realizá-los.  
Mas ninguém realiza grandes obras se não for capaz de sonhar grande.  
Podemos mudar o nosso destino,  
se nos dedicarmos à luta pela realização de nossos ideais.  
É preciso sonhar, mas com a condição de crer em nosso sonho;  
de examinar com atenção a vida real;  
de confrontar nossa observação com nosso sonho;  
de realizar escrupulosamente nossa fantasia.  
Sonhos, acredite neles.”*

*Lenin*

### *Dedicatória*

*Ao meu pai (in memoriam) e mãe,  
que sempre me incentivaram a lutar  
para que os sonhos se realizassem.  
À minha filha Camilla,  
que apesar da pouca idade,  
sempre me confortou,  
aceitando a minha ausência  
como um mero sonho.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, em nome dos professores Dr. Carlos Loch e Dr<sup>a</sup>. Lia Caetano Bastos, pela oportunidade concedida ao me selecionarem para o Curso de Mestrado em Engenharia Civil, cuja área de concentração em Cadastro Técnico Multifinalitário, se identifica com as minhas atividades profissionais;

Ao Instituto de Geociências Aplicadas - IGA, em nome do Ex-Diretor Geral Prof. Paulo Rogério Junqueira Alvim, pelo incentivo, permissão e condução ao meu processo de afastamento da Instituição;

Aos Ex-Diretores de Cartografia e Geografia, Sérgio Roberto Gouveia e Carlos Magno, respectivamente, pelas orientações e recomendações dispensadas;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos, viabilizando a minha permanência no curso e nesta maravilhosa cidade;

Ao Prof. Jürgen W. Philips, que aceitou trabalhar com as minhas dificuldades, orientando e contribuindo da melhor maneira possível;

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Cadastro Técnico Multifinalitário, pelos ensinamentos dispensados que enriqueceram os meus conhecimentos;

À ex- Coordenadoria do Curso de Pós-Graduação, em especial à secretária Irizete Menezes;

À Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, pelas informações repassadas, fundamentais ao desenvolvimento do trabalho;

À Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina - FATMA, em nome do Ex-Diretor de Estudos Ambientais Lucian Ritzmann, pela autorização do uso dos equipamentos GPS e em especial, ao Eng<sup>o</sup>. Agrimensor Aurélio, pelos imensuráveis esforços e apoio logístico dado em uma das etapas deste trabalho;

À Esteio - Empresa de Aerolevanteamento e Engenharia em nome dos Engenheiros Fernando, Silas, Hiram, em especial ao Eng<sup>o</sup> Cartógrafo Roger, pelas explicações, quando do acompanhamento das várias etapas do processo de elaboração da ortofoto digital do campus da UFSC;

À Manfra & Cia Ltda, em nome dos técnicos Danilo e Fernando, pelo empréstimo do Software Posição e Softdesk, além do suporte técnico dispensado quanto ao uso do módulo Civil da Softdesk;

Ao Escritório Técnico Administrativo da Universidade Federal de Santa Catarina - ETUSC, em nome dos Engenheiros, Fernando e Manoel, pelas informações e documentos colocados à disposição, bem como aos bolsistas Fernando, Jorge e Marcelo, pelo trabalho de levantamento topográfico realizado;

Aos colegas e amigos de curso, que contribuíram com suas críticas e sugestões em várias etapas do trabalho;

Aos amigos do Laboratório de Ciências Geodésicas - LABSIG, especialmente ao bolsista Ricardo Martins, pelos relevantes trabalhos de Autocad;

Aos amigos Lincoln, Alcides e Moisés, mestrandos em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, que me acolheram durante as minhas estadas em Curitiba;

À banca examinadora, por aceitarem o convite e pelas brilhantes contribuições, quando do exame deste trabalho;

À todos vocês que, de uma forma ou de outra, se fizeram presentes;

**MUITO OBRIGADO**

## SUMÁRIO

<i>AGRADECIMENTOS</i> .....	iv
<i>SUMÁRIO</i> .....	vi
<i>LISTA DE ABREVIATURAS E SÍGLAS</i> .....	xii
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i> .....	Xiv
<i>ÍNDICE DE TABELAS</i> .....	Xv
<i>RESUMO</i> .....	Xvi
<i>ABSTRACT</i> .....	Xvii

### 1ª PARTE: INTRODUÇÃO

#### *Capítulo 1 – INTRODUÇÃO*

1.1 Considerações Preliminares .....	1
1.2 Objetivo Geral .....	2
1.3 Objetivos Específicos .....	2
1.4 Justificativas .....	3

### 2ª PARTE: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### *Capítulo 2 – CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO*

2.1 Generalidades .....	6
2.2 CTM como Base ao Gerenciamento Físico-Espacial .....	8
2.3 Base Cartográfica para o CTM .....	10
2.4 Sistemas de Informações Cadastrais.....	11

### **Capítulo 3 – CARTOGRAFIA**

3.1 Generalidades .....	13
3.2 Projeção Transversa de Mercator .....	14
3.2.1 Histórico .....	14
3.2.2 O Sistema UTM .....	14
3.3 Classificação de uma Carta quanto ao PEC .....	16
3.4 Mapeamento Temático ou Específico .....	17

### **Capítulo 4 – SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL**

4.1 Generalidades .....	19
4.2 Caracterização dos Sinais GPS .....	20
4.2.1 As Portadoras .....	20
4.2.2 Os Códigos C/A, P(Y) e D .....	20
4.3 Efeitos de Degradação da Precisão dos Sinais GPS .....	21
4.3.1 Imposições dos Gestores do Sistema .....	21
4.3.2 Geometria da Constelação de Satélites .....	22
4.3.3 Atmosfera .....	22
4.3.4 Multicaminhamento .....	22
4.4 Correção Diferencial em GPS (DGPS) .....	23
4.5 Método de Posicionamento Absoluto .....	23
4.6 Métodos de Posicionamento Relativo .....	24
4.6.1 Método Estático-Diferencial .....	24
4.6.2 Método Cinemático .....	25
4.6.3 Método Interferométrico .....	25
4.6.4 Método Dinâmico .....	25
4.7 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo .....	26

### **Capítulo 5 – FOTOGRAMETRIA**

5.1 Generalidades .....	27
5.2 Fontes de Erros Fotogramétricos .....	28
5.3 Controle Fotogramétrico .....	29
5.4 Aerotriangulação .....	30
5.5 Princípios do Método da Ortofotografia .....	31

## **Capítulo 6 – REDES DE CONTROLE**

6.1 Generalidades .....	33
6.2 O Sistema Geodésico Brasileiro .....	33
6.2.1 Rede Geodésica Nacional .....	34
6.3 Redes Geodésicas Estaduais .....	35
6.3.1 Rede de Referência de Santa Catarina .....	36
6.4 Rede de Referência Cadastral Municipal .....	37
6.5 Observações de Campo .....	38
6.6 Ajustamento de Observações .....	39
6.6.1 Classificação dos Erros de Observações .....	40
6.6.1.1 Erros Grosseiros .....	40
6.6.1.2 Erros Sistemáticos .....	40
6.6.1.3 Erros Acidentais .....	40
6.6.1.4 Erros Verdadeiros e Aparentes – Residuais .....	40
6.6.2 Critérios Específicos de Precisão .....	41
6.7 Ajustamento Livre .....	42

## **3ª PARTE: MÉTODO**

### **Capítulo 7 – IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS**

7.1 Considerações Preliminares .....	43
7.2 Caracterização da Área .....	45
7.3 Evolução Histórica da Implantação do Campus .....	46
7.4 O Entorno do Campus .....	48
7.5 O Planejamento do Espaço Físico do Campus .....	48
7.6 História Cartográfica do Campus .....	50
7.6.1 Planta Cadastral de 1955 .....	50
7.6.2 Mapa Chave de 1963 .....	51
7.6.3 Planta Topográfica de 1973 .....	51
7.6.4 Ortofotocarta de 1994 .....	52
7.6.5 Planta Geral do Campus de 1999 .....	52
7.6.6 Ortofoto Digital - Edição 1999 .....	53

## **Capítulo 8 – ELABORAÇÃO DA ORTOFOTO DIGITAL**

8.1 Generalidades .....	54
8.2 Materiais e Equipamentos .....	55
8.2.1 Materiais .....	55
8.2.2 Equipamentos (Hardware e Software) .....	56
8.2.2.1 Rastreamento dos Pontos de Apoio e Obtenção das Coordenadas .....	56
8.2.2.2 Aerotriangulação .....	57
8.2.2.3 Rasterização dos Diapositivos .....	57
8.3 Método de Produção .....	58
8.3.1 Cobertura Aerofotogramétrica/Aquisição da Imagem .....	59
8.3.2 Apoio Terrestre .....	60
8.3.2.1 Planejamento da Operação de Levantamento .....	60
8.3.2.2 Seleção dos Pontos Fotoidentificáveis no Terreno .....	61
8.3.2.3 Rastreamento das Bases .....	62
8.3.2.4 Rastreamento dos Pontos de Apoio .....	65
8.3.2.5 Pós-Processamento dos Dados Rastreados .....	66
8.3.2.6 Transformação entre Coordenadas e Sistemas .....	67
8.3.3 Aerotriangulação .....	68
8.3.4 Digitalização de Imagens .....	69
8.3.4.1 Scannerização .....	69
8.3.5 Processo de Orientação das Imagens .....	71
8.3.5.1 Orientação Absoluta do Diapositivo .....	71
8.3.6 Modelo Digital do Terreno .....	71
8.3.6.1 Nivelamento Geométrico .....	72
8.3.7 Retificação Diferencial .....	74
8.4 Produto Final .....	76
8.5 Controle de Qualidade .....	77
8.6 Precisão .....	77

## **Capítulo 9 – REDE DE CONTROLE PLANIMÉTRICO**

9.1 Generalidades .....	79
9.2 Materiais e Equipamentos .....	80

9.3 Requisitos para a Implantação da Rede .....	81
9.4 Operações de Campo .....	82
9.4.1 Escolha e Materialização dos Vértices .....	82
9.4.2 Escolha e Medida da Base .....	83
9.4.3 Aquisição dos Dados .....	84
9.4.4 Processamento dos Dados .....	85
9.5 Ajustamento das Observações .....	85
9.6 Produto Final .....	88
9.7 Precisão .....	89

### **Capítulo 10 – ELABORAÇÃO DA CARTA TEMÁTICA**

10.1 Generalidades .....	90
10.2 Materiais e Equipamentos .....	91
10.3 Vetorização .....	91
10.4 Otimização Topográfica .....	92
10.5 Cadastro das Edificações .....	92
10.6 Elementos Fundamentais de uma Carta .....	95
10.7 Produto Final .....	97
10.8 Precisão .....	97
10.9 Modelagem dos Dados visando um SIC .....	98

## **4ª PARTE: ANÁLISES E RESULTADOS**

### **Capítulo 11 – ANÁLISES**

11.1 Considerações Preliminares .....	100
11.2 Análise I (Processo Geodésico) .....	102
11.2.1 Quanto a Utilização dos Equipamentos GPS .....	102
11.2.2 Quanto ao Método de Posicionamento GPS .....	103
11.2.3 Quanto ao Georeferenciamento dos Pontos Fotoidentificáveis .....	105
11.2.4 Quanto ao Processamento e Ajustamento dos Dados GPS .....	105
11.3 Análise II (Processo Aerofotogramétrico) .....	108
11.3.1 Quanto a Aquisição da Imagem .....	108
11.3.2 Quanto a Aerotriangulação .....	109

11.3.3 Quanto a Geração do MDT Automático .....	110
11.3.4 Quanto ao Produto Ortofoto .....	111
11.4 Análise III (Processo Topográfico) .....	111
11.4.1 Quanto a Implantação da Rede de Pontos de Controle .....	111
11.4.2 Quanto ao Levantamento das Observações .....	112
11.4.3 Quanto a Utilização do Software de Ajustamento .....	113
11.4.4 Quanto ao Ajustamento da Rede de Pontos Topográficos .....	114
11.5 Análise IV (Relação Custo/Benefício de uma Base Geométrica) .....	115
11.6 Conclusões .....	119
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	122
<b>ANEXOS</b> .....	128

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ASCII – American Standard Code for Information Interchange
- CTC – Centro Tecnológico
- CTM – Cadastro Técnico Multifinalitário
- CTMU – Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano
- DGPS – Differential Global Positioning System
- DPW – Digital Photogrammetric Workstation
- DN – Digital Number
- DOP – Dilution Of Precision
- ETUSC – Escritório Técnico-Administrativo da Universidade Federal de S. Catarina
- FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
- FATMA – Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina
- FIG – Federação Internacional de Geômetras
- GPS – Global Positioning System
- GSD – Grand Sample Distance
- HDOP – Horizontal Dilution Of Precision
- IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IGA – Instituto de Geociências Aplicadas
- MC – Meridiano Central
- MMQ – Método dos Mínimos Quadrados
- NAVSTAR – Navigation Satellite Time and Ranging
- NBR – Norma Brasileira
- PDOP – Position Dilution Of Precision
- PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica
- PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
- RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
- RN – Referência de Nível

SGB – Sistema Geodésico Brasileiro

SIC – Sistemas de Informações Cadastrais

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

TDOP – Time Dilution Of Precision

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UTM – Universal Transverso de Mercator

VDOP – Vertical Dilution Of Precision

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 4.7 – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo.....	26
Figura 6.3.2 – Rede GPS de Santa Catarina.....	36
Figura 6.5 (a) – Métodos de medições angulares.....	38
Figura 6.5 (b) – Um grupo de quatro direções.....	39
Figura 7.1 – Fluxograma ilustrativo do desenvolvimento do Método Híbrido.....	44
Figura 7.2 – Vista aérea da região de localização do campus.....	46
Figura 8.3.2.3 (a) – Sessões de Rastreio das Bases.....	64
Figura 8.3.2.3 (b) – Esquema das Sessões de Rastreio das Bases.....	64
Figura 8.3.8 – Esquema básico de produção da ortofoto digital.....	75
Figura 9.6 – Geometria da Rede de Pontos Topográficos.....	89
Figura 10.5 (a) – Vista parcial da vetorização “on screen” do Hosp. Univ.....	93
Figura 10.5 (b) – Vetorização “on screen” do Hospital Universitário.....	94

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.3 – Padrão de Exatidão Cartográfica-PEC.....	16
Tabela 3.4 – Escalas usuais e empregos respectivos.....	18
Tabela 6.2.1 – Classificação dos Levantamentos Geodésicos.....	35
Tabela 7.2 - Terrenos de Propriedade da UFSC.....	45
Tabela 8.3.2.6 – Transformação de coordenadas entre sistemas.....	67
Tabela 8.3.4.1 – Relação entre tempo de scannerização e tamanho de arquivo.....	70
Tabela 8.3.6.1 – Nivelamento Geométrico.....	74
Tabela 8.4 – Armazenamento de produtos digitais.....	76
Tabela 8.6 – Valores recomendados na relação pixel X escala.....	78
Tabela 10.6 – Formatos de papel para desenho.....	96
Tabela 10.8 – Escala X Erro gráfico.....	97
Tabela 11.2.4 (a) – Pós-processamento GPS.....	107
Tabela 11.2.4 (b) – Precisão planimétrica dos vetores.....	108
Tabela 11.4 – Estimativa de custos de serviços aerofotogramétricos.....	117

## **RESUMO**

No presente trabalho, propõe-se o uso de um “Método Híbrido”, que associa conceitos, técnicas e produtos da Fotogrametria, Topografia e Geodésia, para a elaboração de uma Base Geométrica, visando um Sistema de Informações Cadastrais direcionado às edificações do Campus da UFSC. O Trabalho busca trazer, de forma detalhada, a descrição dos procedimentos básicos inerentes às ferramentas e técnicas utilizadas num processo de mapeamento em grande escala para a obtenção do produto final. Numa primeira etapa, descreve-se o procedimento de elaboração da ortofoto digital da área de estudos e o seu georeferenciamento ao Sistema Geodésico Brasileiro, face ao reajustamento das coordenadas sofrido por todo o sistema em 1996. Numa segunda etapa, descreve-se o procedimento da implantação de uma rede de pontos para controle planimétrico, visando o levantamento das edificações dentro do contexto físico-espacial do campus universitário. Na terceira e última etapa, procede-se a descrição e a análise dos resultados das etapas anteriores, sobretudo, a análise do ajustamento da rede de pontos de controle planimétrico e a sua inter-relação com a ortofoto digital, no sentido de gerar uma base geométrica rígida e única, essencial ao Sistema de Informações Cadastrais.

## **ABSTRACT**

The present work proposes the use of a “Hybrid Method” that associates concepts, techniques and products of Photogrammetry , Topography and Geodesy on the elaboration of a geometric base aiming at an Information File System focused on the buildings of the Federal University of Santa Catarina – UFSC. The research brings, in a detail way, the description of inherent basic procedures to the tools and thecniques used in the mapping process on a large scale to obtain a product. In the first stage the procedure for making the digital orthophoto of the studied area is described, as well as, its reference to the brazilian geodesic system, face to the readjustment of coordinates suffered by the system in 1996. In the second stage the implementation of the point-net for planimetric control is also described. And in the third and last stage, the results of the previous stages are described and analysed. The work presents a detailed analysis of the point-net in the planimetric control and its relationship whit the digital orthophoto, in the sense of generating a rigid and only, essential geometric base.

## 1ª PARTE: INTRODUÇÃO

### **Capítulo 1 - INTRODUÇÃO**

#### **1.1 Considerações Preliminares**

Este trabalho está contido em um outro trabalho de âmbito maior que está sendo desenvolvido entre a Universidade Federal de Santa Catarina e a Universidade de Karlsruhe – Alemanha. Trata-se de um projeto de pesquisa que visa a integração de imagens digitais de fachadas de extensos conjuntos urbanos em sistemas municipais de planejamento. Tecnicamente, os trabalhos correspondem à produção de ortofotos digitais através da conversão analógico/digital das imagens originais (“amostragem”), retificação geométrica georeferenciada (“reamostragem”) e a saída dos resultados (“visualização”), onde a integração de imagens no processo de planejamento urbano atrelados à outros dados geotécnicos, irão permitir uma nova qualidade na busca de soluções otimizadas.

Neste contexto, deve-se afirmar que todo e qualquer gerenciamento ou planejamento físico-espacial em nível local exige informações físico-espaciais em escalas e detalhamentos adequados. Estas informações geralmente são obtidas em produtos gerados pelos métodos de levantamentos topográficos, geodésicos ou fotogramétricos utilizando, nem sempre, as mais modernas técnicas e equipamentos disponíveis no mercado. Para o desenvolvimento de projetos que requeiram informações georeferenciadas, se faz necessária a utilização de uma base cartográfica confiável e atualizada, que é um dos produtos gerados pelos métodos de levantamento do espaço físico. Contudo, a base cartográfica deve se apoiar em uma base geométrica rígida de controle, que garanta a sua classificação em níveis aceitáveis diante do Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC.

Com o advento da computação e o constante desenvolvimento da área da informática (hardware e software), as técnicas usadas em mapeamento se tornaram práticas e econômicas para os mais diversos usos, inclusive os que exigem precisão

milimétrica. A maneira mais simples para descrever genericamente um objeto geométrico no computador é através das coordenadas cartesianas de seus pontos característicos. O cálculo de coordenadas virou uma necessidade para satisfazer esta regra simples da computação, quando, ao invés de calcular as coordenadas somente de poucos pontos, agora levanta-se todos os pontos do nosso espaço físico em forma de suas coordenadas.

Uma vez assegurada a verdadeira localização geográfica de edificações, malha viária, drenagem, posteamentos, arborização, culturas, enfim, elementos que caracterizam a ocupação e o uso de uma determinada área através de suas coordenadas, o planejamento e o gerenciamento físico-espacial através de sistemas de informações, se torna cada vez mais dinâmico, facilitando, desta forma, a elaboração e locação de novos projetos, o cruzamento de informações, a análise e manipulação do banco de dados, a sobreposição de arquivos através de “overlayers” e, a geração de novos produtos cartográficos que retrate confiavelmente a situação do meio.

## **1.2 Objetivo Geral**

Mostrar a viabilidade da aplicação de um “Método Híbrido”, usando diversas técnicas de levantamento do espaço físico, visando a geração de uma base geométrica rígida, que sirva, de uso facultativo, como referencial geométrico a elaboração de um Sistema de Informações Cadastrais, direcionado às edificações do Campus da Universidade Federal de Santa Catarina.

## **1.3 Objetivos Específicos**

i) Mostrar como está definida a Organização Físico-Espacial do Campus ao longo dos anos, desde os primórdios de sua fundação, no final de 1960 até os dias de hoje, através da análise de documentos cartográficos existentes;

ii) Descrever o processo de geração da ortofoto digital da área de estudos a partir dos modelos aerofotogramétricos de recobrimento, bem como o seu georeferenciamento ao Sistema Geodésico Brasileiro, através da utilização da tecnologia NAVSTAR-GPS;

iii) Descrever como se procedeu as diversas etapas de implantação da rede de pontos de controle planimétrico no campus universitário, bem como a sua configuração geométrica;

iv) Descrever a forma de coleta dos dados a partir da rede de pontos de controle, mediante a utilização do método topográfico de levantamento com Estação Total;

v) Geração e análise do ajustamento das observações coletadas, usando um modelo paramétrico, de acordo com o Método dos Mínimos Quadrados de Gauss;

vi) Descrever os procedimentos de elaboração de uma carta temática, empregando o “Método Híbrido”;

vii) Apresentar uma modelagem de dados do subsistema edificações, que sirva de banco de dados para um Sistema de Informações Cadastrais – SIC.

## 1.4 Justificativas

Atualmente, percebe-se que o desenvolvimento técnico-científico é largamente empregado em diversas áreas do conhecimento humano, entre as quais, a de mapeamento. Esse desenvolvimento se torna bastante aparente a partir do momento em que se pode obter as coordenadas de posicionamento espacial em qualquer região do planeta, através de uma constelação de satélites artificiais que integram o Sistema de Posicionamento Global (NAVSTAR– GPS), sistema este, desenvolvido originariamente com finalidade bélica.

Percebe-se ainda, grandes desenvolvimentos nas técnicas e equipamentos de mapeamento, entre eles, os fotogramétricos, tais como as “Digital Photogrammetric Workstations - DPW” e o uso de GPS para o voo apoiado e o imageamento da superfície terrestre através de satélites. Aliado a tudo isso, o desenvolvimento dos métodos de levantamentos topográficos, através de Estações Totais Eletrônicas e Remotas de alta precisão, bem como os níveis eletrônicos. Paralelamente a esse grande desenvolvimento e, não menos importante, o surgimento e evolução dos mais variados sistemas de informações, dentre eles, os geográficos ou da terra, cadastrais, territoriais, etc., associados aos mais diferentes e modernos softwares de geoprocessamento e análises.

Embora muitos países desenvolvidos já tenham concluído o mapeamento de todo o seu território, restando-lhes apenas a atualização, o Brasil, como país emergente e de grandes dimensões territoriais ainda deixa muito a desejar com relação ao mapeamento de sua extensão territorial de forma satisfatória. Infelizmente as constantes transformações verificadas em seu espaço físico são dinâmicas e bem maiores que as estruturas existentes responsáveis pelos mapeamentos.

Atualmente existem no país, órgãos e empresas, públicas e privadas, que produzem documentos cartográficos, em sua maioria, aliados a interesses unilaterais, que sequer respondem parte das necessidades da maioria dos usuários. A falta de uma integração maior entre os órgãos mapeadores acarreta a duplicidade de produtos cartográficos, muitas vezes abrangendo o mesmo tema, e conseqüentemente, são repassadas para os usuários informações em escalas inadequadas, sem dar relevância alguma para a precisão absoluta ou relativa do produto oferecido. É neste contexto, que a proposta da utilização de um método híbrido de levantamento se torna oportuno, no momento em que lança mão das tecnologias e materiais disponíveis dentro das diferentes técnicas de levantamento do espaço físico.

Hoje, com o desenvolvimento da informática, é possível, a partir da scanerização de um modelo aerofotogramétrico de recobrimento, obter uma imagem raster de uma determinada área, vetorizá-la e, conseqüentemente, trabalhar a definição e atualização de suas feições através da aplicação do método direto de levantamento topográfico, apoiado em uma rede planimétrica de pontos de controle, face a impossibilidade da perfeita definição de algumas feições contidas na imagem devido às sombras provocadas por árvores, ou simplesmente pela inclinação de edificações.

A viabilidade de um trabalho envolvendo o método híbrido, método que correlaciona produtos, técnicas e conceitos da Geodésia, Fotogrametria e Topografia pode ser justificado a partir do momento em que não se dispõe de grandes recursos financeiros necessários à elaboração de um produto cartográfico pelos métodos tradicionais. O método requer um planejamento rigoroso das diversas etapas de elaboração do produto final, para que se alcance os resultados esperados. Considerando que a dinâmica do espaço urbano muda rapidamente em algumas regiões do país e as fotografias aéreas nem sempre são recentes, um minucioso trabalho de fotointerpretação das feições de interesse juntamente com uma visita a campo na área a ser trabalhada tornam-se de fundamental importância, para que se efetue a análise do grau de transformação do espaço físico. A partir daí, os modelos aerofotogramétricos que

compõem o voo de recobrimento desta área passarão por um processo de georeferenciamento, para que, através da aerotriangulação, as distorções existentes na imagem gerada sejam corrigidas. Estabelecer uma infra-estrutura de apoio geodésico e topográfico que proporcione a normalização e sistematização de levantamentos do espaço físico através da combinação do método direto de levantamento topográfico e do método aerofotogramétrico, é a finalidade primordial do método híbrido, quando este vem de encontro às normas e especificações emitidas pelas entidades responsáveis, respeitando os corretos procedimentos para a execução dos levantamentos.

Os mapeamentos locais ou regionais que visam a elaboração de bases cartográficas e/ou bases geométricas para um Sistema de Informações Cadastrais, necessariamente devem estar georeferenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB. Diante do recente reajustamento sofrido pela rede de triangulação do SGB, promovido em 1996, pelo seu órgão gestor, o IBGE, torna-se imprescindível, que qualquer proposta atual de mapeamento esteja calcada nos atuais valores das coordenadas reajustadas, haja visto a existência de uma discrepância significativa em metros, dos valores das novas coordenadas em relação aos valores anteriores de suas homólogas.

## 2ª PARTE: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### **Capítulo 2 - CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO**

#### **2.1 Generalidades**

A Federação Internacional de Geômetras – FIG (1998), conceitua o Cadastro como um sistema atualizado de informações da terra baseado em parcelas contendo um registro de interesses sobre a mesma. Geralmente contém uma descrição geométrica das parcelas ligada a outros registros que descrevem a natureza dos interesses, e a propriedade ou o controle desses interesses. A entidade conclui ao mencionar que o Cadastro pode ser estabelecido para fins fiscais (com avaliação e tributação eqüitativa), fins legais (transferência de títulos), para apoiar no gerenciamento e uso do solo (para planejamento e outras finalidades administrativas), além de proporcionar desenvolvimento sustentável e proteção ambiental.

Um cadastro, de acordo com HENSSEN (1996), possui um papel fundamental na regularização do uso da terra, lotes e parcelas, na acessibilidade à água, esgoto e vias de acesso e auxílio na implementação de programas sociais para a melhoria de acesso à terra, dentre outros fatores.

WACHOWICZ (1987) e HOCHHEIM (1996), enfatizam que o CTMU - Cadastro Técnico Multifinalitário deve ter as seguintes finalidades: i) desapropriações; ii) racionalidade do planejamento de uso do solo; iii) base para melhoramento do registro de propriedade imobiliária; iv) garantia dos limites da propriedade individual; v) segurança dos limites administrativos; vi) inter-relacionamento com Cartório de Registro de Imóveis; vii) cobrança de tributos; viii) previsão da receita tributária municipal. O Cadastro Técnico Urbano age como atividade meio no estabelecimento e manutenção dos padrões de desenvolvimento, das regulamentações técnicas e do código de obras.

Entre as finalidades básicas em que fundamenta o cadastro técnico, BLACHUT et al (1979), ressalta que a localização do imóvel em termos espaciais

avaliando a legalidade dos documentos de propriedade, confrontando-os com as medições precisas das divisas apresentadas pelo trabalho de cadastro técnico como sendo de suma importância.

De acordo com LOCH (1994), o Cadastro Técnico Multifinalitário deve ser entendido como um sistema de registros de dados que identificam e caracterizam uma área de interesse. O registro de dados deve ser sob forma descritiva e padronizada, apoiada numa base cartográfica.

Dentre os vários objetivos de um Cadastro Técnico apontados por SILVA (1979), destaca-se a geração dos dados espaciais para um sistema de informações além de permitir o mapeamento das instalações de sub-solo e áreas em escala compatível com as necessidades.

Os cadastros técnicos concebidos dentro de uma visão mais atual, estão baseados cada vez mais em informações alfanuméricas e cartográficas para descreverem a realidade. FERRARI e HOCHHEIM (1996), colocam que os Sistemas de Informações Geográficas tem apresentado um grande desenvolvimento na última década, no sentido de gerenciar informações alfanuméricas e cartográficas apresentando-se como eficientes sistemas para manipulação de informações cadastrais.

PAREDES (1994) declara que o Cadastro Multifinalitário pode oferecer diversos melhoramentos comparados aos sistemas tradicionais, incluindo-se: a provisão de um sistema de referência espacial geodésica e mapeamento em escala grande, apresentando grande economia e benefícios além do sistema de informação particular; a coordenação de registros jurídicos e fiscais existentes, de modo a reduzir a duplicação e prover uma base de informação melhorada para a avaliação de propriedades e registros do solo; um mecanismo de união para permitir a integração da informação cadastral com outras informações em outros sistemas de informações cadastrais, para fim de planejamento e gerenciamento de recursos; uma estrutura aberta e descentralizada possibilitando o intercâmbio ordenado de informações com outros sistemas, abrindo ampla faixa de usuários e aplicações; um meio normalizador e produtor de padrões, a nível de resolução, extensão e precisão.

PHILIPS (1996), afirma que no Brasil, atualmente, não existe um cadastro público unificado e padronizado, multifuncional e moderno para os bens imobiliários, com o registro de todos os dados técnicos, legais e gráficos relacionados à terrenos e edificações. Também não existe um registro claro e eficiente sobre os proprietários, nem sobre os donos de outros direitos de um determinado terreno.

## 2.2 CTM como Base ao Gerenciamento Físico-Espacial

O sistema cadastral juntamente com as tecnologias de informática, georeferenciamento, sistemas de informações, entre outras, vem ao longo do tempo contribuindo para um planejamento de ações com o intuito de identificar e gerenciar, com precisão e eficácia, o uso do solo. Portanto, um caminho natural para a aquisição, armazenamento e tratamento destes dados também é o Cadastro Urbano, principalmente se ele já estiver implantado e se for sistemático, afirma LUZ e OLIVEIRA (1996).

O gerenciamento físico-espacial permite identificar os agentes modificadores do meio, reconhecer e mapear as atividades antropogênicas, estimar a amplitude das alterações provocadas pelo homem. As técnicas empregadas no gerenciamento físico-espacial de uma determinada área possibilitam o seu levantamento, a sua caracterização e a sua manutenção no que tange a atualização da ocupação e uso do solo, de acordo com NASCIMENTO (1994). Para tanto, necessita de um diagnóstico físico-espacial, que dentre outros é considerado o mais importante, com a finalidade de se avaliar o grau de ocupação atual do solo e a priorização das intervenções técnicas necessárias, possibilitando o posterior gerenciamento da unidade de planejamento, bem como áreas passíveis de adensamento imobiliário.

O gerenciamento físico-espacial de um campus universitário, por exemplo, fornece controle através de métodos ou técnicas de aplicação contínua e permanente, destinadas a prever e coordenar a localização, a extensão e a resolução de problemas que afetam a população universitária situada num determinado espaço, em uma determinada época, com uma precisão que seja capaz de antecipar as consequências que advenham das mesmas. Sua meta básica é a elaboração de um plano geral (Plano Diretor) para o desenvolvimento futuro da comunidade universitária, seguida da adoção de medidas indicadas para sua efetivação, na prática, apresentando como aspectos: elaboração de mapas temáticos; plano e programa de serviços à serem instalados à comunidade; suporte ao cumprimento do que estabelece o plano diretor. Quanto mais abrangente for a ocupação física-espacial de uma área, mais cuidadoso e previdente deve ser o gerenciamento dessa área. Isto porém, só é possível tendo em mãos dados completos, confiáveis, práticos e aproveitáveis sobre a área de interesse sendo que a obtenção e organização dos dados necessários é tarefa de um moderno cadastro técnico, ressalta AMORIM et al. (1996).

Neste fim de milênio, verifica-se que os problemas de gestão administrativa e gerenciamento técnico requerem soluções eficientes e racionais, o que é muito difícil sem o conhecimento do espaço físico. As tecnologias advindas da informática e estatística são elementos fundamentais para quaisquer tipos de atividades, entre elas, as de gerenciamento, coordenação, auditoria e organização do cadastro.

HAMPEL (1987), coloca que, através de um gerenciamento apropriado, o cadastro técnico multifinalitário pode transformar-se num amplo sistema de informações, usando-o como instrumento, para se tomar decisões legais, administrativas e econômicas, além de ser um meio de ajuda para o planejamento e o desenvolvimento. Consiste de um lado o banco de dados de determinada área, relativo às ocupações, e de outro lado, os procedimentos e métodos para a coleta sistemática, a atualização, processamento e ampliação destes dados. A base de um sistema deste tipo é um sistema de referência único e tridimensional para os dados armazenados, que também permita a sua combinação com outros dados.

LOCH (1989), afirma que o mapeamento é sempre exigido nos cadastros, pois fornecem uma visão panorâmica e global da área, e informações de cada propriedade, facilitando o planejamento. Nos mapas pode-se sobrepor informações cadastrais ou pesquisas de campo, além de mostrar a realidade na forma gráfica, considerando um determinado tempo.

Analisando a história do cadastro desde os primeiros sistemas até os atuais, têm-se observado três fases nesse processo evolutivo. A primeira caracterizava o cadastro como uma forma de tributar e arrecadar impostos, na segunda como identificador das parcelas e o constante monitoramento e a terceira o cadastro é mais utilizado e aplicado no planejamento, gerenciamento e na administração pública (LIMA, 1987).

Para SOUSA et al. (1993), deve-se considerar sempre a necessidade da atualização permanente dos dados cadastrais, pois o dinamismo que ocorre na situação físico-espacial das áreas urbanas ocasiona a desatualização dos dados com muita rapidez.

## 2.3 Base Cartográfica para o CTM

A Cartografia é fundamental para cada entidade que gerencia serviços e planeja ações no domínio espacial do território em que atua através do mapeamento do espaço físico. Portanto, este espaço físico necessita constantemente estar atualizado e mapeado para que o planejamento de seu uso, e, conseqüentemente, o seu gerenciamento estejam sempre calcados em bases geométricas sólidas, argumenta HARDT (1987).

A base cartográfica, mapa construído dentro de critérios cartográficos precisos, desempenha importante função no planejamento, nos estudos, projetos e análises, fornecendo ao usuário, a localização espacial precisa dentro de padrões estabelecidos pela comunidade internacional, afirma LOPES (1996). A forma cartográfica é constituída de informações geométricas das edificações, estabelecendo um documento cartográfico ora denominado base geométrica que se preocupa com a dimensão, localização, situação e descrição das edificações e parcelas.

A representação gráfica dessas parcelas devem ser realizadas através de mapas cadastrais que, de maneira geral, possuem escalas entre 1:10.000 a 1:500, de acordo com DALE e McLAUGHLIN (1990). Esses mapas devem representar de forma fidedigna a superfície terrestre, devendo ser obtidos por métodos topográficos ou aerofotogramétricos, dando-se preferência para aquele que utilizar ambos os métodos. Os mesmos autores destacam ainda que o passo mais importante na construção do cadastro multifinalitário consiste na ligação dos detalhes topográficos do terreno com os limites das parcelas conforme definido em leis, sendo que o desenvolvimento em mapeamento digital e a extensão dos sistemas de controle de levantamentos geodésicos, tais como o GPS, têm reduzido o disparate entre os mapas topográficos e cadastrais.

VIEIRA et al. (1991), mencionam que deve haver duas bases cartográficas distintas em um município: uma que atenda aos estudos de planejamento urbano e outra para a área rural. Os tipos de bases cartográficas mais adequadas para o cadastro e o planejamento urbano, segundo os mesmos autores são:

- i) as cartas cadastrais em escala grande, geralmente compreendidas entre 1:2.000 e 1:1.000, executadas por levantamentos topográficos ou aerofotogramétricos, mostrando os limites das propriedades e o uso do solo em cada uma.

ii) as ortofotocartas em escala 1:2.000, que trata-se de uma fotografia aérea vertical onde as distorções foram eliminadas por um processo de transformação da projeção cônica da aerofoto para a projeção ortogonal.

Para a elaboração de cartas cadastrais, são usados métodos fotogramétricos em combinação com levantamentos terrestres. Para DALE e McLAUGHLIN (1990), as plantas cadastrais são as bases de identificação das propriedades imobiliárias e as plantas de referência são as plantas parcelares, sendo recomendável que sejam estabelecidas em escala próxima a 1:2.000 para áreas urbanas e 1:10.000 para áreas rurais. Elas exibem a demarcação de limites das parcelas, construções, caminhos, cercas internas, etc. Os mapas-bases e cartas cadastrais são gerados a partir de fotografias aéreas através de restituição, apoio de campo, e são editados e mantidos em meio digital, podendo a partir desta base serem manipulados, atualizados e produzidos em meio gráfico através de "plotters".

SEIFFERT (1994), argumenta que uma alternativa gráfica que pode ser gerada a partir de métodos fotogramétricos, que apresenta vantagens de custo e velocidade de produção, e tem-se mostrado eficaz para objetivos cadastrais, inventário de recursos naturais e como mapa-base para formar banco de dados em GIS, é a ortofotocarta.

## **2.4 Sistemas de Informações Cadastrais**

São sistemas bastante complexos que envolve diversas modalidades de informações abrangendo os mais variados temas. Segundo ERBA (1995), a estrutura de um sistema cadastral pode ser representada por um tetraedro, no qual cada um dos seus vértices figuram entes autônomos que possuem características peculiares, porém inter-relacionadas mutuamente.

Os sistemas de informações se baseiam numa tecnologia de coleta, armazenamento, recuperação, análise e tratamento de dados espaciais, não espaciais e temporais, gerando informações correlatas, as quais permitem obter soluções rápidas e precisas, facilitando assim as tomadas de decisões e dando suporte às atividades de gerenciamento, manutenção, operação, análise e planejamento (TEIXEIRA et al., 1992).

De acordo com LOCH (1994), os Sistemas de Informações Cadastrais podem propiciar uma visão geral e particular do espaço, seja ele urbano, rural ou regional nos seus aspectos físico-territoriais, fornecendo aos tomadores de decisão, uma indicação rápida e segura dos subsídios para solucionar problemas existentes em determinadas áreas. Os sistemas cadastrais devem estar fundamentados em três princípios básicos: medição, legislação e economia, para que atinja pleno êxito, conclui o autor.

Em qualquer ambiente municipal, as entidades geográficas chaves são as parcelas ou lotes, edificações e o sistema viário. Muitas atividades urbanas ou necessidades de informação, estão relacionadas a essas entidades geográficas, de modo combinado ou agregado, exigindo para isso alguns requisitos para a elaboração de um SIG cadastral, que, segundo PAREDES (1994), podem ser: i) Requisitos Técnicos: padronização de dados; referência espacial; mapeamento-base; padronização na compilação e manutenção contínua da carta cadastral; codificação dos elementos e outros mecanismos para a união no banco de dados; aquisição de tecnologia apropriada de tal sorte que permita a associação com outras, permitindo dessa forma o crescimento do sistema. ii) Requisitos Organizacionais: desenvolvimento de padrões para a organização de dados; desenvolvimento de padrões e processos para fluxos de dados; desenvolvimento de modelos conceituais e por etapas; seleção de pessoal apropriado; organização administrativa e reorganização; desenvolvimento de cooperação, comunicação e suporte. iii) Requisitos Institucionais que exigem: avaliação das necessidades do usuário e contrato dos sistemas; desenvolvimento dos arranjos financeiros; reformas legais; suporte profissional; suporte político; política da informação cadastral.

Para a implantação de um sistema cadastral deve-se definir previamente e de forma direta os objetivos a serem alcançados, devido principalmente ao alto custo de coleta e montagem do banco de dados. Nos sistemas de informações, os mapas consistem na principal base para a tomada de decisões (WEIBEL, 1992).

De acordo com EASTMAN et al. (1995), os sistemas de informações tem evoluído através de três vastas áreas de aplicação como base de dados de informações, como ferramentas de análises e como sistemas suporte à decisões.

## **Capítulo 3 – CARTOGRAFIA**

### **3.1 Generalidades**

Segundo o IBGE (1997), o conceito de Cartografia, hoje aceito sem maiores contestações, foi estabelecido em 1966 pela Associação Cartográfica Internacional (ACI), e posteriormente, ratificado pela UNESCO no mesmo ano: “A Cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, se voltam para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e sócio-econômicos, bem como a sua utilização”.

TAYLOR (1991), afirma que a Cartografia corresponde à organização, apresentação, comunicação e utilização de geoinformações nas formas gráficas, digital ou tátil, podendo incluir todas as etapas desde a apresentação dos dados até o uso final da criação de mapas e produtos relacionados à informação espacial.

Segundo DUARTE (1994), tanto a ciência como a arte fazem parte das atividades da Cartografia. Ciência porque constitui-se num campo de atividades humanas que requer desenvolvimento de conhecimentos específicos, aplicação sistemática de operações de campo e de laboratório, planejamento destas operações que fazem parte de um campo definido da atividade humana. No que diz respeito a arte, o mapa desde que respeitando algumas regras, pode estar ao lado do desenho.

Redigir um mapa é, primeiro, juntar a documentação indispensável a uma cobertura exaustiva do território considerado, através de levantamentos de campo e dos trabalhos de escritório referentes aos dados estatísticos, cartográficos ou iconográficos coletados, esclarece JOLY (1990). Um mapa descreve um determinado espaço geográfico com suas características qualitativas e/ou quantitativas. Ainda o mesmo autor afirma que, para representar uma superfície é necessário: um conhecimento aprofundado do assunto a ser cartografado e dos métodos de estudo que lhe concernem; uma prática comprovada de expressão gráfica com suas possibilidades e

seus limites; familiaridade com os modernos procedimentos de criação e de divulgação dos mapas.

## **3.2 Projeção Transversa de Mercator**

### **3.2.1 Histórico**

CUNHA et al. (1994) em seu artigo mencionam que a projeção TM (Transversa de Mercator) em sua forma esférica foi inventada pelo matemático e cartógrafo Johann Heinrich Lambert (1728-1777). Trata-se de uma projeção conforme. Seu desenvolvimento foi baseado em considerações elementares (provavelmente em uma forma geométrica mais apropriada), entretanto, Lambert referiu-se indiretamente sobre a forma elipsoidal para esta projeção.

Em 1822, o matemático Carl Friedrich Gauss (1777-1855), estabeleceu derivações analíticas para a projeção, mostrando ser a Projeção Transversa de Mercator um caso especial de conformidade entre duas superfícies. Então L. Krüger, de 1912 a 1919, completou um desenvolvimento de fórmulas matemáticas que se apropriam para cálculos numéricos.

O Sistema UTM (Universal Transverso de Mercator), foi criado pelo belga Gerard Kremer, a partir de modificações efetuadas na Projeção Conforme de Gauss. Ele usou como superfície de projeção 60 cilindros transversos e secantes à superfície de referência (elipsóide), cada um com uma amplitude de  $6^\circ$  em longitude e estão compreendidos entre as longitudes múltiplas de 6 (...  $60^\circ$ ,  $54^\circ$ ,  $48^\circ$ ,...), numerados a partir do Anti-Meridiano de Greenwich em coincidência com os fusos da Carta Internacional ao Milionésimo. Seu uso é limitado entre os paralelos  $80^\circ$  S e  $80^\circ$  N, de acordo com o IBGE (1997).

### **3.2.2 O Sistema UTM**

O Sistema UTM é recomendado pela União Geodésica e Geofísica Internacional (IX Assembléia de Bruxelas) e adotado pela Associação Internacional de Geofísica e pelo Instituto Pan-americano de Geografia e História, entidades internacionais, às quais o Brasil está filiado. De acordo com ROSA (1989), com a publicação de tabelas de conversão de coordenadas geográficas para coordenadas UTM e vice-versa, adaptadas aos principais elipsóides em uso pelos diversos países permitiu

que se adotasse internacionalmente este sistema, quanto a vantagem da uniformidade dos cálculos geodésicos e topográficos.

O sistema UTM, baseia-se no cilindro transversal secante ao elipsóide e é aplicado a cada fuso de  $6^\circ$ . Os fusos são em número de 60, tendo cada um  $6^\circ$  de amplitude, com como limites as latitudes  $80^\circ$  N e  $80^\circ$  S.

Segundo o IBGE (1997), o Sistema UTM é conforme, ou seja, não há deformações angulares, mas as distâncias e áreas apresentam deformações. A deformação de área é função exclusiva da deformação linear. Esta é função da posição ocupada pelos pontos dentro de um fuso UTM, sendo a variável conhecida como coeficiente de deformação linear e é representada pela letra K. O coeficiente de deformação linear (K) varia de 0,9996 ( $K = 1 - 1 / 2.500$ ), sobre o Meridiano Central, a 1,0007 ( $K = 1 + 1 / 1030$ ) nos extremos dos fusos, passando pelo valor unitário ( $K = 1$ ) sobre as linhas de secância. Ocorre que entre estas linhas ( $k=1$ ) de secância haverá uma redução e entre as linhas de secância até o limite dos fusos teremos uma ampliação. As distorções não ultrapassam a 0,5%. Os paralelos e meridianos entre as linhas de secância são representados ortogonalmente seguindo linhas retas. O fator de escala deve-se a utilização de um cilindro secante onde existirão duas linhas de contato paralelas ao meridiano central e ao longo das quais a projeção será equidistante, perdendo o M.C. (Meridiano Central) essa propriedade. Cada um dos fusos, chamados fusos UTM, tem origem na interseção do seu MC (Meridiano Central) com a linha do Equador. Procurando evitar valores negativos são acrescentadas de 10.000.000 metros às abcissas do hemisfério sul e 500.000 metros às ordenadas. As coordenadas plano-retangulares são designadas pelas letras Y=N (Norte) e X=E (Leste), abscissa e ordenada, respectivamente assim:

Y=N = 0,00	+ N' no hemisfério norte	(soma para norte);
Y=N = 10.000.000	- N' no hemisfério sul	(reduz para o sul);
X=E = 500.000	+ E' a leste do meridiano central	(soma para leste);
X=E = 500.000	- E' a leste do meridiano central	(reduz para oeste).

### 3.3 Classificação de uma Carta quanto ao PEC

Segundo BRASIL (1984), as instruções reguladoras de normas técnicas da cartografia nacional, constantes no Decreto N° 89.817/1984, a serem observadas por todas as entidades públicas e privadas produtoras e usuárias de serviços cartográficos, de natureza cartográfica e atividades correlatas, se destinam a estabelecer procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de normas da Cartografia Nacional, bem como padrões mínimos a serem adotados no desenvolvimento das atividades cartográficas. Em seu artigo 8.º estas instruções especificam a *classificação de uma carta quanto à exatidão (Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC)* e, pelo artigo 9º, estabelece a classificação das cartas em A, B, e C, *segundo as suas exatidões*, que se resumem no quadro abaixo:

Tabela 3.3 – Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC

Classe	Planimetria (E <sub>a</sub> : Erro absoluto)	Desvio Padrão	Altimetria (E <sub>a</sub> : Erro absoluto)	Desvio Padrão
A	90% → E <sub>a</sub> ≤ 0,5 mm	≤ 0,3 mm	90% → E <sub>a</sub> ≤ 2/5 e.v.	≤ 1/5 e.v.
B	90% → E <sub>a</sub> ≤ 0,8 mm	≤ 0,5 mm	90% → E <sub>a</sub> ≤ 3/5 e.v.	≤ 2/5 e.v.
C	90% → E <sub>a</sub> ≤ 1,0 mm	≤ 0,6 mm	90% → E <sub>a</sub> ≤ 3/4 e.v.	≤ 1/2 e.v.

Pela sua importância transcreve-se a seguir os artigos 10 e 11 deste Decreto:

*Art. 10 - É obrigatória a indicação da Classe no rodapé da folha, ficando o produtor responsável pela fidelidade da classificação.*

*§ Único - Os documentos cartográficos, não enquadrados nas classes especificadas no artigo anterior, devem conter no rodapé da folha a indicação do Erro-Padrão verificado no processo de elaboração.*

*Art. 11 - Nenhuma folha de carta será produzida a partir da ampliação de qualquer documento cartográfico.*

*§ 1.º - Excepcionalmente, quando isso se tornar absolutamente necessário, tal fato deverá constar explicitamente da cláusula contratual no termo de compromisso;*

*§ 2.º - Uma carta nas condições deste artigo será sempre classificada com exatidão inferior à do original, devendo constar obrigatoriamente no rodapé a indicação: "Carta ampliada a partir de (... documento cartográfico) em escala (... tal)".*

§ 3.º - Não terá validade legal para fins de regularização fundiária ou de propriedade imóvel, a carta de que trata o "caput" do presente artigo.

LIMA (1991) coloca que o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade que define a exatidão de trabalhos cartográficos, significando que 90% dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica estabelecido.

Em uma breve análise, CARVALHO in AMORIM (1993) ressalta que, quanto a precisão do Sistema de Projeção a ser usado em uma base cartográfica, as distorções produzidas pelo Sistema de Projeção UTM – Universal Transverso de Mercator, impedem que se obtenha cartas padrão "Classe A" para as escalas maiores do que 1:5.000.

AMORIM apud NOGUEIRA LOCH (1994), argumenta que os testes de precisão para classificação das cartas não levam em conta o Sistema de Projeção, mas apenas o Erro Padrão e o Erro Gráfico, o que sugere a inexistência de restrições ao uso da Projeção UTM para escalas 1:5.000 e maiores.

### **3.4 Mapeamento Temático ou Específico**

Segundo DUARTE (1991), Cartografia Temática é um ramo da Cartografia que diz respeito ao planejamento, execução e impressão de mapas sobre um fundo básico, ao qual serão anexadas informações através de simbologia adequada, visando atender as necessidades de um público específico.

A Cartografia Temática, segundo MARTINELLI (1991), exibe uma linguagem bidimensional atemporal e destinada à vista. Tem supremacia sobre as demais, pois demanda apenas um instante de percepção. O autor ainda comenta que um mapa temático tem início na delimitação da parte da realidade a ser problematizada pelo interessado na realização da representação, com vistas a estabelecer diretrizes que orientem a busca de respostas às questões a ela colocadas.

Para o IBGE (1997), cartas, mapas ou plantas temáticas, são os documentos cartográficos produzidos em qualquer escala, destinadas a um tema específico, necessárias às pesquisas sócio-econômicas, de recursos naturais e estudos

ambientais. A representação temática, distintamente da geral, exprime conhecimentos particulares para uso geral.

Geralmente, a carta topográfica é utilizada como base cartográfica para representação dos fenômenos que caracterizam o território, bem como o seu uso e ocupação. Outras vezes o mapeamento temático representa o resultado de estudos e pesquisas, vinculados aos mais diversos temas, conclui NOGUEIRA LOCH, (1992).

JOLY(1990), descreve que os mapas temáticos são mapas derivados de um mapa base, que podem gerar novos mapas pela seleção de detalhes. O objetivo dos mapas temáticos é o de fornecer, com o auxílio de símbolos qualitativos e/ou quantitativos dispostos sobre uma base de referência, geralmente extraída dos mapas topográficos ou dos mapas de conjunto, uma representação convencional dos fenômenos localizáveis de qualquer natureza e de suas correlações.

As diversas escalas de representação usadas em mapeamentos temáticos ou específicos pode ser visto detalhadamente na tabela abaixo.

*Tabela 3.4 - Escalas usuais e empregos respectivos*

Escala	1 Km (terreno)	1 cm (desenho)	Emprego
	Desenho	Terreno	
1/100	10 m	1 m	Detalhes de projetos civis; Terraplenagem, etc.
1/200	5 m	2 m	
1/250	4m	2,5 m	
1/500	2 m	5 m	Planta de propriedade urbana Planta de uma fazenda, vila; Carta cadastral, etc.
1/1000	1 m	10 m	
1/2000	0,50 m	20 m	
1/5000	0,20 m	50 m	Mapa de zoneamento urbano Mapas cadastrais rurais Planta de grandes fazendas Planta de pequenas cidades
1/10000	0,10 m	100 m	
1/50000	0,02 m	500 m	Mapas sistemáticos de países e estados; mapeamento de áreas isoladas Cartas de grandes países; Cartas aeronáuticas Mapas regionais
1/100000	0,01 m	1000 m	
1/200000	0,005 m	2000 m	
1/500000	0,002 m	5000 m	Carta reduzida de grandes regiões, estados ou países; Carta Internacional do Mundo.
1/1000000	0,001 m	10000 m	

*Fonte: Esparte/1987*

## **Capítulo 4 – SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL**

### **4.1 Generalidades**

O Sistema de Posicionamento Global NAVSTAR-GPS - Navigation System Using Time and Ranging, é de propriedade dos Estados Unidos e pode ser entendido como uma constelação de satélites artificiais com a finalidade específica de posicionamento terrestre, através de ondas eletromagnéticas emitidas pelos satélites, que veio substituir o Sistema TRANSIT em 1991. Inicialmente projetado para fins militares, hoje é aberto mundialmente para uso civil, diante da excelência verificada em aplicações na geodésia, topografia, navegação, modelagem de terreno, etc.

O Sistema de Posicionamento Global, consiste de três segmentos distintos: o Segmento Espacial (formado pela constelação de satélites com seus sinais transmitidos); o Segmento de Controle (responsável pela monitoração, correções e avaliação de todo o sistema) e o Segmento dos Usuários (envolvendo todos os tipos de aplicações, métodos de posicionamento, formas de recepção dos sinais, processamento, receptores, com vistas à determinação da posição, velocidade e/ou tempo).

Cada satélite transmite continuamente seu próprio código. Como não há sincronismo entre os relógios dos satélites e do receptor, torna-se necessário rastrear um mínimo de quatro satélites. Conhecidos os tempos de trânsito para um mínimo de quatro satélites, sua multiplicação pela velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas ( $\approx 300.000$  km/s), proporciona as distâncias correspondentes, de acordo com PESSOA (1997). Ainda o mesmo autor afirma que a determinação da posição do usuário se dá matematicamente através da solução de um sistema de equações simultâneas, onde os quatro elementos a determinar são as três coordenadas (X,Y,Z) e a defasagem entre o relógio do receptor e o tempo GPS.

De acordo com GILBERT (1997), todas as superfícies metálicas sólidas são indiferentes aos sinais do GPS que pode ser absorvido sem problemas pelos receptores num processo chamado de atenuação do sinal, no entanto, objetos metálicos vazados podem bloquear o sinal. Materiais não-metálicos, como vidro ou plástico

atenuam levemente os sinais. O autor comenta que uma lâmina d'água de um centímetro de espessura é suficiente para bloquear o sinal do GPS inclusive materiais com alto grau de água (como as árvores decíduas).

O sistema geodésico adotado para referência do GPS é o World Geodetic System de 1984 (WGS 84). Ressalta-se que o GPS fornece resultados de altitude elipsoidal, tornando obrigatório o emprego do Mapa Geoidal do Brasil, para a obtenção da altitudes referenciadas ao geóide (nível médio dos mares), segundo o (IBGE, 1997).

## 4.2 Caracterização do Sinal GPS

### 4.2.1 As portadoras

As ondas portadoras no caso do GPS são oscilações puras nas frequências básicas de 1575,42 MHz e 1227,60 MHz, conhecidas como portadoras L1 e L2 respectivamente. Estas frequências são obtidas, de acordo com BERALDO (1995), a partir de uma frequência fundamental  $f_0$  de 10,23 MHz que multiplicada por 154 fornece a L1 e multiplicada por 120, produz a L2.

$$L1 = f_0 \times 154 = 10,23 \text{ MHz} \times 154 = 1.575,42 \text{ MHz} \Rightarrow \lambda = 19 \text{ cm}$$

$$L2 = f_0 \times 120 = 10,23 \text{ MHz} \times 120 = 1.227,60 \text{ MHz} \Rightarrow \lambda = 24 \text{ cm}$$

PESSOA (1997), afirma que apesar da sua função ser a de servir como portadora dos códigos e mensagens, é possível, por processos interferométricos, utilizar a própria portadora como meio para obter a distância satélite-receptor, sendo este o princípio dos receptores que trabalham com a fase da portadora como elemento de cálculo principal.

### 4.2.2 Os códigos C/A, P (Y) e D

Códigos são seqüências binárias (zeros e uns) “impressas” sobre as portadoras por um processo conhecido como modulação em fase. De acordo com CORDINI (1998), são: o código C/A (Código de Acesso Livre), P (Código Preciso) e D (Código de Efemérides, Navegação e Correções). O autor comenta que após o conflito

do Golfo (1991), o código C/A passou a ser transmitido eventualmente de forma degradada e o código P de forma encriptada. A partir de 1994 esta degradação foi implantada em definitivo e o acesso ao código C/A passou a ser seletivo (S/A: Selective Availability). Por objetivos de segurança nacional, tornaram o código P somente acessível a usuários autorizados (militares); em janeiro de 1994 foi implantada a técnica A/S (Anti Spoofing). O A/S codifica o código preciso P sobre a fase das portadoras L1 e L2, transformando em um código secreto conhecido como o código P(Y). Dois serviços estão disponíveis aos usuários: o SPS (Serviço de Posicionamento Standard) baseado no código C/A (contido na portadora L1) e mensagem de navegação; o outro serviço, o PPS (Serviço de Posicionamento Preciso) é provido pelo código P (contido nas portadoras L1 e L2 e mensagem de navegação, mas somente os militares têm acesso.

O Código D é o código das efemérides, navegação e correções. Este código transmite as seguintes informações: tempo GPS do satélite ("Satellite Clock"); dados orbitais dos satélites (efemérides); dados da saúde dos satélites; dados de correções ionosféricas. Ao se ligar um receptor, o Código D é o primeiro a ser interpretado, gerando internamente no receptor o almanaque de efemérides dos satélites, permitindo o rastreador fazer a busca de todos os satélites disponíveis para a posição geográfica onde se encontra o equipamento, afirma BERALDO (1995).

### **4.3 Efeitos de Degradação da Precisão dos Sinais do GPS**

#### **4.3.1 Imposições dos Gestores do Sistema**

O serviço disponível para a comunidade civil é o SPS (Standard Positioning Service) enquanto que para os usuários militares autorizados existe também o PPS (Precise Positioning Service). Os dois modos de limitação proposital da acurácia do GPS são: S/A (Selective Availability) e A/S (Anti-Spoofing). Na A/S, duas técnicas são utilizadas para falsear a mensagem transmitida: manipulação das efemérides transmitidas (técnica  $\epsilon$ ); desestabilização do relógio do satélite (técnica  $\delta$ ). Nos dois casos as pseudo-distâncias obtidas sofrem deterioração.

### 4.3.2 Geometria da Constelação de Satélites

Os satélites do sistema GPS, num total de 24 satélites ativos circulam a Terra em órbitas elípticas (quase circulares), distribuídas em 6 órbitas planas. Cada plano possui uma inclinação de  $55^\circ$  em relação ao plano do equador, intervalados longitudinalmente de  $60^\circ$ . Cada órbita suporta quatro satélites defasados entre si de  $90^\circ$  na órbita, com uma altitude média de 20.200 kms. Os satélites não são geoestacionários e possuem período orbital de aproximadamente 12 horas siderais.

Em função da geometria da constelação dos satélites chega-se a precisão compatível requerida. A relação entre a precisão de uma posição e a geometria da constelação de satélites rastreados está diretamente relacionada ao valor do DOP exibido pelo receptor. O DOP (diluição da precisão) pode ser dividido em PDOP (diluição da precisão na posição tridimensional; HDOP (diluição da precisão nas coordenadas planas latitude, longitude ou E, N; VDOP (diluição da precisão na altimetria e TDOP (diluição da precisão no tempo). Quanto maior for o valor do DOP no instante da determinação, pior a acurácia da observação.

### 4.3.3 Atmosfera

PESSOA (1997), afirma que os efeitos atmosféricos sobre o GPS são devidos principalmente as influências da ionosfera e da troposfera. O GPS utiliza-se da banda L para propagar as portadoras, portanto, a sua propriedade de comportar-se como um meio dispersivo às ondas de rádio, possibilita a eliminação do efeito da ionosfera pela combinação das frequências L1 e L2. Sendo assim deve-se preferir a utilização de receptores que tenham as duas frequências quando se necessita de alta precisão ou em rastreamento de bases longas, relata o autor.

### 4.3.4 Multicaminhamento

O efeito do multicaminhamento (multipath) é resultado da reflexão do sinal por obstáculos próximos à antena receptora. Tal efeito pode afetar tanto a propagação de códigos quanto portadoras, sendo duas vezes maior no código P que na portadora. Sendo assim, a escolha de locais convenientes, distanciados de possíveis

superfícies refletoras associada às observações mais longas podem reduzir este tipo de influência do efeito, afirma SEEBER (1993).

#### 4.4 Correção Diferencial em GPS (DGPS)

É comum a presença de erros na coleta de dados. Sem GPS diferencial (DGPS), o GPS geralmente fornece precisões da ordem de 100 metros, por causa dos efeitos combinados de várias fontes de erros. Usando as técnicas diferenciais, seja em tempo real ou com pós-processamento, pode-se remover a maioria desses erros. Para se obter a correção diferencial é necessário um receptor GPS (denominado “receptor estação de base” ou “receptor referência”) que permanecerá estacionário sobre um local de coordenadas conhecidas. Pelo simples fato desse receptor ter as suas coordenadas conhecidas pode-se computar o erro associado com cada satélite rastreado. Estas correções poderão ser estendidas a quaisquer outros receptores itinerantes que estejam próximos à base. Quanto maior a distância entre o receptor base e os itinerantes maior o potencial para erros. No entanto, algumas fontes de erros que não são comuns, não poderão ser removidas através da correção diferencial.

#### 4.5 Método de Posicionamento Absoluto

O método de posicionamento absoluto, segundo CORDINI (1998), é feito com um único rastreador e é obtido pelos códigos de pseudo-distância (“ranging codes”) C/A e P. Estes códigos binários são transmitidos pelos satélites e também são gerados no receptor, para depois serem comparados entre si. Como esses códigos são transmitidos por ondas eletromagnéticas e estas viajam, aproximadamente, na velocidade da luz ( $c$ ), pode-se medir a distância instantânea entre o satélite e a antena do rastreador pela equação do movimento, partindo do pressuposto que haja sincronismo entre o relógio do satélite e o relógio do receptor.

$$\text{Distância (d)} = \text{velocidade (c)} \times \text{tempo de percurso } (\Delta t)$$
$$d(t) = c \times \Delta t(t)$$

## 4.6 Métodos de Posicionamento Relativo

Caracteriza-se por apresentar uma significativa redução na influência de erros, especialmente aqueles relativos ao relógio do satélite, das efemérides e da propagação do sinal na atmosfera. O método de posicionamento requer a observação simultânea dos sinais dos satélites, em pelo menos duas estações distintas. Utiliza-se o método, adotando diferentes técnicas de observação, tais como: fase do código, fase do código suavizada pela portadora, e fase da portadora.

O objetivo da combinação linear das observações no caso da fase da portadora, segundo IBGE (1993), é o cancelamento de incógnitas no ajustamento, a saber: na simples diferença de fase (cancelam-se os erros dos relógios dos satélites); na dupla diferença (cancelam-se os erros dos relógios dos satélites e dos receptores) e na tripla diferença (cancelam-se os erros dos relógios dos satélites, dos receptores e as ambigüidades). Das combinações acima, a mais empregada é a dupla diferença de fase, por corresponder ao modelo matemático que fornece a melhor rigidez geométrica para a solução.

### 4.6.1 Método Estático-Diferencial

O método de posicionamento estático-diferencial é aquele em que posições absolutas, obtidas por um receptor móvel, são corrigidas por um outro receptor fixo, estacionado num ponto de coordenadas de referência. BERALDO (1995), afirma que o método consiste na mais tradicional técnica de medição GPS, onde cada estação é ocupada até que uma quantidade suficiente de dados tenham sido coletados para quatro ou mais satélites. O tempo de observação varia conforme a quantidade de satélites, a distância entre os receptores, a geometria da constelação de satélites, as condições atmosféricas e o tipo de receptor.

As experiências mostram que esse método exige para cada estação, pelo menos uma hora de observação. O método é utilizado para controle de densificação de redes geodésicas, estabelecimento de pontos de controle aerofotogramétricos e demais trabalhos de engenharia onde a precisão se faz fundamental.

#### 4.6.2 Método Cinemático

O Método Cinemático permite a movimentação do receptor remoto. CORDINI (1998), afirma que o método exige a determinação de uma linha-base (processo de inicialização), antes da movimentação do receptor. O método fornece alta precisão e se presta para inúmeros trabalhos topográficos, entre eles a atualização de estradas quando estas são modificadas em função de alguma retificação. O cuidado a ser tomado é manter a sintonia com no mínimo quatro satélites. Havendo a perda de sintonia, deve-se voltar ao último ponto, estacionar por alguns minutos e prosseguir com o levantamento, conclui o mesmo autor. A maior aplicação do Método Cinemático é para a determinação da trajetória de objetos em movimentos. Ele pode também ser utilizado para o levantamento de perfis e a determinação da localização de caminhões, barcos, aviões, etc.

#### 4.6.3 Método Interferométrico

É o método mais preciso de todas as técnicas de geoposicionamento GPS, afirma BERALDO (1995). Baseia-se na medida das distâncias receptor-satélite, não pela comparação dos "ranging-codes", mas pela mensuração das distâncias através da própria onda portadora, por processos interferométricos, onde os cálculos consistem em diferenças de fases das portadoras L1 e L2, deixando o satélite e chegando à antena do receptor. Este método não determina as coordenadas do receptor remoto, mas o vetor diferença entre os receptores fixo e móvel,  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  e  $\Delta z$ . As coordenadas são calculadas posteriormente por irradiação geodésico.

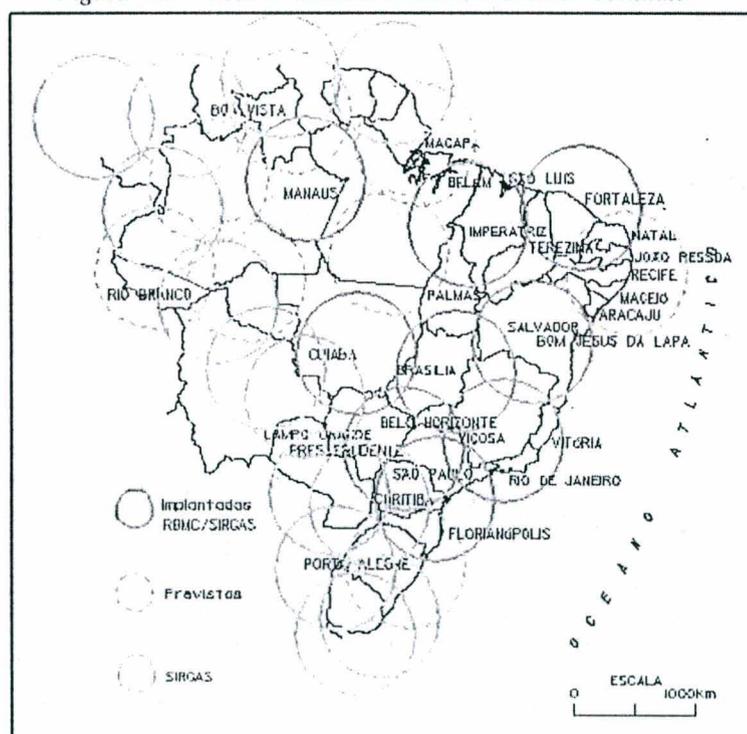
#### 4.6.4 Dinâmico

É uma técnica de levantamento bastante complexa, privativa dos receptores completos de dupla frequência e códigos C/A e P. Os receptores são interligados via rádio e as ambigüidades (incertezas de posicionamento) são resolvidas, mesmo com o receptor remoto em movimento. São equipamentos e acessórios de alto custo, exigindo software científico (CORDINI, 1998).

## 4.7 A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

Segundo ROCHA (1999), a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, tem como objetivo, oferecer cobertura a todo o território nacional, para a aplicação da tecnologia GPS na determinação de posicionamentos dinâmicos. Além disso, com sua integração à International GPS, permitirá o refinamento das informações geradas pelos satélites GPS para o território brasileiro. O autor comenta que, atualmente, encontram-se em funcionamento 9 (nove) estações das 17 (dezesete) previstas, instaladas e operadas através de parcerias celebradas entre a Fundação IBGE, EPUSP, INPE, MMA e o Jet Propulsion Laboratory (NASA). O raio de ação de cada estação é de aproximadamente 500km e estão distribuídas ou com a instalação prevista conforme o mapa abaixo.

Figura 4.7 - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo



Fonte: IBGE/1997

## Capítulo 5 – FOTOGRAMETRIA

### 5.1 Generalidades

A fotogrametria é definida pela Sociedade Americana de Fotogrametria como a ciência, a arte e a técnica de obtenção de informações confiáveis dos objetos físicos e do meio ambiente, através do registro, medição e interpretação de imagens fotográficas. Essas fotografias são geradas a partir do registro de imagens por câmaras fotográficas que captam a energia radiante refletida pelos objetos.

Segundo LOCH (1994), a fotogrametria se baseia num princípio fundamental que é a relação geométrica de duas perspectivas de um mesmo objeto, vistas de posições diferentes. Esta relação geométrica é quem viabiliza todas as análises destas imagens fotográficas, ou seja, vistas estereoscopicamente, permitem a obtenção de medidas exatas do terreno e a geração de mapas dos elementos existentes na área imageada, conclui o autor.

As fotografias aéreas, para DAL POZ (1992), são imagens formadas a partir de um ponto de perspectiva central aproximada (objetiva da câmara), onde a área de interesse é projetada em um plano, quando este corta os raios perspectivos (plano do negativo).

Os objetos situados acima ou abaixo do nível médio do terreno aparecem deslocados em relação à posição que teriam na realidade, afirma LOCH (1992). Esses deslocamentos são bem mais evidentes em fotografias aéreas, tornando-se mais acentuados no sentido radial a partir do ponto principal da fotografia.

A Fotogrametria surgiu como uma alternativa viável para reduzir os processos trabalhosos e tradicionais de mapeamentos, sendo a obtenção da projeção ortogonal a partir da projeção cônica, uma necessidade imprescindível que só se obtém mediante a aplicação de processos matemáticos de transformação. Esta transformação, de acordo com LOCH e LAPOLLI (1994), deixou de ser um problema, com a utilização de um simples programa computacional, através do processamento eletrônico das imagens dos diapositivos, utilizando-se modelos matemáticos que simulam rotações e translações, transformam-se os elementos lidos na fotografia, que é uma projeção

cônica, para mapas ou outros produtos (ortofoto, ortofotocarta), que são de projeção ortogonal.

## 5.2 Fontes de Erros Fotogramétricos

Segundo FAGUNDES e TAVARES (1991) e WOLF (1974), as principais causas que dão origem aos erros fotogramétricos se devem a:

i) Variações de escala devidas ao relevo e a altura de vôo: A instabilidade das condições atmosféricas é o principal motivo das variações de  $h$  (altura), sendo a altitude de vôo ( $H$ ) controlável com os atuais aparelhos de bordo, somente em cerca de 1%. Por esta razão a escala fotográfica difere não só de foto para foto e de faixa para faixa, como também difere um tanto daquela originalmente planejada. A correção das diferenças de escalas podem ser feitas por meio de apropriadas ampliações ou reduções fotográficas.

ii) Deslocamentos causados pelo relevo: Esses deslocamentos são bem evidentes em fotos aéreas sobre as quais aparecem, em posição periférica, chaminés, altos edifícios, árvores e outras estruturas verticais que se apresentam "deitadas" para fora, radialmente a partir do nadir (coincidente com o ponto principal se a foto não é inclinada), isto é, a base está mais próxima ao nadir e o topo mais afastado.

iii) Erros causados pela instabilidade do sistema câmara/aeronave: Podem ser provenientes de deslocamentos devidos a inclinação do eixo ótico e da deriva da aeronave. A inclinação máxima do eixo ótico, admitida nas tomadas fotogramétricas, é de 3°. Do total de fotogramas de um recobrimento aerofotogramétrico, 90% dos fotogramas possuem uma inclinação do eixo ótico menor que 2°, e 5% com ângulo menor do que 1°. Na direção do rumo, o deslocamento resultante afeta a superposição longitudinal dos fotogramas; enquanto perpendicular a ele, altera a superposição lateral. Quanto a deriva, ela é causada por correntes de ventos inclinadas em relação ao rumo da aeronave, acarretando um deslocamento transversal, alterando a superposição lateral das faixas de vôo.

iv) Deslocamentos causados pela refração atmosférica: A refração atmosférica é o desvio que sofre um raio luminoso ao atravessar as várias camadas da atmosfera, ocasionado pela variação do índice de refração das mesmas.

v) Deslocamentos devidos à curvatura da superfície da Terra: Será tanto mais acentuado quanto maior for a altura de vôo, por aumentar a área contida na fotografia.

vi) Distorções devidas às lentes, ao filme sensível e ao papel fotográfico: O certificado de calibragem de uma câmara contém todos os elementos que caracterizam a câmara a ser usada em trabalhos de fotogrametria. Para o filme tais distorções podem ser consideradas desprezíveis, já para o papel fotográfico, este sofre variações diferenciais nas suas dimensões, por causa das variações da umidade do ar, que freqüentemente ultrapassam os limites toleráveis e que não são iguais em todas as direções, nem completamente reversíveis.

vii) Erros Grosseiros: São provenientes de hábitos pessoais, ou seja, oriundos de um observador em ação ou devido a tendência em reagir, física e mentalmente, de igual maneira em condições semelhantes, caracterizando um erro sistemático.

### **5.3 Controle Fotogramétrico**

O controle fotogramétrico consiste de pontos estabelecidos por levantamentos geodésicos para controle de fotografias usadas num mapeamento. Os pontos devem ser fotoidentificáveis positivamente, isto é, os pontos de terreno precisam ser correlacionados com as suas respectivas imagens nas fotografias. Estes pontos permitem o restabelecimento da equivalência geométrica entre os fotogramas e o terreno, cujas coordenadas no sistema de projeção usado para a restituição são conhecidas. (OLIVEIRA, 1993).

Para AMORIM (1993), as coordenadas dos pontos determinados fotogrametricamente devem obedecer as condições de precisão pré-estabelecidas pela Legislação de Cartografia e Aerolevanteamento. O autor comenta ainda que toda informação geométrica contida em um documento cartográfico deve possuir um determinado nível de confiabilidade, traduzida em termos de uma exatidão numérica esperada.

Na elaboração de uma carta cadastral, rural ou urbana, por método aerofotogramétrico, torna-se necessário apoiar as aerofotos para a realização de um trabalho de aerotriangulação, com a intenção de obter apoio de qualidade suficiente para

permitir a orientação relativa de todos os estéreo-modelos a serem restituídos. O posicionamento geodésico dos pontos de apoio de um bloco podem ser realizados com a tecnologia GPS com uma rapidez superior a 10 vezes da que se conseguia com os métodos tradicionais, e, com qualidade infinitamente superior. Todo o apoio com GPS resulta, facilmente melhor que 1ª ordem, afirma ANDRADE et al. (1994).

## 5.4 Aerotriangulação

Aerotriangulação é uma técnica fotogramétrica utilizada para a determinação de coordenadas de terreno dos pontos escolhidos sobre um conjunto de fotografias aéreas superpostas, as quais mostram estes pontos ou pormenores e outros determinados por métodos clássicos de medidas, cujas posições no conjunto obedecem a critérios de espaçamento previamente estabelecidos, segundo a DSG (1984).

LUGNANI (1987), conceitua aerotriangulação como sendo o método fotogramétrico de determinação de coordenadas de pontos do espaço objeto, através da relação geométrica das fotos adjacentes devidamente tomadas; do esparsos controle de campo dado; e de um conjunto de valores aproximados de parâmetros.

A aerotriangulação tem como objetivo densificar os pontos de controle preciso no espaço objeto, partindo de coordenadas medidas nas fotos e de um número mínimo de informações de campo. Para LOCH e LAPOLLI (1989), este número mínimo de pontos de controle de campo vão definir o sistema de coordenadas, uma vez que estes pontos pertencem a um sistema cartográfico reconhecido nas cartas.

A aerotriangulação em bloco, por modelos independentes ou feixes de raios (Bundle Block) é amplamente empregada no mapeamento cartográfico que utiliza aerofotos como base de obtenção de informações. A homogeneização dos resultados e facilidades na determinação de coordenadas de pontos fotogramétricos no referencial geodésico fazem com que a aerotriangulação seja um pré-requisito nos trabalhos de levantamentos (MITSHITA, 1993) apud OLIVEIRA (1996).

Segundo o IBGE (1997), para que se realize o ajustamento da aerotriangulação é necessário utilizar um programa de cálculo e ajustamento que receba como dados de entrada as coordenadas instrumentais, obtendo-se as coordenadas ajustadas para todos os pontos do bloco, referidas ao sistema terrestre. O programa realiza uma transformação de sistemas de forma que os pontos de gabinete (apoio

fotogramétrico) que possuíam somente coordenadas instrumentais passem a ter coordenadas UTM.

Os diferentes métodos de aerotriangulação podem ser divididos em analógicos e analíticos. Para AMORIM (1993), o processamento analítico proporciona melhores condições para a minimização das distorções que não podem ser corrigidas no processamento analógico, aumentando significativamente a precisão e atendendo ao Padrão de Exatidão Cartográfica.

OLIVEIRA (1996), descreve em sua dissertação de mestrado os métodos analíticos de ajustamento mais usados pelos fotogrametristas:

i) *Ajustamento polinomial de faixa*: a faixa através de um sistema de coordenadas é formada por transformações consecutivas de modelos. Esta faixa é, então, ajustada, usando-se polinômios disponíveis em função da quantidade de pontos de controle.

ii) *Método dos Modelos Independentes*: semelhante ao método analógico, com a diferença de que os modelos são orientados de forma independente e, conseqüentemente, não se precisa realizar a união de modelos para a formação da faixa no instrumento e tem-se a vantagem, de viabilizar sobre os outros métodos, a utilização de simples aparelhos restituídores projetados, originalmente, apenas para restituição fotogramétrica.

iii) *Método dos Feixes*: as fotocoordenadas participantes de todos os modelos do bloco no ajustamento são, na orientação exterior de todas as fotografias, determinadas juntamente com os pontos de controle. O modelo matemático é baseado na equação de colinearidade. As fotocoordenadas são medidas em comparadores ou restituídores analíticos.

## 5.5 Princípios do Método da Ortofotografia

Ortofotocartas são bases cartográficas obtidas à partir de uma transformação da projeção cônica para a cilíndrica ortogonal onde, são eliminadas as distorções devidas à instabilidade da aeronave no momento da tomada da fotografia. São incluídas informações como a malha de coordenadas, toponímia e informações marginais. NOGUEIRA LOCH (1996) comenta que este tipo de base deve ser usada

para cidades pequenas, onde não existam edificações muito altas, pois as sombras dos prédios nas aerofotos impedem que se veja o solo.

Segundo ANDRADE (1989), o sistema universal da ortoprojeção baseia-se no princípio da “retificação diferencial” a um plano horizontal por exposição em faixas mediante um diagrama de fenda, que explora a superfície em exposição em forma de meandros, variando-se continuamente a distância de projeção. Reproduz na superfície de exposição a configuração do terreno fotografado, reduzindo à escala desejada. O controle de variação da distância de projeção é feito através do conhecimento dos perfis altimétricos de todas as faixas ou do Modelo Digital do Terreno (MDT).

De acordo com BLACHUT (1985), a retificação diferencial minimiza os deslocamentos ocorridos na tomada da fotografia. Este processo de retificação, segundo KAISER (1992) apud SATO (1996), é realizado através de equações de projeção utilizadas para calcular rigorosamente a correspondência das coordenadas de imagem ( $X_p$ ,  $Y_p$ ) com as coordenadas terrestres ( $X_g$ ,  $Y_g$  e  $Z_g$ ) de uma série retangular de quatro pontos do MDT, a partir da seguinte equação:

$$\begin{aligned} x_p &= ax_g + by_g + cx_gy_g + d \\ y_p &= ex_g + fy_g + gx_gy_g + h \end{aligned}$$

Depois que os coeficientes são determinados, a equação apresentada é utilizada para calcular os valores das coordenadas de imagem para os quatro pontos terrestres no modelo de elevação digital. Para cada ponto calculado da imagem ( $X_p$ ,  $Y_p$ ), um nível de cinza é extraído da imagem original utilizando a interpolação bilinear e determinando as coordenadas  $X_g$  e  $Y_g$  da ortofoto. É gerado um procedimento computacional da série retangular dos valores do MDT até o término da ortofoto.

BURROUGH (1986) e SAMPAIO (1993) conceituam o Modelo Digital de Terreno (MDT) ou Modelo Numérico de Terreno (MNT) como sendo uma ferramenta computacional, destinada a gerar uma superfície representativa da distribuição espacial de uma determinada característica, possibilitando sua análise, manipulação, avaliação. Entre as muitas aplicações desta tecnologia, pode-se citar a representação de superfícies de nível, onde a partir destas, toma-se conclusões de volumes, linhas de visada, análises de tendências, etc.

## **Capítulo 6 – REDES DE CONTROLE**

### **6.1 Generalidades**

De acordo com o IBGE (1983), a Geodésia tem sido conceituada, a partir de seus objetivos como a ciência que se ocupa da determinação da forma, das dimensões e do campo gravitacional da Terra. Estabelece com precisão a localização de pontos sobre a superfície terrestre e, portanto, definem um sistema de coordenadas onde são caracterizados os pontos descritores da superfície terrestre.

Segundo BRANDÃO (1996), em nível regional, uma rede geodésica é concebida para definir o sistema de referência para o mapeamento de grandes áreas (cidades, municípios, estados, países), ou ainda servir de apoio aos levantamentos de caráter local quando se exige um referencial global. O mesmo autor ainda complementa que em nível local, quando o referencial global não for exigido, uma rede geodésica presta-se também para a resolução de problemas típicos de engenharia, principalmente para o apoio em levantamentos de caráter local com vistas a posicionamentos, definição de formas, locações e controles de deformações em geral.

### **6.2 O Sistema Geodésico Brasileiro**

O Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, segundo o IBGE (1997) é definido a partir do conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitadas pelas fronteiras do país. É constituído por cerca de 70.000 estações implantadas pelo IBGE em todo o território brasileiro, divididas em três redes:

- i) *planimétrica* (latitude e longitude de alta precisão);
- ii) *altimétrica* (altitudes de alta precisão); e
- iii) *gravimétrica* (valores precisos de aceleração da gravidade).

Para o Sistema Geodésico Brasileiro, a imagem geométrica da Terra é definida pelo Elipsóide de Referência Internacional de 1967, aceito pela Assembléia

Geral da Associação Geodésica Internacional que teve lugar em Lucerne, no ano de 1967. O referencial altimétrico coincide com a superfície equipotencial que contém o nível médio do mar, definido pelas observações maregráficas tomadas na Baía de Imbituba – SC, em 1958.

Segundo BRASIL (1984), o Decreto Presidencial Nº 89.317 de 20 de junho de 1984 especifica o Datum “South American Datum – 1969” (SAD-69), como o datum oficial a ser utilizado em toda e qualquer representação cartográfica do território nacional. Este datum utiliza o elipsóide UGGI-67, cujos parâmetros são:

$a$  (semi-eixo maior) = 6.378.160,000 m

$f$  (achatamento) = 1/298,25 com ponto de amarração no Vértice Chuá (MG) da cadeia de triangulação do paralelo 20° S, cujas coordenadas são:

Latitude ( $\varphi$ ) = 19° 45' 41.6527" S

Longitude ( $\lambda$ ) = 48° 06' 04,0639" W Gr

Azimute ( $\alpha$ ) = 271° 30' 04,05" SW NE para VT-Uberaba

Ondulação Geoidal ( $N$ ) = 0,0 m

O decreto define, ainda, este datum como sendo local e paralelo aos datums globais, isto é, os ângulos de rotação dos eixos em relação aos eixos geocêntricos são nulos e o fator de escala tem valor 1 (um).

### 6.2.1 Rede Geodésica Nacional

Segundo o IBGE (1996), a implantação da rede planimétrica de alta precisão no Brasil teve início na década de 40, através de um projeto de triangulação na região sul do país. A disponibilidade e precisão das técnicas de posicionamento geodésico por satélites do Sistema TRANSIT, nos anos 70, levaram a rede planimétrica a regiões onde sua implantação, através das técnicas convencionais, era de difícil operacionalização, por exemplo, a Região Amazônica. Em 1991, o IBGE passou a utilizar o GPS no processo de expansão da rede planimétrica, marcando, desta forma, a era das redes geodésicas tridimensionais. Com a colaboração do Departamento Geográfico de Minas Gerais (atual IGA - Instituto de Geociências Aplicadas), foi iniciado em maio de 1944, o estabelecimento da rede planimétrica de alta precisão no

Brasil, orientado pelo enfoque sistêmico. O trabalho foi marcado pela primeira medição de base geodésica no Brasil (Base Goiânia) e no mês seguinte foram iniciados os trabalhos de medições angulares.

Para o presente trabalho, releva-se no momento, dentro do Sistema Geodésico Brasileiro, apenas a Rede Planimétrica. A Resolução PR N ° 22 de 21/07/83 - IBGE, estabelece as Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em território Brasileiro, apresentando a seguinte classificação dos levantamentos geodésicos:

Tabela 6.2.1 - Classificação dos Levantamentos Geodésicos

LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS					
Alta Precisão			Precisão		Topográfico
	Científica	Fundamental (1ª. Ordem)	Para áreas mais desenvolvidas (2ª. Ordem)	Para áreas menos desenvolvidas (3ª. ordem)	Para fins topográficos
Finalidade	Dirigido ao atendimento de programas internacionais de cunho científico	Pontos básicos para amarrações e controle de trabalhos geodésicos e cartográficos, constituindo o sistema único de referência	Dirigido ao atendimento das necessidades de uma região onde se desenvolvem atividades humanas intensas.	Dirigido às áreas remotas ou àquelas em que não se justificam investimentos imediatos.	Dirigido ao atendimento dos levantamentos no horizonte topográfico.
Desenvolvimento	De acordo com a finalidade	15 – 25 Km < 5 Km para regiões metropolitanas	10 – 70 km < 5 Km para regiões metropolitanas	10 – 20 Km < 5 Km para regiões metropolitanas	5 – 10 Km entre 0,5 – 2 Km
Exatidão	1/500.000	1/100.000	1/50.000	1/20.000	1/5.000

Fonte: IBGE/1983

### 6.3 Redes Geodésicas Estaduais

Diante da necessidade do mapeamento regional em grandes escalas, e também devido à precariedade dos pontos existentes no SGB, alguns Estados da Federação vêm desenvolvendo trabalhos em parceria com órgãos federais para a

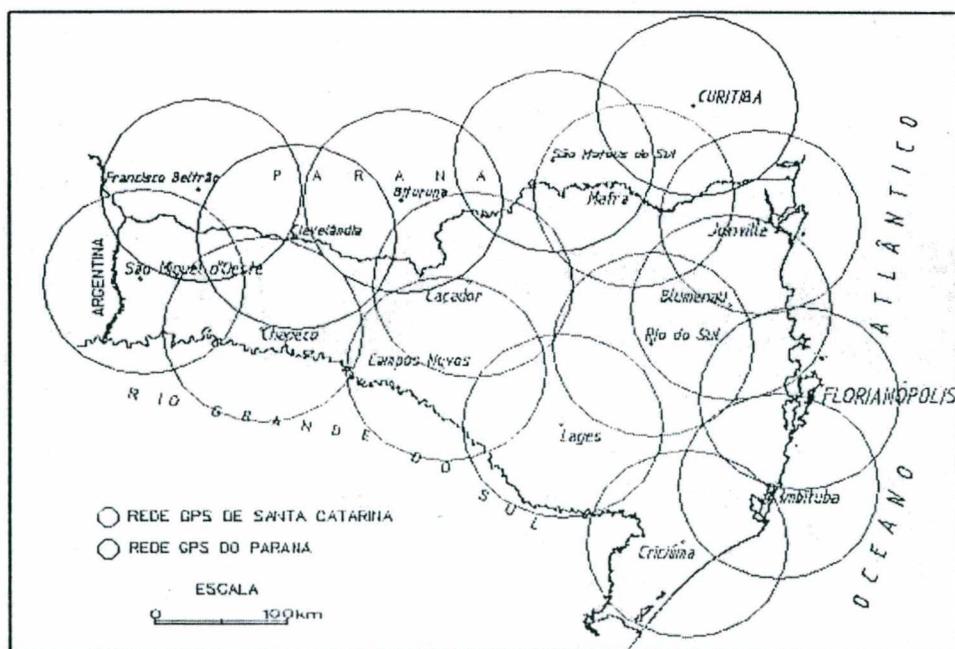
densificação da rede nacional, através da implantação de redes de âmbito estadual conectadas ao SGB, e para tal executadas de acordo com as especificações técnicas ali estabelecidas (ROCHA, 1999).

ROMÃO et al (1996), afirma que um ponto pertencente a Rede de Referência Estadual deverá ser implantado por metodologia GPS ou equivalente, com a maior precisão possível e que o método de ajustamento deverá ser o ajustamento livre. A precisão absoluta destes pontos deve ser de  $\pm 1$  a 3 cm.

### 6.3.1 Rede de Referência de Santa Catarina

A exemplo do Estado do Paraná, o Governo do Estado de Santa Catarina, através de um convênio firmado entre a FATMA e a Fundação IBGE, está implantando uma rede de pontos geodésicos, num total de 12 pontos, através de GPS. A área de cobertura de cada ponto também é de 75km. A rede GPS de Santa Catarina está conectada à rede de GPS do Paraná pela vizinhança de 5 estações implantadas nas proximidades do limite interestadual.

Figura 6.3.2 - Rede GPS de Santa Catarina



Fonte: STD/SC (1998)

## 6.4 Rede de Referência Cadastral Municipal

Segundo a NBR 14166 da ABNT (1998), define a Rede de Referência Cadastral como sendo *"a rede de apoio básico de âmbito municipal para todos os serviços que se destinem a projetos, cadastros ou implantação e gerenciamento de obras, sendo constituída por pontos de coordenadas planialtimétricas, materializados no terreno, referenciados a uma única origem (Sistema Geodésico Brasileiro - SGB) e a um mesmo sistema de representação cartográfica, garantindo a posição dos pontos de representação e a correlação entre os vários sistemas de projeção ou representação."*

A Rede de Referência Cadastral tem por objetivos:

- i) apoiar a elaboração e atualização de plantas cadastrais;
- ii) amarrar, de um modo geral, todos os serviços de topografia, visando as incorporações às plantas cadastrais do município;
- iii) referenciar todos os serviços topográficos de demarcação, de anteprojetos, de projetos, de implantação e acompanhamento de obras de engenharia em geral, de urbanização, de levantamentos de obras como construídas e de cadastros imobiliários para registros públicos e multifinalitários.

A rede de referência deve apoiar, tanto as atividades cadastrais a serem representadas em coordenadas planas UTM, em escala de 1:1.000 até escalas maiores, como os levantamentos destinados à cartografia, inclusive à sistemática, usualmente em escala 1:25.000 ou menores. PHILIPS et al. (1996) afirma, "para que um levantamento topográfico cadastral possa ser considerado georeferenciado, este deverá estar referenciado ao sistema de referência de medição, que é materializado através da Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM).

Entre os diversos requisitos para a implantação de uma rede, a norma estabelece no item 5.1, que os pontos de apoio imediato devem necessariamente apoiar-se em marcos geodésicos do IBGE, próximos à área. No item 5.4 que os elementos da rede de referência cadastral podem ter suas coordenadas plano-retangulares determinadas nos Sistemas Transverso de Mercator (UTM-RTM-LTM).

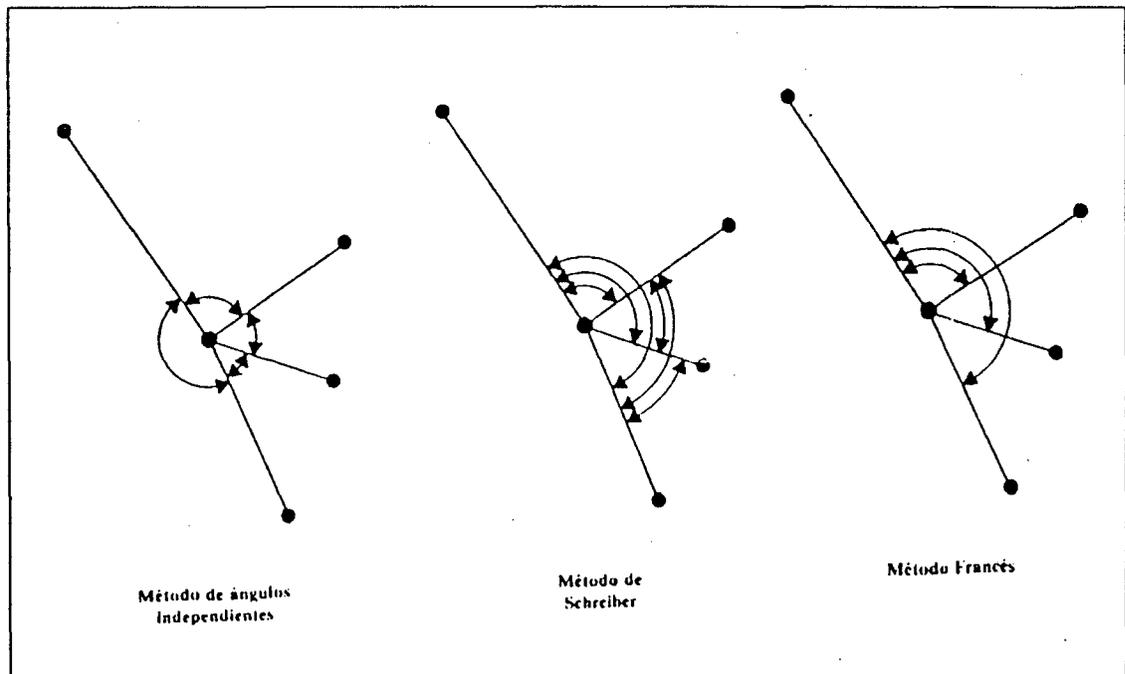
A norma define, em seu item 3.39, o Sistema Topográfico Local como sendo o sistema de representação, em planta, das posições relativas de pontos de um

levantamento topográfico com origem em um ponto de coordenadas geodésicas conhecidas, onde todos os ângulos e distâncias de sua determinação são representados, em verdadeira grandeza, sobre o plano tangente à superfície de referência (elipsóide de referência) do sistema geodésico adotado, na origem do sistema.

## 6.5 Observações de Campo

Entre os diversos métodos de medições angulares (Francês, Schreiber, ângulos independentes, etc.), citados por BLACHUT et al. (1979), as observações de uma rede se faz, geralmente, pelo método de observações de direções ou ângulos, conforme figura abaixo.

Figura 6.5 (a) – Métodos de medições angulares

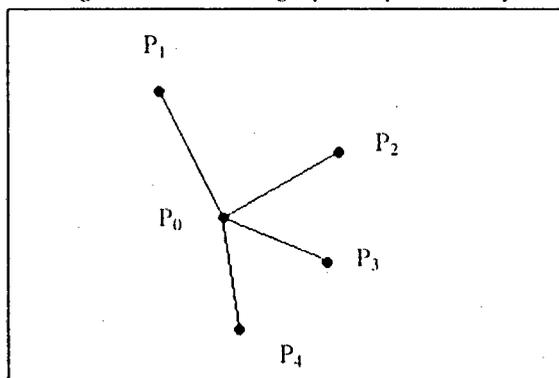


Fonte: Blachut et al/1979

Segundo o autor, não se faz necessária a visada em nenhum ponto pré-determinado, para que se possa fazer as outras leituras. Qualquer direção pode se tornar a direção referência, bastando, para isso, a partir da estação ocupada ( $P_0$ ), fazer as leituras no sentido horário e de forma crescente, até completar a primeira série de medidas no sentido direto (ex:  $P_1, P_2, P_3, P_4$ ), quando, então, gira-se a luneta em torno

do seu eixo vertical e horizontal (basculação), para se fazer as leituras em sentido inverso ( $P_4, P_3, P_2, P_1$ ), conforme ilustrado na figura abaixo.

Figura 6.5 (b) - Um grupo de quatro direções



Fonte: Blachut et al/1979

O autor aponta diversas fontes de erros quando se faz uma medição angular, entre elas, os erros de centragem do aparelho utilizado, erros de nivelamento, de leitura, a desestabilidade do tripé, refração atmosférica, etc, que podem levar, conseqüentemente, a presença de erros sistemáticos e acidentais.

## 6.6 Ajustamento de Observações

Segundo GEMAEL (1994), para a elaboração de uma rede de triangulação torna-se necessário realizar mais medidas (observações) do que as estritamente necessárias, para evitar a ocorrência de erros grosseiros e permitir a conferência das medições. Como resultado desse processo de medição, obtém-se observações redundantes, as quais, em conjunto com os erros acidentais, criam um modelo geometricamente super determinado. O valor mais provável para cada observação pode ser calculado através de um ajustamento de todas as observações, simultaneamente, de maneira que a soma dos quadrados dos erros residuais seja mínima. O mesmo autor classifica os erros de observação como se segue:

## **6.6.1 Classificação dos Erros de Observação**

### **6.6.1.1 Erros Grosseiros**

Causados em sua maioria pela desatenção do observador, até mesmo quando se trata de equipamentos eletrônicos onde o registro das informações se faz eletronicamente, existe a possibilidade de erros grosseiros.

### **6.6.1.2 Erros Sistemáticos**

Os erros sistemáticos podem ser provenientes de alguma influência ambiental, como por exemplo, a medida eletrônica de uma distância, que deve ser depurada do efeito da refração atmosférica, ou uma tendenciosidade do operador quando faz uma observação. A reiteração e a pontaria completa (posição direta e inversa) nas observações angulares e a colocação do nível a igual distância das miras no nivelamento geométrico, são exemplos de planejamento para se evitar certas influências sistemáticas. São erros que tendem a se acumular quando cresce o número de observações.

### **6.6.1.3 Erros Acidentais**

São os erros verificados em observações repetidas sobre a mesma grandeza que ainda se revela inconsistente; as discrepâncias constatadas são atribuídas aos erros ditos acidentais ou aleatórios que ocorrem ora num ora noutro sentido e que não podem ser vinculados a nenhuma causa conhecida. Os erros acidentais tendem a se neutralizar quando o número de observações cresce.

### **6.6.1.4 Erros Verdadeiros e Aparentes. Residuais**

Normalmente se conhece os erros aparentes, quando das várias observações efetuadas de uma determinada grandeza subtraímos o valor estimado para ela. Eventualmente, como no caso de fechamento de triângulos, podemos conhecer o erro verdadeiro  $\mu$ .

### 6.6.2 Critérios Específicos de Precisão

Segundo GEMAEL (1994), LIGNAU e ANTUNES (1996), a precisão é o grau de concordância de uma série de observações ou medidas, enquanto a acurácia está relacionada a proximidade de uma observação ou medida do seu valor real, podendo desta forma, associar a precisão os erros aleatórios ou acidentais, e a acurácia aos efeitos dos erros aleatórios e sistemáticos conjuntamente. Uma observação pode ser considerada como exata se não tiver ocorrido o erro sistemático ou uma tendência. A falta de exatidão das observações são geralmente oriundas de erros sistemáticos e tendem a se acumular num mesmo sentido.

Os critérios específicos de precisão são usados para verificar a qualidade pontual ou de uma determinada região de um campo de pontos, considerando determinado aspecto. De acordo com BRANDÃO (1996), são consideradas como critérios específicos de precisão, as variâncias ou desvios-padrões das coordenadas estimadas (calculadas a partir das coordenadas estimadas); as covariâncias entre duas coordenadas ou entre duas observações; a elipse de erros ou de confiança pontual; a elipse de erros ou de confiança relativa.

A variância, denotada por  $\Phi^2$ , de uma coordenada ou de uma observação, é uma medida estatística da precisão do valor da grandeza. O desvio-padrão, denotado por  $\Phi$ , de uma coordenada ou de uma observação, é o valor positivo da raiz quadrada da variância correspondente. O desvio-padrão representa uma possibilidade de 68,3% para que a grandeza estimada represente seu valor exato.

A covariância é uma medida de dependência estatística entre duas grandezas. Assim pode-se ter a covariância de um par de coordenadas (x,y) pertencentes a um ou dois pontos (i,j), denotados por  $\Phi_{xij}$  ou  $\Phi_{yij}$ . Da mesma forma pode-se ter a covariância entre duas observações. Se os valores de duas coordenadas ou de duas observações não são correlacionadas, então a covariância respectiva é igual a zero. A covariância terá valor igual a 1 (um) caso as variáveis sejam totalmente correlacionadas.

A elipse de erros pontual expressa a incerteza posicional das coordenadas de um ponto com relação ao sistema de referência a um nível de probabilidade igual a  $B=0,39$ . A elipse de erros pontual é definida pelos comprimentos dos semi-eixo maior (a) e menor (b), e por sua orientação ( $\theta$ ) em relação ao sistema de referência.

## 6.7 Ajustamento Livre

Segundo o IBGE (1996), com o surgimento de técnicas de levantamento mais precisas tais como DOPPLER e GPS, a comunidade geodésica passou a adotá-las no processo de expansão das redes geodésicas. Apesar da sua alta precisão, as redes GPS são frequentemente distorcidas quando integradas a uma rede originalmente estabelecida por técnicas convencionais. Diante do exposto, vários questionamentos foram feitos no sentido de reavaliar a precisão das coordenadas obtidas pela metodologia aplicada no processo de densificação das redes, a qual introduzia distorções nos novos levantamentos, considerados mais precisos. Sendo assim, a necessidade de um novo ajustamento de caráter global e integrado às novas observações GPS, visando a redução ao máximo das inconsistências encontradas na rede se tornou inevitável.

BRANDÃO (1996), afirma que o método de ajustamento livre de redes é resultante do desenvolvimento da “Teoria dos Erros Internos”, cujo princípio teórico tem por base os conceitos de inversas generalizadas. *“Se por um lado num ajustamento clássico, os parâmetros e as variâncias estimadas são referidas aos pontos datum considerados fixos, por outro lado, num ajustamento livre, os parâmetros e as variâncias estimadas são referidas ao campo de pontos como um todo.”* Se coordenadas são fixadas a fim de determinar o sistema de referência, então a origem do sistema será relativa a estes pontos.

No ajustamento livre tal relação não é evidente e o sistema de referência é relativo ao centro de gravidade do espaço objeto dos pontos coordenados. O significado geométrico disso é que o centro de gravidade da rede não se movimenta. O significado matemático é que o traço da MVC dos parâmetros é um mínimo, e conseqüentemente a variância média dos parâmetros é também um mínimo (MITTERMAYER, 1972; MARSHALL, 1989) apud BRANDÃO, (1996).

Em uma rede de pontos com injunções, o sistema de referência é materializado pelos pontos fixos, de coordenadas invariantes, e a propagação dos erros se verifica a partir deles. Isto significa dizer que as elipses de erros variam de acordo com a escolha arbitrária dos pontos fixos. Em razão disso, torna-se mais adequado o uso de redes livres de injunções, conclui o mesmo autor.

### 3ª PARTE: MÉTODO

## **Capítulo 7 – IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS**

### **7.1 Considerações Preliminares**

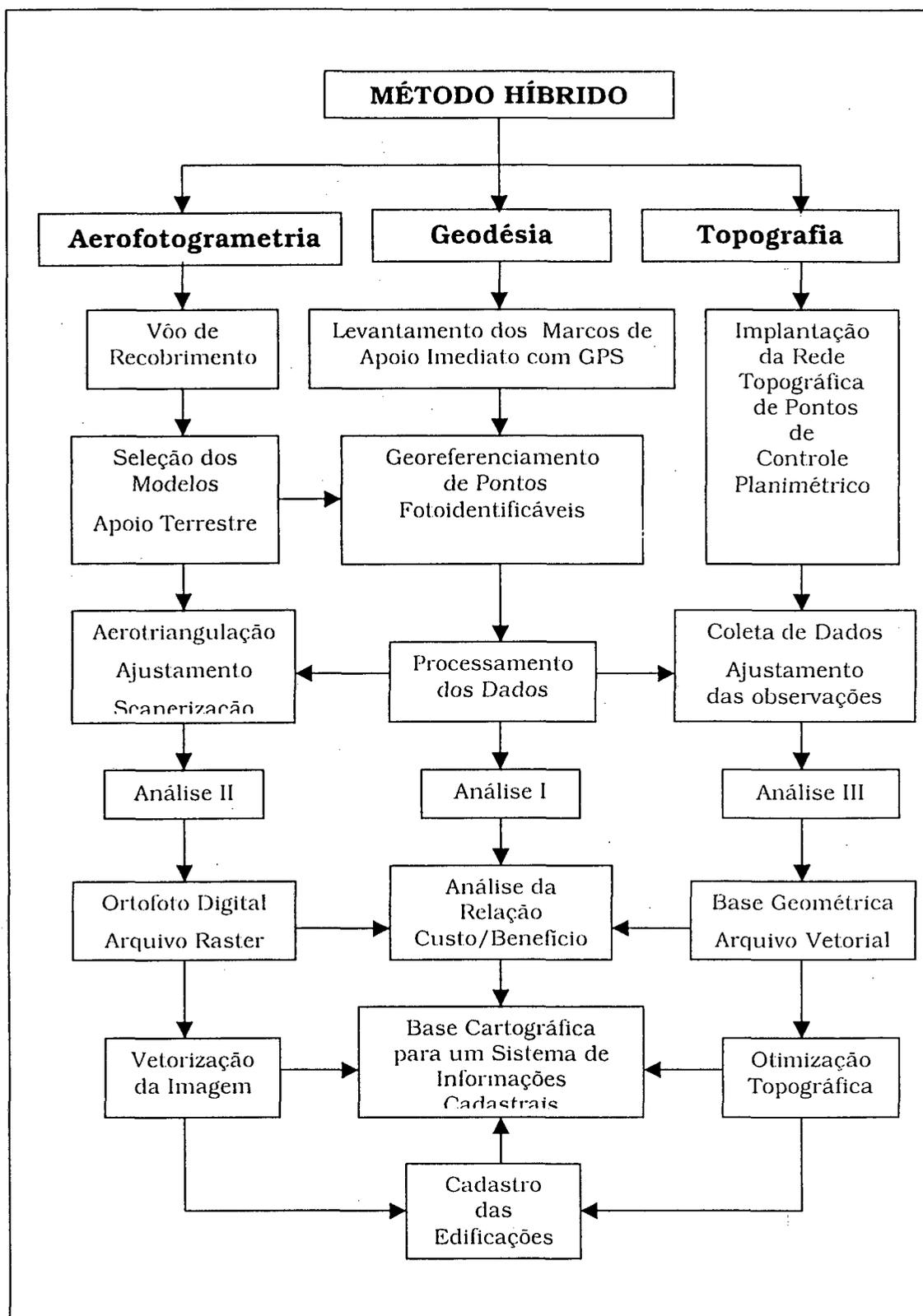
O método usado neste trabalho está baseado nos processamentos da cartografia digital, ou seja, nos procedimentos metodológicos do mapeamento digital, que correspondem ao levantamento geodésico, levantamento fotogramétrico digital, levantamento topográfico eletrônico e o processamento digital da imagem.

Considerando que as mais importantes aplicações da fotogrametria estão no campo do levantamento topográfico e no mapeamento, o método híbrido visa a correlação entre estas diferentes técnicas de levantamento do espaço físico e busca a qualidade e a precisão do produto final, que para este trabalho, trata-se de uma carta temática derivada de ambos os processos.

O método híbrido parte da elaboração de um produto fotogramétrico, a ortofoto digital, paralelamente à implantação de uma rede de pontos de controle planimétrico, levantada por procedimentos topográficos eletrônicos e ajustada pelo Método dos Mínimos Quadrados de Gauss. Ambos os produtos devem estar georeferenciados simultaneamente a um mesmo referencial geodésico, condição fundamental a obtenção de uma geometria rígida e única, que garanta, desta forma, a precisão requerida para a localização das unidades edificadas, bem como a sua atualização e representação através de polígonos perfeitos, que são elementos essenciais aos Sistemas de Informações Cadastrais.

Para se evidenciar um trabalho de caráter científico, são apresentadas análises e considerações de cada etapa do trabalho. A figura a seguir ilustra de forma clara os procedimentos descritos acima.

Figura 7.1 – Fluxograma ilustrativo do desenvolvimento do Método Híbrido



## 7.2 Caracterização da área

O Campus Universitário ocupa aproximadamente 1 km<sup>2</sup> de área dentro do Município de Florianópolis, que por sua vez possui aproximadamente 451 km<sup>2</sup> de área (IBGE, 1998) incluindo o Morro do Antão com 290 metros de altitude máxima, que garante todo o panorama. Limita-se pelas vias de acesso ao Bairro Trindade, Serrinha, Carvoeira, Pantanal e Córrego Grande.

A Universidade Federal de Santa Catarina possui hoje, a propriedade de 10 áreas denominadas, sendo oito no Município de Florianópolis e duas em municípios do interior. A tabela abaixo demonstra claramente a denominação dos terrenos, com a sua respectiva região de localização e área aproximada. Denota-se que o código civil brasileiro permite um erro de até 10% na medida do terreno.

*Tabela 7.2 – Terrenos de Propriedade da UFSC*

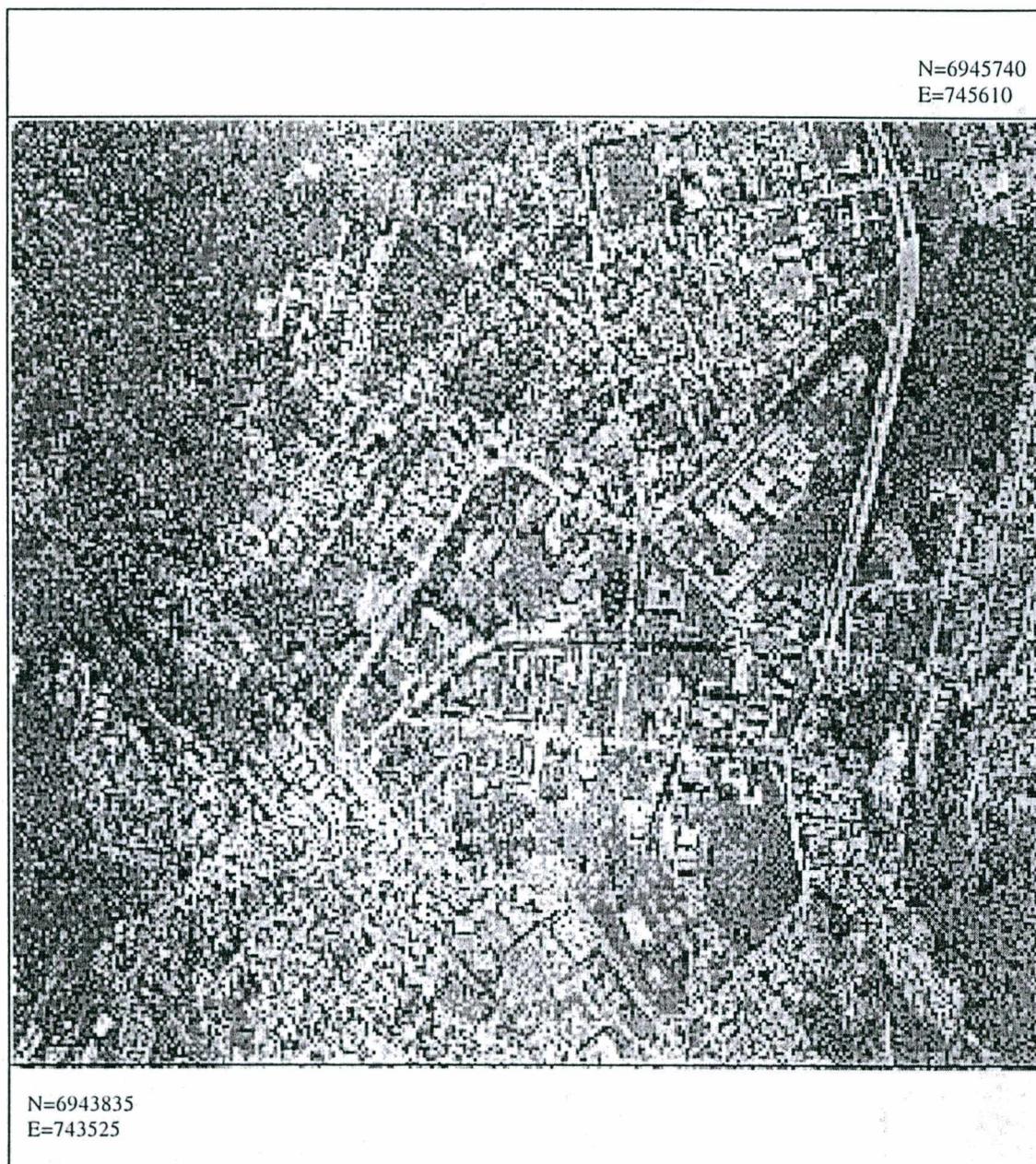
<b>Terrenos</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Localização</b>
Campus Universitário	1.020.769,00	Trindade-Florianópolis
Manguezal	2.073.641,00	Trindade-Florianópolis
Centro de Ciências Agrárias	28.195,00	Itacorubi-Florianópolis
Centro de Ciências Agrárias	60.000,00	Barra da Lagoa- Florianópolis
Centro de Ciências Agrárias	1.834.531,00	Ressacada-Florianópolis
Unidade de Controle Ambiental Desterro	4.617.637,00	Saco Grande- Florianópolis
Colégio Agrícola de Camboriú	1.556.441,00	Município de Camboriú
Colégio Agrícola Sen. Gomes de Oliveira	3.154.132,00	Município de Araquari
Travessa Ratcliff	250,00	Centro-Florianópolis
Rua Ferreira Lima	1.350,00	Centro-Florianópolis
<b>TOTAL</b>	<b>14.346.946,00</b>	

*Fonte: Plano Diretor da UFSC - 1997*

Para o presente estudo, considerou-se apenas o Campus Universitário localizado na Trindade, no Município de Florianópolis.

Com uma área global aproximada de 1.020.769,00 m<sup>2</sup>, o campus é constituído por cinco áreas distintas que abrangem 47 títulos de propriedade. Mediante a progressiva invasão de seu território pela população que habita o seu entorno, verificada nos últimos anos e, conseqüentemente acarretando a indefinição dos seus limites de propriedade, torna-se necessário e urgente, esforços conjuntos das autoridades administrativas e técnicas para resolver tal problema.

Figura 7.2 – Vista aérea da área de localização do Campus



Fonte: Esteio/1999

### 7.3 Evolução Histórica da Implantação do Campus

No início da década de 50, duas correntes dos meios acadêmicos e políticos do Estado, confrontavam-se pela formação de uma universidade. Um dos grupos, liderado pelo Prof. Henrique da Silva Fontes, lutava pela criação de uma Universidade Estadual, enquanto outro grupo, liderado pelo Prof. João David Ferreira Lima, defendia a criação de uma Universidade Federal.

Em 18 de dezembro de 1960, Juscelino Kubitschek sanciona a Lei nº 3.849, criando a Universidade Federal de Santa Catarina. No mês seguinte era votada a lei que extinguiu a Fundação Universidade Estadual, criada pelo Governador Irineu Bornhausen em 1955, como parte dos objetivos de Henrique Fontes para criação de uma Universidade Estadual.

Criada a UFSC, foram transferidos, por doação, todos os bens da Fundação Universidade de Santa Catarina para a União, através da Lei nº 2.664, de 20 de janeiro de 1961. Com isto, também ficou incorporada à UFSC, a área da Fazenda Modelo Assis Brasil, no Bairro da Trindade, na qual se planejava instalar o campus da Universidade Estadual. Além da doação dessa fazenda, o governo estadual ainda assumiu o compromisso de desapropriar outros 44 terrenos confrontantes com a fazenda para doação à UFSC (LIMA, 1980).

Com isso, o Conselho Universitário decidiu que o campus deveria ser construído no Bairro da Trindade, localizado a uma distância de 8 km do centro urbano de Florianópolis, no terreno já de propriedade da União. Este aspecto contrariava as intenções do primeiro reitor eleito pelo próprio Conselho, que defendia a permanência da Universidade no centro da cidade. Com uma área aproximadamente de 100 ha, recentemente foram acrescidas à área original, mais de 300 hectares de áreas de mangue (SATO, 1996).

Quando há mais de trinta e cinco anos atrás, muitos imaginavam um campus afastado do “ruído urbano”, não podiam imaginar o poder de polarização exercido pela Universidade, no bairro da Trindade em tão pouco tempo. No entanto, nos primórdios da implantação da universidade, a idéia de que a concretização do projeto representaria a possibilidade de mudanças na economia e na dinâmica imobiliária da capital, com imensos investimentos por parte do governo federal, estão hoje comprovadas. Segundo o primeiro reitor eleito da Universidade, Ferreira Lima, “nos primeiros dez anos de existência da Universidade Federal, o seu orçamento foi sempre, várias vezes maior que o da Prefeitura da Capital”, o que, de uma certa forma, também não deixa de ser uma justificativa para o grande crescimento do campus e seu entorno.

## 7.4 O Entorno do Campus

As grandes mudanças verificadas hoje no seu entorno se devem principalmente ao deslocamento da malha urbana no sentido Centro/Trindade, com a implantação de diversos órgãos públicos como a ELETROSUL, TELESC, UDESC, EPAGRI, CELESC, CIDASC e CIASC, que conseqüentemente, promoveram grande valorização das terras, ascensão do setor imobiliário e crescimento da indústria da construção civil, exigindo investimentos maciços em infra-estrutura urbana e sistema viário.

O crescimento, predominantemente residencial, do espaço circundante do campus, tem sido acompanhado do aparecimento de atividades comerciais e de serviços básicos nas principais vias de acesso. A Avenida Beira Mar, principal escoadouro do grande tráfego de veículos existentes na ilha, teve seu início de construção em 1977 (no trecho compreendido entre a Av. das Três Pontes e a UFSC), quando já se configurava claramente o grande salto populacional do bairro da Trindade e de outros bairros vizinhos, seguindo a tendência de crescimento residencial, comercial e administrativo da cidade para a direção norte, contornando o Morro da Cruz

Se de um lado, apesar da Via de Contorno (Beira Mar) ainda não estar concluída, o simples fato de chegar às portas do campus universitário, demonstra o forte grau de polarização exercida pela Universidade sobre a configuração urbana, por outro lado, não se pode deixar de mencionar as invasões da população de baixa renda nas áreas mais remotas do campus (região da Serrinha), o que tem trazido grandes problemas administrativos para a UFSC.

## 7.5 O Planejamento do Espaço Físico do Campus

Em 1965, o primeiro reitor da UFSC, Ferreira Lima, criou o DEA - Departamento de Engenharia e Arquitetura - com o objetivo de encampar as tarefas de planejamento, projetos e obras da UFSC, sendo que a partir desta data, o planejamento físico e a quase totalidade das obras vêm sendo desenvolvidos pelos arquitetos e engenheiros do próprio quadro de funcionários. As primeiras construções do campus seguiram estritamente as normas internas elaboradas para o DEA, de "economia e simplicidade". O Restaurante Universitário, Os Blocos Modulados do CTC, os Blocos Modulados do Básico, o Pavilhão da Engenharia Civil, a Imprensa Universitária e os

Ginásios Cobertos 1 e 2 foram projetados com um padrão que seguia as diretrizes onde se valorizava a economia de custos.

Em setembro de 1976, estingue-se o DEA e cria-se o ETUSC (Escritório Técnico Administrativo da UFSC), como exigência do MEC para que a UFSC desse conta dos convênios de financiamento do espaço físico que vinham sendo assinados. A UFSC obrigava-se a organizar um escritório técnico-administrativo encarregado de prestar contas, administrar e fiscalizar a execução de programas, onde novos técnicos foram contratados tendo em vista o aumento da demanda de obras e o crescimento da complexidade dos projetos arquitetônicos e de engenharia (Plano Diretor, 1997). Com essa nova estrutura e com os recursos destinados às obras, a UFSC iniciou um período caracterizado por uma grande dinâmica na produção do espaço físico. Este período durou cerca de 8 anos (de 1976 a 1984). As edificações, nesse período, sofreram grandes transformações, se comparadas com as do período anterior, onde a simplicidade, a horizontalidade, o baixo custo, colocavam-se como modelo construtivo. Já se percebia a partir deste momento que os terrenos livres e edificáveis, sem previsão de construção, já começavam a rarear, despertando maiores cuidados na locação dos prédios e determinando um início de verticalização das edificações. Ainda que se tenha adotado algum tipo de padronização nas construções, pode-se dizer que a repetição de edifícios no campus não foi resultado de um planejamento mais criterioso. Alguns prédios foram repetidos mais de uma vez, para responder aos condicionantes políticos e financeiros. Sendo assim foram aproveitados os projetos existentes, renovando-se a distribuição dos espaços físicos internos.

Nos anos posteriores a 1984, os recursos começaram a rarear, mas as necessidades em ritmo progressivo continuaram a crescer. Era o período de grandes dificuldades enfrentados pelas universidades brasileiras. Este período foi marcado pela instabilidade administrativa, não existindo um trabalho permanente e contínuo de definições sobre a distribuição do espaço físico, sobre as necessidades de infraestrutura, sobre as perspectivas de crescimento acadêmico e físico, sobre as tipologias construtivas, etc. Os esforços neste sentido dependiam, não de ações organizadas administrativamente e ao longo do tempo, mas de ações individuais ou de gestões específicas da UFSC.

Em 1992, o ETUSC foi transformado em Coordenadoria do espaço físico – Cefi e vinculado à SEPLAN – Secretaria Especial de Planejamento da UFSC. Transformado novamente em ETUSC, as atividades de planejamento foram retomadas e

reestruturadas, de forma a atender as crescentes demandas da Universidade, chegando-se assim, ao período de elaboração do atual Plano Diretor Físico da UFSC. O Plano atual busca resgatar o planejamento do crescimento do espaço construído da UFSC; a redefinição das condições urbanísticas do campus; o redimensionamento e a intervenção mais direta e eficaz sobre os condicionantes externos; a definição de diretrizes para o uso público do espaço físico do campus.

## **7.6 História Cartográfica do Campus**

O Campus Universitário na Trindade, desde a sua fundação em 1960, carece de documentos cartográficos que registrem, de forma global, sistemática e confiável, a verdadeira delimitação de sua área, bem como as inevitáveis transformações ocorridas em seu espaço físico ao longo dos anos. A partir de 1973 até o início dos anos 90, o que se percebe em seu acervo cartográfico é a elaboração de pequenas plantas de situação, de localização, de construção, de desapropriação, etc., nas mais variadas escalas, dificultando, dessa forma, uma análise generalizada do todo. Somente nos últimos anos, é que a preocupação com a situação físico-espacial do campus, de uma forma homogênea se torna mais evidente, através da elaboração de ortofotocartas e do seu Plano Diretor Físico. Sabendo-se que cadastro é medição ao nível de imóvel, considera-se neste trabalho o campus da UFSC como imóvel único. Diante do exposto, segue abaixo uma descrição cronológica dos principais documentos encontrados nos arquivos do ETUSC, que representam o campus de forma homogênea desde os primórdios da sua implantação até os dias de hoje.

### **7.6.1 Planta Cadastral de 1955**

Planta Cadastral da Área Destinada à Universidade Federal de Santa Catarina – Administração: Irineu Bornhausen. Florianópolis, 1955. Trata-se de uma planta na escala de 1:1000, que representa, principalmente, os limites de algumas propriedades existentes na área. Exibe a articulação das folhas e percebe-se que foi desenhada em dez pranchas formato A0 no ano de 1955, pela Empresa de Topografia e Arquitetura Ltda - ETA. A planta exibe o levantamento topográfico planimétrico em coordenadas arbitrárias e exibe as escalas numérica e gráfica, além do norte verdadeiro.

O nível de detalhamento na escala usada é satisfatório para a finalidade a que se destina. A falta de legenda pouco dificulta a interpretação de boa parte dos elementos levantados. Os limites da Fazenda Assis Brasil, principal propriedade onde se instalou o campus universitário, não estão bem definidos. A presença de muitas áreas inundáveis ao longo dos cursos d'água são bem evidenciadas. Foram expressivos o número de lotes existentes no interior do campus, que seriam desapropriados e incorporados, futuramente, ao patrimônio da Universidade. É possível perceber com clareza, a malha viária existente na época e analisar, nos dias de hoje, o que restou dela.

### **7.6.2 Mapa Chave de 1963**

Mapa Chave dos Terrenos da Trindade pertencentes a Universidade Federal de Santa Catarina – Administração: Reitor Prof. João David Ferreira Lima, Florianópolis. Trata-se de um mapa chave, representando a planta cadastral aparentemente idêntica à descrita anteriormente, porém datada de 1963 e encomendada pela primeira reitoria da Universidade. Apesar de não exibir o selo técnico e nenhum tipo de legenda, pode-se afirmar que foi executado pela mesma empresa, pois exibe as mesmas coordenadas, escalas e norte verdadeiro exatamente no mesmo local da planta. Quanto ao levantamento topográfico, exibe todos os elementos, já descritos, de forma idêntica, sendo a única diferença, a evidência do traçado das duas avenidas do sistema viário interno ao campus. Trata-se da Rua Longitudinal, atualmente denominada de Rua Roberto S. Gonzaga, que passa em frente a reitoria (continuação da Rua Lauro Linhares) e da Rua Transversal, imediatamente perpendicular à mesma, ao lado da reitoria.

### **7.6.3 Planta Topográfica de 1973**

Levantamento Topográfico do Campus - Data Provável: 1973. Trata-se de uma planta topográfica em tamanho único, executada na escala de 1:1000 e elaborada pelo Departamento de Engenharia e Arquitetura – DEA, em data duvidosa, pois a planta apresenta selo adulterado. Na planta é possível identificar o norte verdadeiro determinado pelo sol e ainda o gráfico da trajetória do sol. Percebe-se a ausência de coordenadas. A legenda exibe as poucas edificações existentes na época, as

edificações em construção, as de construção futura e as edificações em projeto. Já nessa época é perceptível a tendência ao planejamento do espaço físico da área. Nota-se a presença de algumas edificações, como o setor de Serviços Gerais, edificações do DEA (ETUSC), Prefeitura do Campus, Biotério, parte do Hospital Universitário, parte do Centro Tecnológico, Pavilhão da Administração, Restaurante Universitário, Setor Cultural e Social, Centro de Educação, Museu de Antropologia e o Centro de Estudos Básicos. A planta exibe, ainda, a localização numerada das principais árvores existentes no campus e a listagem delas figurando na legenda, o que, de uma certa forma, já demonstra a preocupação de preservação do meio ambiente.

#### **7.6.4 Ortofotocarta de 1994**

Ortofotocarta do Campus em Meio Digital. O referido documento cartográfico foi elaborado na escala de 1:2000 em 1994, pela Empresa Esteio - Aerolevamentos e Engenharia, sediada em Curitiba - PR. A ortofotocarta foi confeccionada a partir de fotografias aéreas na escala de 1:8000, em vôo realizado em maio de 1994 e georeferenciada graficamente em pontos de apoio complementares obtidos da Folha da Carta do Mapeamento Sistemático Brasileiro. O documento exibe em sua legenda além de algumas convenções cartográficas, a legenda; as curvas de nível; a projeção cartográfica usada (UTM); o datum horizontal (SAD-69); datum vertical (Marégrafo de Imbituba-SC); o meridiano central (51° W.Gr) e no centro da legenda, informações como a convergência meridiana, declinação magnética, a variação anual do eixo magnético da Terra e o coeficiente de deformação linear. A ortofotocarta exibe de uma forma bastante panorâmica, a verdadeira situação físico-espacial do campus para a época, com a fácil identificação das feições das edificações, do sistema viário, da hidrografia, relevo, vegetação, etc., tornando passível de análise, as reais transformações ocorridas em seu meio físico em relação aos documentos cartográficos de datas anteriores.

#### **7.6.5 Planta Geral do Campus de 1999**

Atualmente, a Planta Geral do Campus está sendo elaborada pelo ETUSC. Trata-se de uma Planta Digital que ainda não tem um sistema de projeção

definido, pois a mesma não exibe nenhum tipo de coordenada, muito menos uma legenda que favoreça a interface mapa-usuário das feições dos elementos cartografados. A legenda apresenta uma enorme codificação por unidades e conjuntos de edificações. O output do arquivo gráfico se apresenta na escala de 1: 2000, de acordo com o selo apresentado, e foi gerado a partir da vetorização manual dos elementos de interesse constantes na ortofocarta descrita anteriormente. Houve a necessidade da emenda de duas ortofotos para que se procedesse a vetorização. A atualização do espaço físico se dá através de levantamentos topográficos locais, com o uso de equipamentos eletrônicos, sem um referencial de partida confiável e o cadastro das edificações, na maioria das vezes, feito à trena. A Planta exibe todos os prédios construídos e/ou em construção até a presente data, além das edificações projetadas para instalação futura. Nota-se a preocupação com a atualização da rede viária no entorno e dentro do campus, além do sistema de circulação de pedestres. A planta se encontra com uma distorção gráfica demasiadamente aparente em relação a nova ortofoto produzida.

#### **7.6.6 Ortofoto Digital – Edição 1999**

Documento cartográfico elaborado em janeiro de 1999, pela Esteio. Exibe de forma panorâmica a mesma situação física-espacial de 1994, porém, com uma significativa diferença em relação a sua homóloga. A ortofoto atual se encontra totalmente georeferenciada ao VT78, vértice este, integrante do Sistema Geodésico Brasileiro que sofreu o reajustamento global em 1996, devido as distorções encontradas entre os diferentes métodos para implantação de pontos de controle (Redes Clássicas, Redes GPS e Estações Doppler). Sendo assim, este documento não apresenta as distorções verificadas em seus eixos norte( aproximadamente 5,0 metros) e leste (aproximadamente 0,5 metro) verificadas na ortofocarta anterior. Por se tratar de uma ortofoto em meio digital, não exibe legenda e nem selo. Apresenta a malha de coordenadas UTM e a altimetria foi gerada através do MDT automático.

## **Capítulo 8 – PROCESSO DE ELABORAÇÃO DA ORTOFOTO DIGITAL**

### **8.1 Generalidades**

Ortofotocarta é uma ortofotografia, ou seja, é uma fotografia resultante da transformação de uma fotografia aérea original, que é uma perspectiva central do terreno, em uma projeção ortogonal sobre um plano, geralmente complementada por símbolos, linhas e quadriculagem, com ou sem legenda podendo conter informações planialtimétricas. A ortofoto digital é um produto cartográfico digital que alia a riqueza de detalhes de uma imagem fotográfica com a qualidade geométrica de uma carta de traço, ou seja, ela poderá ser utilizada tal qual um mapa, onde os vetores, símbolos e textos são sobrepostos à imagem para representar os diversos elementos do terreno como em uma carta convencional. O processo de produção se dá em grande parte em meio digital, ou seja, em computadores denominados "workstations".

A imagem fotográfica do terreno se apresenta de forma distorcida devido a diversos fatores, tais como projeção central do processo fotográfico; variação do relevo; distorção provocada pelo sistema de lentes da câmara fotográfica; variações na altitude de vôo da aeronave; curvatura da terra, etc., o que provoca a não homogeneidade da escala. Devido a isso, não se pode efetuar medidas de coordenadas, distâncias e áreas diretamente sobre uma fotografia.

Chega-se ao produto ortofoto através da correção dos fatores de distorção da imagem, ou seja, a projeção cônica é transformada em projeção cilíndrica ortogonal, o relevo da área é corrigido de modo a tornar a escala homogênea, em outras palavras, a imagem é "achatada, esticada e comprimida", até que as feições do terreno apareçam em suas corretas posições e em escala homogênea.

Para que o produto final atenda às especificações em termos de exatidão e qualidade visual, é necessário que as etapas correlacionadas também atendam os mesmos requisitos. Isto significa que é de fundamental importância que os erros cometidos durante cada etapa sejam quase nulos ou minimizados. Sendo assim, é fácil

concluir que nunca a qualidade do produto final será superior à dos produtos e/ou serviços anteriores.

## 8.2 Materiais e Equipamentos

Com a determinação de se proceder a confecção de uma nova ortofoto digital do Campus da UFSC, mediante ao reajustamento do Sistema Geodésico Brasileiro promovido pelo IBGE, se fez necessário a descrição dos procedimentos para que o produto confeccionado (ortofoto) pudesse ser analisado de forma global, em futuro próximo, por profissionais e interessados, que dela viessem a lançar mão para propósitos técnicos ou simplesmente consultas. Abaixo são relacionados os procedimentos tomados para a sua confecção com o intuito de que a mesma, também possa ser avaliada quanto a sua qualidade e precisão:

- i) Seleção das fotografias aéreas que compõem os modelos de recobrimento do Campus da UFSC;
- ii) Georeferenciamento de pontos de apoio fotoidentificáveis pré-selecionados em cada modelo de recobrimento;
- iii) Processo de aerotriangulação e ajustamento;
- iv) Scannerização dos Diapositivos;
- v) Geração do MDT - Modelo Digital de Terreno - a partir de nivelamento geométrico in loco;
- vi) Produto Final - Ortofoto Digital.

### 8.2.1 Materiais

a) Fotografias aéreas do recobrimento aerofotogramétrico do Município de Florianópolis, realizado no ano de 1994, na escala de 1:8.000.

- i) vôo: sentido norte-sul;
- ii) câmara utilizada: RMK 15/23 nº 124.267, com distância focal de 152,742 mm
- iii) filme: DOUBLE X, com filtro KL

- iv) superposição longitudinal de 60% e lateral de 30%, com tempo de exposição 1/500 seg.
- v) altitude média de vôo: 1.249 m

## 8.2.2 Equipamentos (Hardware e Software)

### 8.2.2.1 Rastreamento dos pontos de apoio e obtenção das coordenadas

i) Para o levantamento *in loco* dos pontos fotoidentificáveis e a obtenção das coordenadas foram utilizados um par de Equipamentos GPS, modelo GPR1. De acordo com o manual de operação da TOPCON GPS RECEIVERS, o receptor GPS geodésico modelo GPR-1 oferece o real rastreo automático “all-in-view”. Com 12 canais independentes, permite o rastreo de todos os satélites e sua visão automática, seleciona programação ou pré-programação dos satélites comuns entre os locais de levantamento. A recepção dos sinais de satélites se dá apenas na portadora L1, Código C/A, tendo segundo seu fabricante, uma precisão de 5 mm + 2 ppm.

O equipamento GPS GPR1 é basicamente composto de:

- um aparelho receptor;
- uma antena;
- um carregador de baterias;
- cabos de conexão;
- base niveladora;
- uma bateria e um tripé.

O equipamento GPS GPR1 inclui uma “microstrip” antena sobre uma plataforma cuja precisão é acurada na definição do ponto escolhido para o levantamento. Uma bússola fica acoplada à plataforma da antena, permitindo definir uma orientação.

O equipamento foi gentilmente emprestado pela FATMA, fundação vinculada a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina, condicionado ao acompanhamento técnico e operacionalização por parte de funcionários da Fundação.

Além do equipamento mencionado acima obrigatoriamente estar em perfeito estado de funcionamento, tornou-se imprescindível, para o bom andamento do trabalho, um meio de comunicação entre as estações de rastreo (rádio ou telefone celular), com o intuito de poder acompanhar o desempenho do rastreo, bem como um veículo adequado ao transporte do equipamento entre as estações.

Utilizou-se também para o processamento dos dados durante todo o desenvolvimento do trabalho, um micro computador do tipo “Pentium – 266 Mhz”, com disco rígido de 4.3 Gbyte, memória RAM (Random Acces Memory) de 32 Mb, monitor colorido Philips Super VGA 15”, placa de vídeo de 2 Mb.

ii) Para a transformação de coordenadas WGS-84 → UTM foi utilizado o Software “The Geographic Calculator” versão 3.07, emprestado pela Esteio. Este software trabalha um modelo matemático baseado nas equações diferenciais simplificadas de Molodensky e realiza as seguintes funções entre as demais:

- transformação entre sistemas geodésicos;
- transformação de coordenadas entre diferentes sistemas;
- cálculo da convergência meridiana;
- determinação do fator de escala;
- conversão das coordenadas do sistema WGS-84 para planas no datum escolhido.

iii) Para o pós-processamento GPS (pós mission), foi utilizado o Software “GPPS versão 5.0” que acompanha o equipamento.

iv) Para o Ajustamento das Observações GPS foi utilizado o Software “FILLNET 3.0” da ASHTECH.

### **8.2.2.2 Aerotriangulação**

O equipamento utilizado na aerotriangulação foi um Aparelho Analítico Restituído denominado PLANICOMP C-120, com um minicomputador HP1000 acoplado e sistema de restituição PLANIMAP desenvolvido pela Carl Zeiss, Alemanha, adquirido pela empresa em 1985.

### **8.2.2.3 Rasterização dos Diapositivos e Obtenção da Ortofoto**

i) A varredura dos diapositivos foi realizado por um “scanner” denominado “Leica DSW 100 - Digital Scanning Workstation” da

Leica Helava que, segundo o manual de operação do instrumento, possui as seguintes características técnicas:

- possui duas câmaras CCD, com capacidade de gerar pixels exatamente quadrados;
- alta resolução geométrica de 12,5 :m (0,0125 mm);
- baixa resolução geométrica de 25 :m (0,025 mm);
- fonte de luz xenon;
- Esse scanner está acoplado a um computador 486 com o sistema operacional OS UNIX.

ii) O Software utilizado para a rasterização da imagem foi o Scan V132 LEICA e o Software para o processamento da imagem foi o SOCET SET, versão 3.1.4.

iii) Foi utilizada uma “Workstation” Fotogramétrica Digital da Leica-Helava para gerar as ortofotos, cujos componentes, segundo seu manual de operação são:

- monitor colorido 3-D (cristal líquido polarizado);
- “trackball”, “mouse sensível”, que permite o controle independente para a elevação (Z);
- óculos polarizador, que possibilita a visão estereoscópica;
- segundo monitor colorido, com resolução de 1052 X 900 pixels;
- teclado e “mouse” de comando;
- sistema de operação SUN/OS UNIX;
- unidades de disco rígido de 23 Gbyte e 128 Mb de Memória RAM;
- Cd-Room de 650 Mb.

### **8.3 Método de Produção**

O princípio básico da produção de ortofotos digitais consiste no processo de transformação da projeção cônica da imagem (fotografia aérea rasterizada) em projeção cilíndrica ortogonal ao plano, mediante meios e métodos essencialmente digitais. As etapas na produção de uma ortofoto digital englobam alguns passos comuns ao mapeamento convencional, tais como planejamento de vôo, planejamento e

levantamento de pontos de apoio e processo de aerotriangulação. Para o momento, reporta-se apenas a descrição do processo de elaboração da ortofoto digital a partir de fotografias aéreas existentes, ou seja os itens relacionados abaixo descrevem o processo de elaboração do produto ortofoto digital.

### **8.3.1 Cobertura Aerofotogramétrica/Aquisição da Imagem**

Embora a ortoprojeção digital tenha recursos de tratamento das diferentes tonalidades entre fotos, deve-se evitar ao máximo as emendas de duas fotos, pois do ponto de vista produtivo, o tempo de execução se torna bem maior. Desta forma deve-se planejar os eixos das faixas de vôo, coincidentes com a linha passante pelo centro das folhas, de acordo com a articulação utilizada, evitando emenda de fotos de faixas distintas. No caso de redes viárias, é aconselhável planejar o eixo do vôo coincidente ou o mais próximo do eixo da via.

As emendas longitudinais, no sentido das faixas de vôo, poderão ser evitadas utilizando-se uma superposição adequada, normalmente em torno de 80% que dependendo do formato da folha, possibilita que a ortofotocarta seja recoberta pela imagem de uma única foto. É importante salientar que em determinadas escalas, a superposição de aproximadamente 60% é mais do que suficiente.

Caso as fotografias aéreas já existam, ainda é possível fazer o mapeamento através de ortofotocartas digitais, desde que o levantamento aerofotogramétrico atenda geométrica e radiometricamente os requisitos básicos para o mapeamento, ou seja, as fotografias que são os produtos do levantamento aerofotogramétrico deverão estar georeferenciadas e exibir uma tonalidade de cinza (ou cores) satisfatórias ao mapeamento.

Devido ao alto nível tecnológico das atuais câmaras aéreas e da alta resolução de sistemas de lentes, associados às atuais emulsões fotográficas, é possível obter fotografias analógicas com resolução fotográfica acima de 100 pares de linhas por milímetro, afirmam os técnicos da empresa de aerolevamento. A qualidade da imagem e o baixo custo do material, são as principais razões pelas quais as fotografias analógicas deverão continuar sendo usadas nos próximos anos.

### 8.3.2 Apoio Terrestre

Para que possa ser obtida a ortofoto digital, faz-se necessário a correlação da imagem com o terreno fotografado. Esta adequação é feita por meio do processo de aerotriangulação. Para a realização da aerotriangulação, é necessária a obtenção de coordenadas de alguns pontos do terreno, chamados pontos de apoio. Usualmente são requeridos apenas dois pontos a cada três modelos fotogramétricos. As coordenadas planimétricas dos pontos de apoio podem ser obtidas por métodos de levantamento topográfico ou por rastreamento de satélites GPS e as cotas altimétricas por nivelamento geométrico.

No início desta dissertação, diante da indisponibilidade de equipamentos (hardware e software) para a geração de ortofotos no âmbito da UFSC, fez-se necessário lançar mão de um convênio de cooperação técnico-científico existente entre a empresa ESTEIO e a Universidade Federal de Santa Catarina. Dessa forma, foram estabelecidas as seguintes etapas para o levantamento dos pontos de apoio necessários ao processo de aerotriangulação.

- i) planejamento da operação;
- ii) levantamento de campo;
- iii) processamento dos dados;
- iv) transformação das coordenadas.

#### 8.3.2.1 Planejamento da operação de levantamento

No preparo para o apoio fotogramétrico, é delimitada a área útil para escolha dos pontos de apoio, escolha do apoio suplementar e perfuração dos pontos, nos diafilmes, visando auxiliar os trabalhos de aerotriangulação e restituição.

Antes do rastreamento dos pontos fotoidentificáveis utilizando equipamentos GPS, deve ser feito um planejamento no sentido de obter uma localização prévia dos pontos a serem utilizados no processo de aerotriangulação.

Com aproximadamente 100 ha, a área é recoberta por sete fotografias aéreas, totalizando cinco modelos aerofotogramétricos. As sete fotografias são distribuídas em três faixas de voo a saber:

- i) três fotografias correspondendo a dois modelos na faixa 07 b;
- ii) três fotografias correspondendo a dois modelos na faixa 08 A; e
- iii) mais duas fotografias, sendo uma delas apenas para compor mais um modelo na faixa 08.

Procurou-se no desenvolvimento do trabalho, densificar os pontos de apoio terrestre da área de interesse, suprimindo assim, o número de pontos de apoio no terreno recomendados para uma boa aerotriangulação. Foram fornecidas para esse trabalho quatro fotografias aéreas na escala de 1:8.000, com oito áreas indicadas e identificadas com lápis dermatográfico, onde deveriam ser levantados os pontos de apoio. As áreas estavam estrategicamente selecionadas, de forma a cobrir as superposições, tanto laterais quanto longitudinais das faixas de vôo que continham a área de interesse.

#### 8.3.2.2 Seleção dos pontos fotoidentificáveis no terreno

Levando-se em consideração que nem sempre é possível trabalhar com fotografias aéreas atuais, deve ser feito um reconhecimento *in loco* para verificar se não existem obstáculos que prejudiquem o rastreamento. Na impossibilidade de poder ocupar o ponto pré-definido deve-se procurar um ponto próximo, na qual a antena receptora possa ser colocada.

A seleção dos pontos fotoidentificáveis para rastreamento por GPS foi realizada de forma a atender aos objetivos, ou seja, foram impostas algumas rotinas para que se procedesse a seleção dos pontos:

- i) pontos de fácil identificação tanto nas fotos quanto no terreno dentro da área previamente especificada pela empresa;
- ii) representativos de um levantamento para atualização, em situação real, ou seja, não deveriam ser escolhidos locais preconizados como ideais à implantação de redes geodésicas, devendo estes possuir horizonte limpo de obstáculos, afastados de torres de alta tensão ou similares, dentre outros, conforme as normas emitidas pelo IBGE (1993);

- iii) definição de feições que fossem de fácil identificação nas fotografias;
- iv) evitar os efeitos de multicaminhamento.

Sendo assim, foram selecionados oito pontos distribuídos da seguinte forma: quatro em muros de divisa de parcelas, dois em meio fios de canteiros de rua e dois em cantos de cercas divisoras de parcelas. Um ponto da rede de pontos de controle planimétrico (V001) foi escolhido como ponto de estação fixa, cujas coordenadas geodésicas já haviam sido determinadas e, conseqüentemente, onde permaneceu um dos receptores GPS rastreando a constelação de satélites disponíveis. A descrição do processo de rastreamento das bases georeferenciadas é descrito logo a seguir.

### 8.3.2.3 Rastreamento das Bases

Os levantamentos geodésicos são a base para o estabelecimento do referencial físico e geométrico necessário ao posicionamento dos elementos que compõem o cenário. Estes levantamentos para fins topográficos, tem características locais, ou seja, dirigem-se ao atendimento dos levantamentos no horizonte topográfico. Tem a finalidade de fornecer o apoio básico indispensável às operações topográficas de levantamento, para fins de mapeamento com base em fotogrametria. Os levantamentos irão permitir o controle horizontal através da determinação de coordenadas geodésicas.

Devido a localização (aproximadamente a uns dez quilômetros a menor distância) e o difícil acesso aos vértices (VVTT) da rede de triangulação de 1ª ordem do Sistema Geodésico Brasileiro, próximos ao Campus Universitário da UFSC, optou-se pelo georeferenciamento do polígono triangular em apenas um vértice do SGB mais próximo da área de estudo. Trata-se do Vértice de Triangulação (VT=78), localizado na Base Aérea de Florianópolis. O memorial descritivo da localização do referido VT pode ser visto em maiores detalhes nos Anexos A. Experiências mostram que o ideal seria ocupar dois vértices da rede de triangulação do SGB para minimizar os possíveis erros de posicionamento.

Outro motivo levado em conta, foi a pouca disponibilidade do equipamento e acompanhamento técnico do engenheiro da FATMA, uma vez que o empréstimo do equipamento estava condicionado a presença de algum profissional da referida instituição. A necessidade de intercalar o trabalho com as suas atividades

profissionais e as freqüentes panes verificadas nos receptores durante boa parte das sessões de rastreamento, atrasou demasiadamente o andamento desta etapa (quase 10 dias). O desafio maior estava em descobrir a origem dos problemas dos receptores, até que, finalmente, se deu conta do que se tratava. O problema estava na bateria original do equipamento. A bateria, cuja vida útil já terminara, não conseguia segurar carga e por isso, às vezes, não resistia mais do que alguns minutos de rastreamento, apesar de funcionar aparentemente. No entanto, três das seis primeiras sessões foram aproveitadas. Resolveu-se definitivamente o problema, quando foi providenciada a troca das velhas baterias do equipamento por novas baterias de automóvel, que, com a mesma voltagem e a mesma amperagem requerida pelo receptor, funcionaram como se fossem as baterias originais.

Quando iniciou-se os trabalhos, os vértices do polígono já se encontravam materializados em solo geologicamente estável e felizmente livre de obstruções. Vale ressaltar, que havia intervisibilidade entre dois destes vértices (MCFT-MCES) na data do rastreamento e que foram reaproveitados de estudos feitos anteriormente nesta mesma área. Hoje, com o crescimento de pinheiros na linha de visada perdeu-se a intervisibilidade entre eles. Estes vértices são de concreto e estão aproximadamente a um metro de altura em relação ao solo. O terceiro vértice (VT001) faz parte da rede de pontos de controle planimétrico implantada na área de estudo e está no nível do solo. A localização precisa destes vértices rastreados por GPS e os seus respectivos memoriais descritivos podem ser vistos nos Anexos B. Os seguintes procedimentos foram tomados para a inicialização do trabalho: i) A verificação da correta montagem e instalação dos cabos de conexão da aparelhagem; ii) Preenchimento dos campos informativos no receptor, como: data, dia juliano, nome da estação, número da estação, número de série do receptor e da antena, número da sessão, altura da antena, hora de começo e fim de sessão, indicação do intervalo de observação, nome do operador; iii) Observação da disponibilidade de memória para armazenagem dos dados; iv) Acompanhamento do rastreio, observando os indicadores da geometria da constelação dos satélites, bem como a saúde de cada um deles. É bom lembrar que quanto maior for o PDOP (responsável pela precisão do posicionamento tridimensional) no instante da observação pior será a acurácia do posicionamento.

Figura 8.3.2.3 (a) – Sessões de Rastreo das Bases

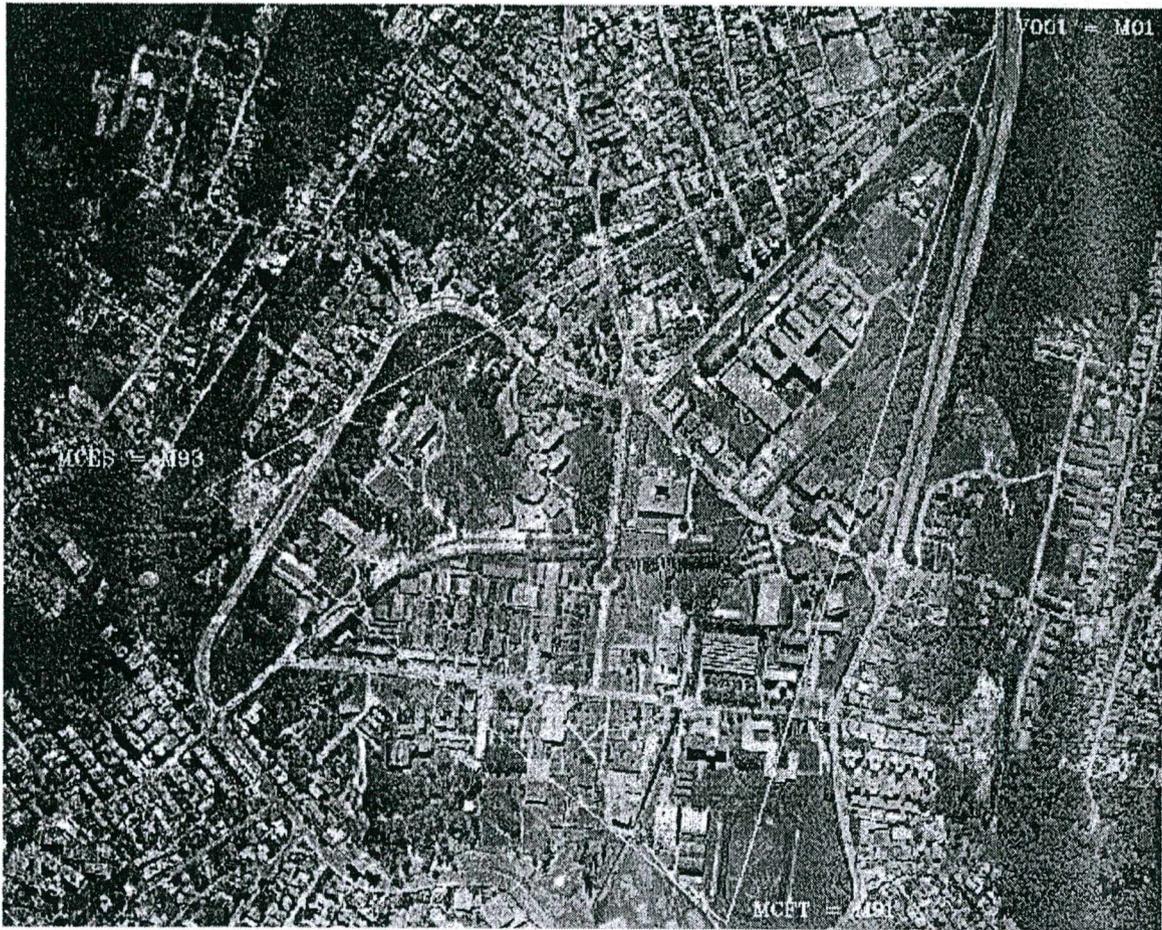
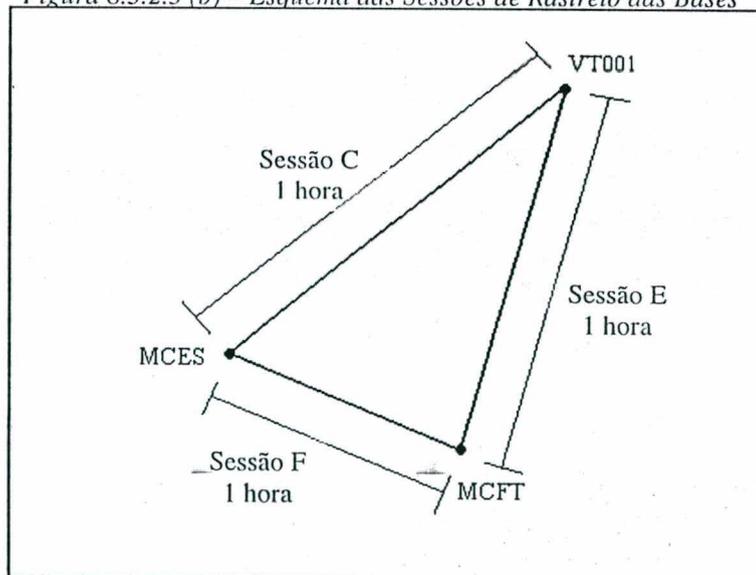


Figura 8.3.2.3 (b) – Esquema das Sessões de Rastreo das Bases



Uma vez executadas as tarefas rotineiras, partiu-se, então, para as sessões de rastreamento durante uma hora cada uma. A figura acima ilustra claramente as bases e as sessões aproveitadas no processo de rastreamento. Adotou-se o Método de Posicionamento Estático (observação das fases das portadoras), onde dois receptores fixos observaram os mesmos satélites num mesmo instante. Neste caso, são determinadas, ao mesmo tempo, as componentes dos raios vetores definidos pelas estações com uma precisão de 1 a 2 partes por milhão (ppm). Sendo assim pode-se considerar que as posições absolutas obtidas por um receptor “móvel”, são corrigidas por um outro receptor fixo, estacionado num ponto de coordenadas de referência. As experiências mostram que o método consiste na mais tradicional técnica de medição GPS, sendo necessário para cada ponto pelo menos uma hora de observação e é altamente recomendado para pontos de controle aerofotogramétricos, dentre outros, devido a superabundância de sinais captados.

#### 8.3.2.4 Rastreamento dos Pontos de Apoio

Para o rastreamento dos pontos fotoidentificáveis (pontos de apoio suplementar) com o GPS geodésico, optou-se pela utilização do Método Estático (Diferencial), com um levantamento tipo “radial”, devido ao receptor utilizado ser de apenas uma portadora (L1). Apoio suplementar deve ser entendido como o conjunto de pontos a ser determinado no campo, definido por suas coordenadas planimétricas e altimétricas. Estes pontos, com a finalidade de fornecer subsídios aos trabalhos de aerotriangulação e restituição fotogramétrica, tem as suas respectivas identificações nas aerofotos e são dimensionados previamente em gabinete através de fórmulas matemáticas, que estabelecem as distâncias dos pontos de apoio a serem determinados em campo.

Uma equipe composta por três pessoas, apoiada em dois veículos, foram as responsáveis pelas sessões de rastreamento durante todo o trabalho. Os oito pontos fotoidentificáveis foram georeferenciados ao VT001 da rede de controle planimétrico implantada no campus, localizado às margens da Av. Beira Mar, junto ao trevo de acesso ao Hospital Universitário e próximo da passarela de pedestres, conforme descrito em seu memorial descritivo.

Devido a indisponibilidade do acompanhamento técnico durante o dia por parte do funcionário da FATMA, nesta etapa do trabalho, as tarefas foram

executadas à partir das 18:00 horas. Foram gastas duas noites, com a realização de duas sessões denominadas de “G e H”. Na primeira noite, denominada de “Sessão G”, instalou-se um receptor GPS no VT-001, que ficou rastreando como estação fixa por mais de três horas ininterruptamente. Nesta mesma sessão, com o outro receptor GPS, rastreou-se então, três dos oito pontos fotoidentificáveis (pontos 5,6,7), com uma duração de pouco mais de 30 minutos para cada um. O processo se repetiu na noite do dia seguinte, “Sessão H”, quando o receptor, na mesma estação fixa, ficou rastreando por mais de quatro horas e, com o outro aparelho receptor, rastreou-se os pontos restantes (1,2,3,4 e 8), com um tempo de rastreio de aproximadamente 30 minutos para cada um. Maiores detalhes poderão ser consultados no processamento dos dados nos Anexos C.

### 8.3.2.5 Pós-Processamento dos Dados Rastreados

Para o pós-processamento dos dados rastreados, obedeceu-se os parâmetros do “setup” previamente ajustados para cada receptor. A seguir são descritos os principais parâmetros:

- i) definição de uma elevação de  $15^\circ$  acima do horizonte, significando que os dados rastreados por satélites abaixo desse parâmetro deveriam ser desconsiderados, devido a propagação de erros;
- ii) correção automática da perda de ciclos durante o rastreio;
- iii) fixação de um número mínimo de (04) satélites para o cálculo matemático das pseudo-distâncias;
- iv) verificação da qualidade de saúde dos satélites, procurando-se eliminar aqueles com discrepância em relação aos demais, sobretudo aqueles com excesso de perda de ciclo;
- v) correção da medida da altura da antena, referenciando-a ao centro da mesma;
- vi) não fixação da ambigüidade;
- vii) adoção da “fixed double difference solution L1”;
- viii) correção de efeitos ionosféricos e troposféricos;
- ix) “processamento automático”, processamento dos arquivos por meio da opção método estático.

Desta forma, os dados rastreados em campo foram pós-processados, gerando relatórios de saída - “outputs”- com as coordenadas referenciadas ao sistema geocêntrico WGS-84, para posteriormente serem ajustadas pelo Software FILLNET.

Este software trata do ajustamento pelo método dos mínimos quadrados tridimensional, a partir dos elementos  $(x, y \text{ e } z)$  provenientes dos processamentos das bases individuais realizadas com o GPPS. O programa utiliza, na ponderação das observações, uma matriz de covariância montada empiricamente, e não toma como base as matrizes originadas pelas soluções das bases individuais do GPPS. Para obter maiores informações sobre o pós-processamento e o ajustamento dos dados, consultar os “outputs” nos Anexos C.

### 8.3.2.6 Transformação entre Coordenadas e Sistemas

As coordenadas resultantes do rastreamento GPS, são as coordenadas geodésicas referenciadas ao sistema geocêntrico World Geodesic System, WGS-84. No entanto, a transformação para o sistema South American Datum, SAD-69, datum de referência horizontal oficial usado no Brasil se torna imprescindível. O software usado para a transformação realiza a conversão diretamente do sistema WGS84 para as coordenadas UTM no sistema SAD-69, como pode ser visto no quadro abaixo. Para maiores informações, consultar Anexos D.

Tabela 8.3.2.6 - Transformação de Coordenadas entre Sistemas

Pontos	Datum WGS-84		UTM no Sistema SAD-69	
	Latitude ( $\nu$ )	Longitude( $\delta$ )	Norte ( N )	Este ( E )
VT=78	-27°40'43.38312	-48°33'51.41876	6936058.190	740283.022
MCFT	-27°36'17.65340	-48°31'07.56853	6944149.340	744938.100
MCES	-27°35'57.54633	-48°31'35.36668	6944783.632	744188.111
V001	-27°35'35.56851	-48°30'54.60465	6945437.809	745319.689
1001	-27°35'44.72480	-48°32'12.85018	6945198.879	743167.924
1002	-27°35'50.01590	-48°31'26.24560	6945010.452	744442.917
1003	-27°36'28.97972	-48°32'14.49707	6943837.372	743095.606
1004	-27°36'15.71245	-48°31'20.93647	6944216.449	744572.675
1005	-27°35'18.98010	-48°31'21.59252	6945963.350	744589.686
1006	-27°35'23.53455	-48°30'33.92973	6945796.872	745894.236
1007	-27°35'43.29717	-48°30'42.20548	6945193.036	745654.991
1008	-27°36'25.66224	-48°30'50.67533	6943893.470	745396.445

Fonte: Esteio/99

### 8.3.3 Aerotriangulação

A aerotriangulação consiste basicamente de um processo matemático que permite a densificação dos pontos de apoio, através das seguintes etapas:

i) Identificação dos pontos de apoio: Com o uso do Programa PAT-M é feita a identificação dos pontos de apoio, nos diafilmes que serão aerotriangulados. Cada ponto fotogramétrico foi locado nos diapositivos com uma numeração única, o que permitiu o transporte para outro diapositivo sem que houvesse qualquer problema de repetição. A codificação própria de cada tipo de ponto possibilitou ao operador reconhecer qual ponto estava sendo lido, por exemplo, se era ponto de ligação de faixas ou ponto de ligação entre modelos. Somente os pontos numerados de 1001 a 1008 são pontos novos, georeferenciados em campo, sendo os demais aproveitados da ortofoto anterior. Em seguida é feita a distribuição dos pontos a serem utilizados como ligação entre modelos e faixas e a perfuração dos mesmos, com agulhas de 0,006mm de diâmetro no equipamento de transferência de pontos (pontos de pugagem);

ii) Leitura das coordenadas instrumentais: Após a estereopreparação é feita a leitura das coordenadas instrumentais em aparelhos restituidores analíticos. Com o advento da informatização, os processos fotogramétricos foram incrementados com novos aparelhos como o Ortoprojeter Analítico Zeiss Ortocomp Z-2, com mais uma unidade de processamento HP1000. No entanto alguns técnicos ainda preferem trabalhar com os aparelhos mecânicos mais antigos, como o Aparelho Analítico Restituídor PLANICOMP C-120, já descrito no item 8.2.2.1.

iii) Processamento: Um programa de ajustamento de aerotriangulação realiza o ajustamento de bloco através dos dados obtidos da leitura dos modelos fotográficos independentes (foram utilizados seis modelos), e executa o ajuste pelo método dos mínimos quadrados dos pontos medidos nos modelos juntamente com as coordenadas dos pontos de controle. As coordenadas ajustadas podem ser vistas de forma global nos Anexos E.

### 8.3.4 Digitalização de Imagens

Atualmente as fotografias aéreas utilizadas para a produção de ortofotos digitais, por questões econômicas e práticas, ainda não utilizam técnicas de obtenção digital. Assim sendo, são obtidas por câmaras aéreas convencionais e, posteriormente, são transformadas para a forma digital. Isto é realizado através de scanners especiais.

#### 8.3.4.1 Scannerização

É o meio pelo qual a imagem analógica, o diapositivo, é transformada em imagem digital (um arquivo binário associado a um arquivo ASCII de orientação interior que reproduz em meio digital a imagem scannerizada). A imagem analógica é captada pela câmara digital e representada por uma matriz regular de pixels (picture elements) em que cada pixel é associado a um DN (digital number) representando um tom de cinza ou tom de RGB da cena original. Os formatos desses arquivos binários podem ser especificados como VIT, TIFF, etc.

O equipamento utilizado nesta etapa foi a Estação de Scannerização Leica DSW 100, utilizando o Software Scan da Leica Helava, onde o diapositivo de cada uma das sete fotografias aéreas foram scannerizadas com uma resolução de 1016 dpis gerando arquivos de 81 Mb cada uma. Os arquivos gerados estão numa extensão (.VIT), que só podem ser abertos em softwares específicos, como o Socet 4.0 da Leica Helava.

O processo de scannerização para fins fotogramétricos é específico, a começar pelo equipamento, o "Scanner" que possui características especiais, tais como parâmetros óticos calibrados, fonte de luz separada do corpo do scanner, etc. Determina-se antes da scannerização alguns parâmetros radiométricos a serem utilizados, tais como brilho, contraste, etc., a fim de assegurar a qualidade visual da imagem.

A orientação interior do diapositivo é feita através da leitura das marcas fiduciais, onde é feito um processamento matemático considerando essas leituras e a câmara utilizada (distância focal calibrada, coordenadas das marcas fiduciais).

A manipulação dos diapositivos em todas as etapas deve ser bastante cuidadosa. Também o posicionamento correto em relação ao sentido de vôo é de suma importância ( $\kappa$  0,90; 180 ou 270).

A etapa de scannerização realizada no equipamento disponível na empresa que gerou a ortofoto toma bastante tempo e dá origem à arquivos como os especificados a seguir:

*Tabela 8.3.4.1 - Relação entre tempo de scannerização e tamanho de arquivo*

<b>Diapositivo</b>	<b>Tamanho do Arquivo</b>	<b>Tempo de Scan</b>
P&B 1016 DPI	80 Mb	23 min
Colorido	240 Mb	1h 15 min
P&B 2032 DPI	330 Mb	1h 30 min
Colorido 2032 DPI	900 Mb	*****

*Fonte: Esteio/1998*

### **8.3.5 Processo de Orientação das Imagens**

#### **8.3.5.1 Orientação Absoluta do Diapositivo**

A imagem raster do diapositivo scannerizado necessita ser orientada a fim de se poder utilizá-la para qualquer aplicação. O processo de orientação se dá através da leitura dos pontos pugados, os quais tem as coordenadas determinadas na etapa de aerotriangulação. A qualidade da pugagem depende muito da experiência do operador e da sua acuidade visual. É bom lembrar que todos os pontos definidos nos processos anteriores (pontos de apoio e de ligação de modelos) foram obrigatoriamente pugados. Dessa forma, o arquivo de pontos de apoio, que é fornecido em formato ASCII, deve de estar correto e coerente, sem repetição de pontos, x, y e z trocados, fora de ordem ou com falta de pontos, se valendo da codificação já mencionada anteriormente. Tais erros provocam a perda de considerável tempo e trabalho. Falhas nessa etapa serão fontes de erros visíveis principalmente na região de ligação entre duas folhas, ou seja, os detalhes não coincidirão. Nesta etapa, de geração da ortofoto propriamente dita, foi utilizada a Estação Fotogramétrica Digital Leica-Helava DPW 760 by com o Software SOCET SET 4.0.

#### **8.3.6 Modelo Digital do Terreno (MDT)**

O modelo digital do terreno juntamente com a orientação do diapositivo, constituem a etapa que mais contribui para a qualidade geométrica da ortofoto a ser gerada. O MDT é a informação altimétrica ou da topografia do terreno. Pode-se obter os dados para a geração do MDT a partir de vários métodos como, por exemplo, o perfilamento, prosa, restituição de curvas de nível, e pela geração automática. Para este trabalho deu-se relevância a geração automática do MDT, por ter sido o modelo usado para a geração da ortofoto.

Com o avanço da informática, foi possível desenvolver uma técnica para a geração de um modelo automático de terreno consistindo numa das técnicas mais recentes empregadas na aerofotogrametria. Alguns sistemas de produção de ortofoto permitem a geração automática do MDT. Através da correlação entre os pixels das imagens do modelo aerofotogramétrico, são calculadas as diferenças de altitudes para

cada ponto da malha regular. Sendo assim, para a área a ser coberta pelas ortofotos, deve-se preparar um modelo digital do terreno. Isto significa que as altitudes, as quais estão arranjadas numa malha regular, têm que representar o terreno, em outras palavras, valores de altitude para cada pixel da ortofoto serão interpolados.

Vale a pena ressaltar que os erros altimétricos podem criar erros planimétricos na ortofoto. Nos cantos de cada modelo, os erros planimétricos atingem seu máximo e tem cerca da mesma magnitude do erro altimétrico. A precisão da elevação do modelo tem, portanto, uma grande influência na precisão da ortofoto. A precisão do MDT é melhorada utilizando *breaklines*, como por exemplo, rios e estradas.

As altitudes dos pontos fotoidentificáveis foram obtidas através do nivelamento geométrico. Devido a considerável distância em que se encontrava o RN=2006R do IBGE em relação aos pontos de apoio selecionados dentro da área de recobrimento, foram nivelados, dos oito pontos fotoidentificáveis, apenas quatro, todos praticamente no entorno da área de interesse, o que não diminui, de forma alguma, a acuracidade do ajustamento da aerotriangulação, etapa fundamental para o processamento da retificação diferencial quando da geração do MDT (Modelo Digital de Terreno).

### 8.3.6.1 Nivelamento Geométrico

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, em uma de suas normas, a NBR 13133 (1994), conceitua o nivelamento geométrico (ou nivelamento direto) aquele que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos.

Diante do exposto, procurou-se planejar e racionalizar o trabalho de nivelamento geométrico para a finalidade topográfica. Num primeiro momento pesquisou-se, além da referência de nível do IBGE (RN2006-R), a presença de outros referenciais confiáveis próximos a área de estudo, haja visto a localização do referido RN estar em solo geologicamente não estável, pois trata-se de um aterro de mangue. Um outro RN, instalado pela extinta empresa de Fotogrametria, Geofoto, no portão principal de acesso à penitenciária do Bairro Trindade, foi localizado, no entanto, em vão. A empresa responsável pela instalação da RN não existe mais e não foi possível a localização de nenhum projeto que a tivesse utilizado como referencial. A intenção

inicial era realizar o duplo nivelamento entre ambas, de forma a checar a significância da diferença de altitude existente entre elas e, conseqüentemente, fazer a opção por qual utilizar.

Devido ao insucesso, optou-se pela utilização da RN2006R, que trata-se de uma referência de nível de alta precisão preliminar (ainda não sofreu ajustamento), pelo fato da mesma estar servindo de referencial para a locação de um elevador de grande porte (Elevador do CIC), exatamente no mesmo local onde se encontra instalada.

Nesta etapa foi utilizado o Nível Ni 40 ZEISS (nível de bolha com micrômetro ótico) para o levantamento altimétrico. Foram utilizados dois suportes metálicos, colocados um ao lado do outro em alturas diferentes, para que a mira se apoiasse. A existência de dois planos de referência com o uso de suportes em alturas distintas, garante o duplo nivelamento, ou seja, serve de nivelamento e contra-nivelamento. Tomou-se o cuidado em manter uma equidistância relativa entre as visadas de ré e vante, pois a técnica garante uma maior precisão nas leituras, além de suprir uma eventual desretificação que o aparelho pudesse vir a apresentar. Partindo-se da RN2006R efetuou-se a primeira leitura (sentido ré) na mira apoiada verticalmente sobre a RN, depois, realizou-se a leitura da mira (sentido vante) em um dos suportes e depois no suporte seguinte; então, deslocava-se o aparelho para uma distância equivalente à primeira e lia-se a mira no mesmo suporte da visada anterior (sentido ré), para depois efetuar a mudança da mira e realizar a leitura no suporte inicial. Exemplificando, (SUP → AUX ; BIS → SUP). As visadas, em modo linear, foram repetitivas até se alcançar o marco (V001) com um erro absoluto de 3mm, para um percurso de aproximadamente um quilômetro. Este marco se tornou o segundo referencial de partida para o levantamento (a norma NBR 14166 o denomina de “Referência de Nível de Apoio Imediato”). A partir daí o levantamento altimétrico se deu em forma de circuito, onde nivelou-se além de quatro pontos fotoidentificáveis, mais alguns marcos da rede de pontos de controle planimétrico instalada no campus (Referências de Níveis Topográficas). Com um percurso de praticamente três quilômetros, fechou-se o circuito no mesmo ponto de partida com um erro absoluto de 7mm. Os erros atingidos estão dentro dos níveis máximos tolerados, segundo as Especificações para Nivelamento Geométrico do IBGE quando diz que “a qualidade dos trabalhos deverá ser controlada através das diferenças entre o nivelamento e contra-nivelamento, seção a seção e acumulado na linha, observando-se os valores limites de  $3 \text{ mm} \sqrt{k}$  ( $K = \text{distância}$

nivelada em quilômetros) para os levantamentos de alta precisão; de  $6 \text{ mm} \sqrt{k}$  para os de precisão em áreas mais desenvolvidas; e de  $8 \text{ mm} \sqrt{k}$  para as áreas menos desenvolvidas e o de  $12 \text{ mm} \sqrt{k}$  para os levantamentos locais. O quadro abaixo ilustra as altitudes alcançadas com o nivelamento geométrico no sentido de caminhamento descrito.

⇒ RN = Referência de Nível

⇒ V = Vértice da rede de pontos de controle planimétrico

⇒ PFT = Ponto fotoidentificável

*Tabela 8.3.6.1 Nivelamento Geométrico*

Ponto	Altitude		Ponto	Altitude
RN2006R	2.758 m		V-44	21.193 m
V01	2.540 m		PFT1004	12.900 m
V05	5.912 m		V-27	11.356 m
V06	9.345 m		V-17	8.168 m
V55	11.442 m		PFT1007	2.755 m
V54	15.308 m		PFT1006	1.908 m
PFT1002	12.349 m			

### 8.3.7 Retificação Diferencial

Com a geração do modelo digital do terreno em modo automático face ao nivelamento geométrico dos pontos fotoidentificáveis, a imagem digital pode, finalmente, ser transformada numa ortofoto. O princípio da Retificação Diferencial consiste em transferir tons de cinza da fotografia aérea para uma malha fina e regular que representa a projeção cilíndrica ortogonal do terreno (MDT).

É necessário encontrar o valor de cinza para cada pixel na ortofoto. Existem coordenadas (x, y, z) para todos os pontos do MDT. Suas posições na imagem digital são encontradas de acordo com as equações de projeção fotogramétrica. Os parâmetros das orientações interior e exterior são fundamentais nesta etapa. O valor de cinza relevante é encontrado através de uma conveniente interpolação com os pixels adjacentes (chamado reamostragem) e relacionado ao pixel da ortofoto. A fim de reduzir o tempo de processamento, esta análise rigorosa não é usada para cada pixel. Por conta disso, uma transformação linear é utilizada para a maioria dos pixels. A resolução da ortofoto a ser gerada, é determinada em função do equipamento em que será

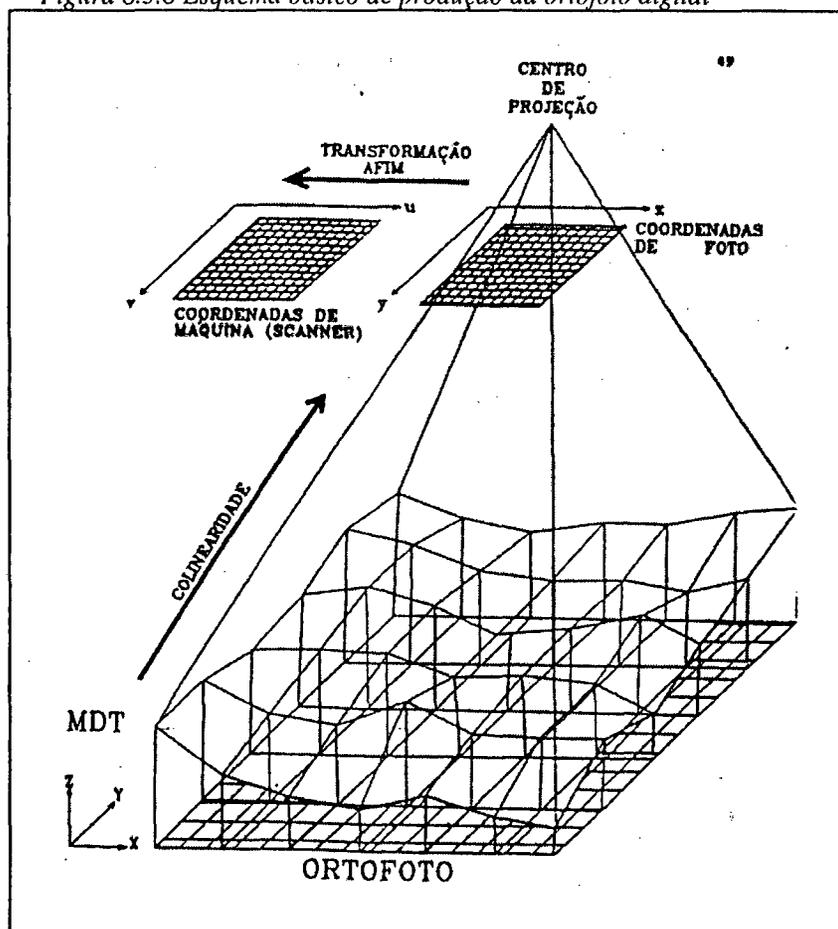
posteriormente manipulada e do plotter a ser utilizado para a geração do produto final convencional. Para uso convencional, onde as imagens são manipuladas em microcomputadores e plotadas a jato de tinta, as ortofotos são geradas com uma resolução de 127 dpi, conseqüentemente, um GSD = 0,40m.

$$GSD = \frac{\text{fator de transformação em polegada/metro X escala da foto}}{\text{resolução da imagem de saída}}$$

$$GSD = \frac{0,0254 \times 2.000}{127} = 0,40 \text{ m}$$

No método indireto de retificação diferencial, parte-se de uma malha regular do MDT e procura-se o tom de cinza correspondente na malha irregular de pixels da foto original. A figura abaixo ilustra convenientemente este aspecto.

Figura 8.3.8 Esquema básico de produção da ortofoto digital



Fonte: Almeida/1989

Resumindo, o processo de geração da ortofoto consiste em, através de métodos matemáticos, tornar homogênea a escala da imagem, de modo que cada elemento seja representado em sua correta posição e em escala constante, tornando-a equivalente a um mapa de traço. De acordo com o IBGE (1997), as imagens uma vez retificadas, conservam sua escala e o padrão de exatidão cartográfica entre 0,2 a 0,5 do fator de escala.

## 8.4 Produto Final

A geração do produto final compreende a obtenção da imagem em formato compatível com os sistemas gráficos mais comuns. Para o presente trabalho, o produto final foi gerado em cd-room. Além da ortofoto em meio digital (campus.tif), também foram geradas as imagens que deram origem a elaboração da ortofoto (num total de sete, cada uma com 81 Mbytes em formato VIT). Também são apresentados os dados vetoriais, como malha de coordenadas, curvas de nível, toponímias e dados técnicos. A apresentação dos produtos finais pode se dar de duas formas:

- i) Produto Convencional: Obtido através de plotters especiais, de alta resolução, em material estável.
- ii) Produto Digital: A apresentação dos produtos finais na forma digital é a mais moderna e a mais utilizada, pois se trata de arquivos raster e vetorial que formam a ortofoto digital. Esses arquivos, aliados à sistemas gráficos de manipulação, estão se transformando em ferramentas poderosas para estudos e projetos nas mais diversificadas áreas.

Para o armazenamento dos produtos digitais pode-se utilizar vários tipos de mídia, como os apresentados na tabela a seguir:

*Tabela 8.4 - Armazenamento de Produtos Digitais*

<b>Unidade</b>	<b>Tamanho</b>
CD-ROM	650 Mb
Disco Ótico	1,2 Gb
Fita Dat (8mm)	2 a 14 Gb

*Fonte: Esteio/1998*

## 8.5 Controle de Qualidade

A qualidade do produto final é definida em termos de qualidade geométrica e qualidade radiométrica ou visual. A qualidade geométrica diz respeito à exatidão das coordenadas dos diversos elementos na ortofoto. Utiliza-se medir as coordenadas dos pontos pucados na ortofoto e compará-las com as coordenadas do arquivo de apoio. Diferenças acima de determinado valor aceitável recomendam a revisão do processo. A qualidade visual diz respeito ao brilho, contraste, emendas, homogeneidade com as folhas adjacentes, etc.

Além disso outros elementos são considerados para a qualidade das imagens:

- i) tamanho do pixel;
- ii) o estado do negativo fotográfico;
- iii) qualidade do scanner;
- iv) limpeza e densidade do ortodiafilme digitalizado;
- v) a proporção entre a escala da foto e do produto desejado;
- vi) o algoritmo de retificação;
- vii) qualidade do plotter.

## 8.6 Precisão

A precisão relativa na ortofoto digital é diretamente relacionada com a escala da foto. Utilizando-se um scanner de qualidade e procedimentos adequados à fotogrametria, a precisão relativa pode chegar a 50 micra (0,050mm), na escala da foto. Por exemplo, a precisão relativa visando uma foto 1:10.000 é de 50 cm.

A precisão absoluta de uma ortofoto depende dos pontos de controle usados para orientar o diafilme da imagem digitalizada e da precisão do MDT usado na retificação. O tamanho do pixel da imagem deve ser adequado para a representação dos detalhes do terreno na escala do produto final, conforme tabela abaixo.

*Tabela 8.6 – Valores recomendados na relação Pixel X Escala*

<b>Escalã do Produto Final</b>	<b>Tamanho aproximado do Pixel</b>
1:250	0,025 m
1:500	0,050 m
1:1250	0,125 m
1:2500	0,250 m
1:5000	0,500 m
1:7500	0,750 m
1:15000	1,500 m

*Fonte: Meet National Map Accuracy Standards*

## **Capítulo 9 – REDE DE CONTROLE PLANIMÉTRICO**

### **9.1 Considerações**

A forma ideal de uma rede de pontos de controle, consiste em uma área composta de triângulos equiláteros. No entanto, devido a impossibilidade de se obter esse tipo de configuração para uma rede de controle dentro da área de estudos, práticas atuais de levantamento, favorecem uma triangulação reforçada com medições eletrônicas de distâncias, vários esquemas de poligonais e sistemas híbridos. No entanto, os procedimentos executados quando da tomada das observações e a coleta dos dados descritos neste trabalho, não favorece, a princípio, um processamento em forma de poligonais. Como regra geral para um exímio controle, a rede deve estabelecer-se como uma rede de pontos homogêneos simultaneamente compensados. A rede de pontos para controle planimétrico deve se apoiar em uma base que deverá ser medida no terreno. Definindo as coordenadas de um dos extremos desta base, bem como a sua orientação (azimute), a partir de um dos vértices da triangulação geodésica, tem-se a união desta rede, levantada topograficamente, à rede geodésica nacional.

Os atuais medidores eletrônicos (estações totais), aparelhos comumente usados em observações de distâncias, apresentam inúmeras vantagens em relação aos tradicionais medidores (teodolitos e distânciômetros), tais como: maior rapidez de leitura devido ao automatismo, facilidade na operação do equipamento, aparelhagem mais compacta e mais leve, maior poder de armazenagem de dados coletados, maiores recursos de cálculos e, sobretudo, precisões infinitamente superiores em relação a maioria dos aparelhos mais antigos. Entretanto, a exemplo de quaisquer outros instrumentos eletrônicos de medida, estes se tornam extremamente vulneráveis à ocorrência de erros sistemáticos, pois o equipamento mede, na realidade, uma diferença de fase que é convertida sucessivamente em intervalo de tempo e em distância e não a verdadeira grandeza. Diferentes tipos de erros, inerentes ao próprio equipamento, podem ser envolvidos num processo de medição eletrônica, sendo o erro da *medida da diferença de fase* decisivo na precisão dos equipamentos. A amplitude destes erros, bem como a influência sobre as medidas são variáveis, necessitando assim de um controle

rigoroso e periódico sobre os mesmos. É importante lembrar, que todo aparelho eletrônico faz uso de baterias e por isso, a manutenção regular das mesmas se torna imprescindível antes de se dirigir ao campo, no sentido de se evitar eventuais contratempos como a perda parcial ou total do serviço e a conseqüente duplicidade de esforços.

O seguro conhecimento das condições de funcionamento destes instrumentos através do ajuste de seu "setup", requerem o estabelecimento de metodologias que controlem a sua precisão para que os levantamentos executados possam atender às normas ou especificações estabelecidas para determinados trabalhos. Ressalta-se, no entanto, que alguns parâmetros como a temperatura local, pressão, são desprezíveis, pois pouco interferem no processo de medição em áreas relativamente pequenas e planas. Deve-se levar em conta estes parâmetros quando o levantamento for executado em áreas abrangentes e com significativas diferenças de níveis.

## 9.2 Materiais e Equipamentos Disponíveis

- i) Arquivos das ortofotos digitais do ano de 1994;
- ii) Ortofotocartas na escala 1:2.000 do ano de 1994;
- iii) Plano Diretor Físico - Diagnóstico 1997; trabalho desenvolvido pelo ETUSC a partir de agosto de 1994;
- iv) Estação Total TC600 marca Leica, para o levantamento das observações angulares e medições das distâncias entre os vértices da rede de pontos de controle planimétrico. A Estação tem memória interna para a gravação de 2000 pontos ou 4000 coordenadas e lista de códigos alfa-numéricos;
- v) Conjunto de Prismas (três prismas e suporte de apoio e bipé);
- vi) uma trena de 30 metros;
- vii) um par de balizas;
- viii) Software TC600 Tools Versão 1.0 da Leica; utilizado para a transferência e conversão de dados da Estação Total para o Micro em forma de texto livre, além de permitir a conversão para o formato usado em softwares de pós-processamento;

- ix) Microcomputador Pentium-II 266Mhz, conforme descrito anteriormente no item 8.2.2.1, utilizado em todas as etapas do trabalho e da dissertação;
- x) Software Softdesk Versão 8.0 da Autodesk - Módulo Civil, gentilmente emprestado pela Manfra & Cia. Este software tem como plataforma de trabalho o AUTOCAD R14 e foi utilizado para o ajustamento das observações;
- xi) Sistemas CAD AutoCad R14, utilizado para a vetorização “on screen” e a manipulação de layers gráficos. O hardware recomendado para o uso adequado deve ter como configuração mínima: Pentium 100MHz, 32 MB de memória RAM, 50 Mb de espaço livre no HD.

### 9.3 Requisitos para a Implantação da Rede

Para que o método de levantamento topográfico eletrônico, utilizando Estação Total, seja exequível, torna-se necessário a racionalização de algumas etapas preliminares, antes de se partir para o campo. O planejamento para estabelecer a técnica de levantamento a empregar e a organização das etapas de trabalho se fundamenta em algumas necessidades primordiais. São de fundamental importância, primeiramente, que se estabeleça as seguintes necessidades:

i) *Normatização Institucional*: Trata-se dos trâmites legais para a obtenção de apoio financeiro e institucional para o desenvolvimento das atividades de levantamento. Geralmente, a alocação de recursos financeiros para determinadas fases de um projeto, tipo “pronto pagamento”, contribuem na otimização das etapas do projeto. A partir da aprovação, por parte do interessado, das normas inerentes ao processo, geralmente em termos contratuais, regulamentando as atividades e procedimentos para a execução do projeto, pode se dar início aos trabalhos de levantamento.

ii) *Definição de Pessoal Qualificado*: A definição da equipe técnica é, sem dúvida, uma das etapas de maior importância, pois junto à ela, deve-se efetuar, na medida do possível, dentro do provisionamento orçamentário, treinamentos e cursos de reciclagem e de capacitação, embasados na teoria e prática de levantamentos. A familiarização com as mais diferentes técnicas praticadas em campo, assim como a

interação com o ambiente computacional em uso, são vitais para a coleta e o processamento das informações ou, simplesmente, a manipulação de arquivos gráficos. Deve-se buscar a afinidade entre seus integrantes no sentido de se evitar divergências técnicas e antipatias pessoais. Alguns requisitos mínimos de conhecimentos teóricos e práticos, também são exigidos para o cumprimento das tarefas planejadas em nível auxiliar. Para esse nível, noções básicas de topografia, fotogrametria e geodésia são elementares, no entanto, o acompanhamento técnico por parte de profissionais dedicados, como agrimensores, cartógrafos e/ou geodestas se torna de vital importância no intuito de solucionar eventuais embaraços técnicos.

iii) *Procedimentos Técnicos*: Estes estão diretamente relacionados à escolha do melhor método ou técnica a empregar diante da mão de obra e equipamentos disponíveis e de suas precisões em termos de acurácia; do correto manuseio de softwares dedicados ao geoprocessamento; dos recursos financeiros alocados ao projeto e da capacitação técnica dos integrantes da equipe. São os procedimentos técnicos adequados, que garantirão os resultados esperados em termo de qualidade, eficácia e precisão do levantamento.

## **9.4 Operações de Campo**

As operações de campo para a elaboração de uma rede de pontos de controle planimétrico de uma base geométrica, constitui-se de etapas definidas a partir da implantação e materialização dos vértices; escolha e medida da base de referência; execução de observações de ângulos e medidas de distâncias entre os diversos vértices que a compõe. Abaixo segue a descrição de cada uma delas com as suas particularidades inerentes.

### **9.4.1 Escolha e Materialização dos Vértices**

Para o início desta etapa, contava-se com três bases, previamente estabelecidas, cujas coordenadas de seus vértices, foram determinadas através de rastreamento com equipamentos GPS geodésico (MCFT-MCES; MCFT-V001; MCES-V001), retratando uma figura geométrica triangular, devidamente monumentalizada e georeferenciada ao SGB, conforme descrito anteriormente nesta dissertação. Apenas uma delas (MCFT-MCES) possuía a intervisibilidade entre seus vértices quando da sua

determinação. Por estarem os vértices destas bases localizados em posições marginais ao campus universitário, houve a necessidade imediata de densificar um maior número de pontos de controle planimétrico, constituindo uma rede de pontos, de forma a recobrir amplamente o espaço físico da área de aplicação. A finalidade desta rede é garantir o verdadeiro posicionamento espacial das edificações e a implantação de novas unidades edificadas, bem como ao atendimento às necessidades de definição das feições após o voo de recobrimento. A base geométrica rígida do sistema de informações cadastrais e o alcance de um padrão de exatidão cartográfica desejável também são finalidades primordiais da rede de pontos de controle planimétrico.

A escolha do local de materialização dos vértices por meio de marcos (pilares) de concreto, deveu-se ao estudo preliminar da ortofotocarta existente e a Planta Geral do Campus produzida pelo ETUSC, aos documentos cartográficos que se encontravam disponíveis, para que se pudesse estabelecer locais propícios à instalação dos mesmos, de forma que, cada unidade ou grupo de edificações pudessem se situar diante de, no mínimo, dois pontos de controle. A materialização dos vértices obedeceu às especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos do IBGE/1988.

Atualmente, a rede de pontos de controle planimétrico se encontra materializada com um total de 60 (sessenta) vértices, sendo 05 (cinco) aproveitados de estudos anteriores. Destes, três marcos afloram rente ao solo e dois afloram por um metro acima (MCFT = 93 ; MCEs = 93). Os vértices, em número de 55 (cinquenta e cinco) foram instalados recentemente. Os novos marcos são de forma piramidal, de acordo com a figura exibida abaixo, tendo como base a dimensão de (0,25 X 0,25 metros), altura de 0,40 metros e o topo (0,15 X 0,15 metros), com uma chapa metálica cravada ao centro com os dizeres UFSC e o seu respectivo código gravado; afloram aproximadamente 10 centímetros do solo.

#### **9.4.2 Escolha e medida da base**

Quando se torna possível a utilização de dois vértices geodésicos, dispensa-se a medição da base. Como descrito anteriormente, dispõe-se de uma figura triangular devidamente ajustada e cujos vértices foram determinados com uma precisão geodésica. A NBR 14166, que trata dos procedimentos para a implementação de uma Rede de Referência Cadastral Municipal, denomina estes vértices rastreados e

georeferenciados ao SGB, como “Marcos Geodésicos de Apoio Imediato”. Uma vez conhecida os valores de suas coordenadas, pode-se determinar as distâncias entre eles, bem como a orientação (azimute) entre os mesmos.

Devido a falta de intervisibilidade entre os marcos (MCFT-MCES), ocupou-se um dos vértices (MCFT) e tomou-se a orientação de ré para o ponto fotoidentificável (PFTI 1004), cujas coordenadas também foram determinadas por rastreamento GPS. Por ser a única intervisibilidade disponível entre pontos de coordenadas conhecidas, estes marcos serviram de referencial de partida para a coleta, processamento e pós-processamento das observações topográficas realizadas.

### 9.4.3 Aquisição dos Dados

A medição dos ângulos e dos lados foi efetuada com a Estação Total Alfanumérica TC600 da Leica, cuja precisão 5” (classificada como média precisão segundo a NBR 13133) é julgada aceitável para a finalidade do trabalho. Para a medida de distância, o instrumento alcança uma precisão de 3 mm +3 ppm e o alcance de 1100 metros usando apenas um prisma (em condições normais). Possui correções automáticas para os erros de colimação e desvio vertical, curvatura terrestre e refração atmosférica, segundo seu manual de operação.

Os dados foram coletados simultaneamente nas posições diretas e invertidas (face 1 e face 2) para o mesmo ponto, registrando na memória do equipamento medidor apenas a face 1, devido a ausência da informação para registro na memória do equipamento no momento da coleta. A identificação das observações em modo invertido (face 2) só se tornou possível graças a coleta dos ângulos zenitais. Foi usada a técnica que não requer um referencial fixo como estação de ré para o procedimento das observações. Desta forma, foi executada a medição dos ângulos horizontais e verticais para todos os pontos intervisíveis entre si em modo radial (irradiação). Este processo requer que as observações sejam feitas em seqüência e no sentido horário com a luneta no modo direto. Após a última leitura da série, procede-se a basculação da luneta (giro completo em torno do seu eixo vertical e horizontal) e, mirando-se a luneta no mesmo ponto intervisível, em sentido anti-horário, procede-se seqüencialmente as leituras dos demais pontos convergindo para o ponto inicial. Esta

técnica minimiza, também, a presença de erros sistemáticos e supre uma eventual desretificação do aparelho medidor utilizado.

Em momento algum, foi tomada a altura do instrumento, nem mesmo a altura do prisma. Este procedimento foi realizado para todos os pontos de controle da rede, para que se pudesse somar o maior número de triângulos possíveis. No entanto, devido a grande densificação de edificações no campus, verificou-se que o número de triângulos obtidos estavam praticamente na mesma proporção que o número de polígonos com mais de três lados e, conseqüentemente, a distribuição dos pontos exibiam uma rede de configuração mista. O trabalho foi desenvolvido, em grande parte, diante de um grande fluxo de pedestres (estudantes) e automóveis, o que, de certa forma, não consiste num cenário ideal para o tipo de trabalho, acarretando com isso, a tomada das observações de uma forma não adequada diante da impossibilidade de se ver o pé da baliza, e um tempo demasiadamente longo para a coleta dos dados. O melhor dia de trabalho era o Domingo, pois o campus universitário se encontrava praticamente vazio e livre de obstáculos para as visadas.

#### **9.4.4 Processamento dos Dados**

A Estação Total utilizada gera arquivos na extensão (.dat), quando está em operação. Para que esses dados se tornem compreensíveis, há necessidade de se utilizar o Software Tctools da Leica para a transferência e conversão de dados para o computador. Esta função do software converte coordenadas de um arquivo no formato ASCII para um arquivo no formato GSI "de forma livre tipo texto". O banco de dados coletados durante todo o processo de levantamento foi modificado e estruturado através de um editor de texto de tal sorte que o software utilizado para fazer o ajustamento simultâneo pudesse entender. O arquivo original trazia uma gama variada de dados codificados de maneira errônea totalmente nocivos ao processo de ajustamento, o que impossibilitou a conclusão do processo de ajustamento das observações.

#### **9.5 Ajustamento das Observações**

Numa rede de pontos de controle, o engenheiro agrimensor, cartógrafo, ou qualquer outro profissional dedicado necessita conhecer ângulos e distâncias para efetuar o transporte de coordenadas. A medida angular entre dois lados

consecutivos constitui um exemplo de observação direta, isto é, de observação que processamos diretamente sobre a grandeza procurada.

Para medir uma grandeza é necessário compararmos com outra, da mesma espécie, denominada unidade. Comprovadamente, nem equipamentos de medição da mesma marca conseguem registrar, exatamente, as mesmas medidas quando da determinação de uma mesma base, quem dirá entre marcas diferentes. Sendo assim, a distância medida exibida pelo dial de um equipamento eletrônico não pode ser enfocada como uma medida de verdadeira grandeza.

No entanto, com os avanços da Estatística, módulos de tratamento estatístico de alguns softwares existentes no mercado, desenvolvido por especialistas no assunto, proporcionam a facilidade de trabalhar modelos matemáticos envolvendo cálculos matriciais de elevadas dimensões, trazendo uma significativa contribuição no sentido de uma generalização do ajustamento de observações pelo M.M.Q de Gauss, corrigindo desta forma, os inevitáveis erros, seja do equipamento utilizado em campo durante a mensuração, seja do operador ao utilizá-lo, face a indevida instalação e má operacionalidade do equipamento.

A rede de pontos de controle planimétrico da UFSC, com a atribuição de um código identificador para cada estação é composta basicamente de observações de direções horizontais, distâncias inclinadas e ângulos verticais. As observações das distâncias zenitais (ângulos verticais), não foram aproveitadas. Sendo assim, as estações da rede de pontos de controle sofreu uma tentativa de ajustamento simultâneo de modo bidimensional (N,E).

Devido a liberdade dada ao modo de coleta das observações entre estações intervisíveis, comprovou-se a necessidade do tratamento automatizado das direções horizontais através do seu armazenamento em meio magnético, crítica e a verificação do atendimento às especificações para fechamento angular e linear. Estas tarefas foram desenvolvidas segundo as etapas abaixo:

- i) Transposição das informações coletadas através da estação total para as estações codificadas;
- ii) Impressão e correção dos dados contidos em cada estação;
- iii) Crítica dos dados impressos (análise).

O módulo “Civil” do Software Softdesk, aqui adotado para efetuar o ajustamento da rede de pontos de controle planimétrico, possui os meios necessários para realizar um ajustamento bidimensional e tridimensional de distâncias e ângulos de poligonais e redes topográficas, pelo Método dos Mínimos Quadrados de Gauss. O método resolve, interativamente, a equação matricial indicada abaixo:

$$X = (A^T P A)^{-1} A^T P L$$

Onde  $X$  é a matriz que contém as diferenças entre as coordenadas correntes e as novas coordenadas de cada estação desconhecida,  $A$  é a matriz criada a partir das observações e das coordenadas de cada ponto, baseada no método de linearização de Taylor,  $P$  é uma matriz diagonal contendo os valores das Precisões (desvio padrão) ou dos pesos de cada observação, e  $L$  é a matriz que contém as diferenças entre as observações medidas e as observações calculadas. Maiores informações sobre a aplicação do M.M.Q. no ajustamento de observações utilizando o módulo “civil” do Softdesk pode ser consultado em Anexos F. No entanto, alguns cuidados preliminares e indispensáveis, podem vir a contribuir sobremaneira, para a qualidade dos dados coletados que serão imputados no processo de ajustamento, mediante o expurgo antecipado de observações que fogem aos parâmetros.

Para que um polígono cumpra as condições de geometria, as suas medidas angulares e lineares devem estar correspondentes as condições geométricas exigidas pela figura. A soma interna de cada triângulo é  $180^\circ$ . Havendo um erro de fechamento ( $\epsilon_1$ ) maior que a tolerância, face aos inevitáveis erros de observação, esse deverá ser distribuído igualmente para cada ângulo do triângulo.

Analogamente, para um vértice de onde se parte inúmeras observações, a soma dos ângulos ao seu redor soma  $360^\circ$ . Havendo a extrapolação do erro de fechamento angular tolerável ( $\epsilon_2$ ), este deverá ser distribuído proporcionalmente ao número de polígonos gerados.

Para a determinação de algumas propriedades trigonométricas de um triângulo deve-se fazer uso das seguintes leis clássicas:

*Lei dos Cossenos: “Num triângulo qualquer, o quadrado de um lado é igual à soma dos quadrados dos outros dois lados, menos o duplo produto desses dois lados pelo cosseno do ângulo formado por eles.”*

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \hat{A}$$

*Lei dos Senos: "Em qualquer triângulo, as medidas dos lados são proporcionais aos senos dos ângulos opostos e a constante de proporcionalidade é a medida do diâmetro da circunferência circunscrita".*

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

Com o intuito de eliminar erros grosseiros, procedeu-se uma exaustiva crítica dos dados coletados e a conseqüente eliminação de observações esdrúxulas, observações estas, totalmente incompatíveis com as homólogas em modo de coleta.

Para a utilização da ferramenta de ajustamento de redes topográficas do módulo "Civil" do Software Softdesk, são necessários alguns procedimentos como os parâmetros do equipamento utilizado para as medições, tolerâncias angulares e lineares aceitáveis em função da precisão relativa requerida. O software exige ainda um ordenamento dos dados, de forma que se obtenha uma continuidade entre as intervisibilidades, evitando, desta forma, a presença de lacunas (buracos). Maiores detalhes do arquivo de observações e dos parâmetros utilizados para o ajustamento global podem ser consultados nos anexos G.

## 9.6 Produto Final

A coleta dos dados gerou uma configuração mista de triângulos e poligonais. A proporção entre ambos ficou em torno dos 50%. A figura abaixo demonstra de um modo aproximado, a configuração da geometria da rede de pontos de controle, caso houvesse um "bom ajustamento" das observações. O produto final consistiria num arquivo vetorial de pontos de controle devidamente ajustados pelo Método dos Mínimos Quadrados de Gauss. As elipses geradas em torno de cada ponto significa a propagação de erros gerados a partir das injunções fixadas para o ajustamento (VT001 – MCES – MCFT). Quanto maior a elipse maior será a probabilidade de haver erros de posicionamento.

Figura 9.6 – Geometria da Rede de Pontos Topográficos



## 9.7 Precisão

Nos levantamentos topográficos regulares, diante da precisão dos instrumentos de medida e processos de cálculos empregados, admitem-se erros relativos da ordem de 1:200000 (Loch e Cordini, 1995). Isto significa a admissão de um erro da ordem de 10 cm em 20 km. Diante da inconsistência dos dados coletados face aos erros angulares verificados nas observações, não foi possível a obtenção do bom ajustamento da rede de pontos de controle planimétrico neste trabalho, mas esperava-se um bom ajustamento com uma precisão relativa da ordem de 1:10000, o que significa a admissão de um erro da ordem de 10 cm em 1 km.

## **Capítulo 10 – REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA**

### **10.1 Generalidades**

A superfície da Terra é uma superfície curva irregular, porém aproxima-se a um elipsóide, sendo possível a transformação desse elipsóide em uma esfera com a mesma superfície. No entanto, é impossível fazer uma cópia plana desta superfície, sem que haja alterações onde poucas grandezas podem ser mantidas. A superfície física ou superfície topográfica corresponde a configuração mais externa da Terra, na qual podem ser observadas as variações do relevo, caracterizando-a como uma forma irregular na parte continental do globo terrestre. É sobre esta superfície que são desenvolvidas todas as atividades de levantamentos topográficos.

O geóide é a forma da superfície terrestre que mais se aproxima do nível médio do mar, gerada a partir do campo gravitacional que atua sobre a Terra. Tratando-se de uma superfície equipotencial, em qualquer ponto desta a direção da vertical ou do prumo aponta para o centro do geóide. Nas medições topográficas desenvolvidas sobre a superfície física da Terra é o geóide quem determina a orientação horizontal do plano topográfico do instrumento.

O elipsóide de revolução ou de referência é uma superfície matemática teoricamente definida a partir de dois semi-eixos (polar e equatorial). Esta superfície é utilizada como referência tanto pela geodésia matemática como pela cartografia, para a projeção dos pontos da superfície terrestre sobre um plano de representação.

As cartas são uma maneira eficiente de apresentação de uma grande quantidade de informação sobre objetos e seus relacionamentos espaciais em relação ao geóide e ao elipsóide tomado como referência. Uma carta temática apresenta informações de variações espaciais de um único fenômeno ou relacionamento entre fenômenos. São mapas especializados e mostram que a cartografia de elementos isolados é um instrumento de análise científica e econômica do espaço geográfico. A elaboração de mapas temáticos é obtida a partir da fotointerpretação de fotografias

aéreas aliado a trabalho de campo e seu lançamento sobre a base cartográfica se dá através de processos de restituição. Neles é destacada a importância relativa de cada característica específica de interesse para análise e seu significado no conjunto.

Uma planta é a representação cartográfica plana de uma área de extensão pequena, de modo que a curvatura terrestre não precisa ser considerada, conseqüentemente mantendo a homogeneidade da escala.

## **10.2 Materiais e Equipamentos**

Os materiais e equipamentos necessários para elaboração de uma carta temática aplicando o método híbrido, consiste na ortofoto em meio digital devidamente georeferenciada e os croquis de posição das edificações do campus com as suas referidas medidas tomadas a trena. Torna-se necessário uma estação total para o georeferenciamento das edificações cujas feições não estejam evidentes na imagem devido ao sombreamento e uma trena para medir as edificações em campo, além de softwares específicos para o tratamento e vetorização da imagem. Para que se possa processar todas as informações torna-se necessário um microcomputador com uma memória RAM de pelo menos 30 Mb, visto que as imagens raster ocupam muita memória. Os procedimentos descritos a seguir são essenciais na obtenção do produto final.

## **10.3 Vetorização**

Os arquivos gráficos vetoriais tem apenas três tipos de entidades, que são: pontos, linhas e polígonos. Nesta fase a utilização de softwares dedicados a vetorização da imagem raster associados aos modernos equipamentos e técnicas de levantamentos topográficos contribuem de forma eficaz na elaboração de uma carta temática. Atualmente o processo de vetorização de imagens raster ainda se dá de forma complexa, não sendo possível a obtenção do produto vetorizado de forma automática para as imagens com diferentes níveis de cinza. Para isso utiliza-se softwares como o AutoCAD R-14, que através de seus aplicativos, permite que se realize a vetorização “on screen”, ou seja, em tela, cuja precisão gráfica vai depender da acuidade visual do operador. Foi lançado recentemente no mercado o Autocad 2000 que possui um

aplicativo denominado GTX que possibilita a vetorização automática da imagem desde que a mesma seja adquirida em modo bitonal, ou seja preto e branco (válida somente para traço). Ainda de forma semi-automática existe no mercado softwares como o I/GEOVEC, que permite vetorizar imagens raster binárias, utilizando a imagem raster como “back Ground” (pano de fundo) e o Software MicroStation Descartes que trabalha com imagens em níveis de cinza, mas que requer estudos aprofundados para a sua operacionalidade.

#### **10.4 Otimização Topográfica**

Consiste num processo de informações físico-espaciais produzidas totalmente no campo, que deverá obedecer os limites de precisão da legislação cartográfica e ABNT. A topografia se mostra uma técnica adequada para a otimização (atualização) de mapeamentos cadastrais urbanos, além de poder gerar a base cartográfica, essencial aos sistemas de informações, por ser uma técnica que possui fácil adequação aos profissionais locais, bastando para isso, que se indique a precisão dos levantamentos topográficos e os pontos que foram utilizados para a amarração dos trabalhos, bem como os equipamentos utilizados e sua precisões.

A otimização topográfica na utilização do método híbrido é essencial ao processo de elaboração do produto cartográfico, face a incompleta definição das feições verificadas na ortofoto. O bom ajustamento da rede de pontos de controle planimétrico é que garante a rigidez da geometria e o perfeito posicionamento das edificações com as suas devidas coordenadas de localização.

#### **10.5 Cadastro das Edificações**

O levantamento Cadastral, aqui enfocado, se restringe apenas a coleta de detalhes mensuráveis de cada edificação. O levantamento dos pontos de quebra de uma edificação se dá através do uso de equipamento eletrônico. Geralmente, as estações totais permitem em sua memória, a gravação de alguns milhares de pontos e até mesmo a sua codificação. Isto facilita o trabalho de desenho em ambiente computacional, a partir do momento em que se obtém a interface equipamento-software, pois a captura dos dados pela estação total se dá em arquivos passíveis de transferência para o software de desenho utilizado.

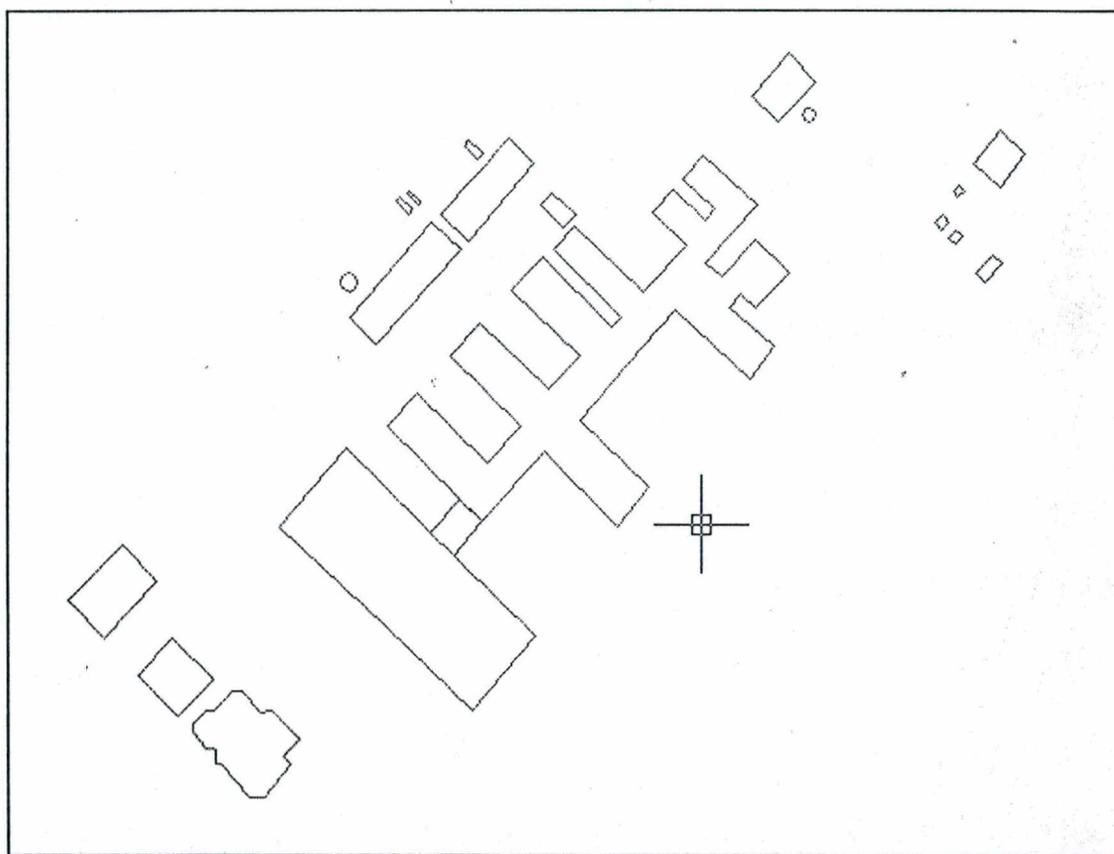
Figura 10.5 (a) – Vista parcial da vetorização "on screen" do Hospital Universitário



Normalmente, as dificuldades encontradas para um bom cadastramento consiste naquelas edificações que apresentam inúmeras faces, que, de certa forma, dificultam bastante o seu levantamento detalhado a partir da ocupação dos pontos de controle planimétrico. Nestas circunstâncias, o levantamento topográfico com o uso de equipamentos eletrônicos se tornam complexos e nem sempre com resultados satisfatórios. Diante do exposto, torna-se viável para o correto posicionamento em planta, o levantamento de apenas dois pontos extremos em uma das testadas de cada edificação através de um ponto de controle, quando não se obtém na ortofoto, a visibilidade perfeita da base de pelo menos uma testada da edificação. A partir daí as faces de cada edificação deverão ser medidas à trena e, obrigatoriamente, acompanhadas de um respectivo croqui, que deverá ser desenhado, *in loco*, contendo toda a edificação, em escala apropriada, que proporcione um bom nível de detalhe (escala sugerida - 1:500), contendo além das medidas relativas a cada face, o nome, número e código da edificação, se houver. Isto facilita ao operador do software desenhar a edificação no computador sem margens de dúvida. A justificativa para tal

procedimento técnico é a impossibilidade de se levantar, de forma global, todas as faces da edificação a partir de um único ponto de controle. É desaconselhável a ocupação de mais de um ponto de controle para o levantamento topográfico de uma edificação, devido a provocação de deslocamentos provenientes dos variados erros imputados no processo de medição topográfica. Tais deslocamentos são facilmente perceptíveis no momento da elaboração do desenho, comprometendo desta forma, a perfeita geometria exibida pela edificação.

*Figura 10.5 (b) – Vetorização “on screen do Hospital Universitário*



Uma vez levantados topograficamente dois pontos de amarração, o cadastro complementar das medidas das outras faces deverão ser feitos à trena, que consiste no melhor modo de se obter a aproximação da real medida da edificação. Deve-se estudar entre os métodos da extensão, ortogonal e polar, qual o procedimento mais indicado para o levantamento dos detalhes. No formulário do croqui ainda poderão constar informações que poderiam compor um banco de dados elementares ao Sistema de Informações Cadastrais. Um exemplo simplório de uma modelagem de dados para o subsistema edificações é mostrado mais adiante.

## 10.6 Elementos Fundamentais de uma Carta

Sendo uma carta ou mapa a representação da superfície terrestre, em dimensões reduzidas, é preciso associar os elementos representáveis à símbolos e convenções. A carta ou mapa tem por objetivo a representação de duas dimensões, a primeira referente ao plano e a segunda à altitude. Desta forma, os símbolos e cores convencionais são de duas ordens: planimétricos e altimétricos. Se o símbolo é indispensável em qualquer tipo de representação cartográfica, a sua variedade ou a sua quantidade acha-se sempre em função da escala do mapa.

*TÍTULO/SELO:* Além de descrever o propósito da carta, traz também o nome da instituição executora, bem como o ano da conclusão do trabalho de representação, portanto, deve estar em local de destaque.

*ESCALA:* É definida como a relação existente entre as dimensões das linhas de um desenho e as suas homólogas. Uma escala é tanto maior quanto menor for o denominador. A escolha da escala deve ser feita em função das informações que a carta deverá conter. A escala correta depende da resolução do dado original, bem como do nível de detalhe que o usuário deseja incluir na carta. A escala deve estar localizada em uma posição de destaque na carta e pode ser representada em escala numérica ou gráfica. As escalas numéricas referem-se às medidas lineares. Ela indica quantas vezes foi ampliada ou reduzida uma distância. A ampliação numa escala numérica é mais susceptível de erros que a redução., portanto, quanto menor for a escala, maior será o erro admissível. A escala gráfica tem vantagens sobre as outras, pois será ampliada ou reduzida juntamente com a carta, através de métodos fotográficos ou copiadoras, podendo-se sempre saber a escala do documento com o qual se está trabalhando. Sendo assim, a consulta a “NBR 8196 (out/1983) – Emprego de Escalas em Desenho Técnico – Procedimentos” é de fundamental importância.

*TAMANHO:* Depende do propósito da carta e das limitações do dispositivo de saída do usuário. Para a representação de desenhos, a ABNT através de sua norma “NBR 10068 (out/1987) – Folha de Desenho – Layout e Dimensões – Padronização”, estabelece formatos de papel, os quais devem ser sempre utilizados em trabalhos oficiais. O formato básico é o A0, do qual derivam os demais formatos, que é a indicação do corte do papel.

Tabela 10.6 – Formatos de Papel para Desenho

Formato	Altura	Comprimento
A0	841 mm	1189 mm
A1	594 mm	841 mm
A2	420 mm	594 mm
A3	297 mm	420 mm
A4	210 mm	297 mm

Fonte: ABNT/1987

**LOCALIZAÇÃO:** Toda carta deve trazer um sistema de coordenadas pois a sua confiabilidade está diretamente relacionada ao confronto do elemento de interesse com o espaço que o contém.

**LEGENDA:** A legenda é uma classe ligando atributos não-espaciais a entidades espaciais. A posição de uma legenda é escolhida de modo a não causar dúvidas quanto ao objeto a que se refere. Tratando-se de localidades, regiões, construções, obras públicas, etc, o nome deve ser lançado paralelamente aos paralelos de quadriculagem, sem encobrir outro detalhes importantes. As inscrições marginais são lançadas paralelamente à borda sul da moldura da folha, exceto saídas de estradas laterais.

**COR:** As cores mais utilizadas obedecendo as convenções cartográficas existentes são: Preta (para as toponímias e textos em geral), Vermelha (usada para o sistema viário), cian (hidrografia) e sépia (para a altimetria).

**CLARIDADE e LEGIBILIDADE:** É a qualidade de uma carta cuja informação procurada pode ser facilmente encontrada, diferenciada entre outras e memorizada sem esforço. A legibilidade pode ser obtida pela escolha apropriada de linhas, formas e cores e por suas delineações precisas e corretas. As linhas devem ser claras, finas e uniformes. A forma dos símbolos utilizados não devem ser confusos. Para tanto a consulta as convenções cartográficas existentes, bem como às normas técnicas da ABNT, se tornam imprescindíveis.

- i) NBR 8402 (mar/1984) – “Execução de caracteres para escritas em desenho técnico – procedimentos”
- ii) NBR 8403 (mar/1984) – “Aplicação de linhas, largura de linhas – procedimentos”
- iii) NBR 10126 (nov/1987) – “Cotagem em desenho técnico – procedimentos”.

- iv) NBR 10582 (dez/1988) – “Conteúdo da folha para desenho técnico – procedimentos”.

## 10.7 Produto Final

O produto final é um arquivo vetorial em meio digital que contém as edificações do campus apresentando também os dados vetoriais, como malha de coordenadas, curvas de nível, toponímias, convenções cartográficas, dados de selo e dados técnicos. A apresentação final poderá ser de forma convencional através da impressão em plotters a jato de tinta, em material de pouca dilatação preferencialmente polyester ou de forma digital. O armazenamento poderá ser feito em disquetes com a devida compactação dos arquivos que compõem o produto final.

## 10.8 Precisão

A precisão gráfica de uma escala empregada em uma representação cartográfica é a menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada em desenho por meio da mencionada escala. Pode, também, ser entendida como a menor dimensão gráfica percebida pelo olho humano, capaz de ser representada em planta. De acordo com as normas técnicas do IBGE (1983), a acuidade de observação da vista humana é da ordem de (0,0002 m = 0,2 mm). Sendo assim o erro gráfico permitido em uma carta pode ser determinado com a aplicação da seguinte relação:  $e_a = 0,0002 \times N$ , onde N = denominador da escala usada

A tabela abaixo exemplifica alguns erros gráficos admissíveis diante da escala usada na elaboração de um produto cartográfico.

Tabela 10.8 - Escala X Erro Gráfico

Escala	Erro Gráfico ( $e_a$ )
1/100	0,02 m
1/500	0,10 m
1/1000	0,20 m
1/2000	0,40 m
1/5000	1,00 m
1/10000	2,00 m

Fonte: Loch e Cordini/1995

## 10.9 Modelagem de Dados visando um SIC

Diante da grande complexidade que envolve a elaboração de um completo Sistema de Informações Cadastrais através de variados subsistemas derivados, neste trabalho só se faz uma abordagem ao Subsistema Cadastro das Edificações. Sendo assim, a aplicação de um BCI – Boletim de Cadastro Imobiliário para o levantamento da identidade das edificações se torna de fundamental importância. Estes devem conter campos para se coletar informações referentes ao nome da edificação, endereço da edificação (quadra, setor), às tipologias construtivas (tais como ano de construção, área construída, número de pavimentos, número de salas, testada principal, profundidade média, tipo de construção, uso, finalidade construtiva, número de sanitários, número de laboratórios, etc. Pode-se ainda levantar a sua classificação (administrativo, ensino, comercial, misto, etc.)

A introdução de um código de identificação além de permitir o desenvolvimento de modelos estatísticos de determinação do valor da edificação construída, favorece a descrição do perfil de ocupação do solo universitário. Segue abaixo um pequeno exemplo de codificação:

### *Subsistema I – Cadastro de Edificações*

#### **1- Finalidade Construtiva**

- 11- Edificação Administrativa
- 12- Edificação Educacional
- 13- Edificação Comercial
- 14- Edificação de Prestação de Serviços
- 15- Edificação Institucional (Fundações)
- 16- Edificações Associativas
- 17- Edificações Especiais
  - 171- Templos
  - 172- Museus
  - 173- Teatros
  - 174- Laboratórios

## **2- Classificação do Código de Finalidades**

21- Nome

22- Setor/quarteirão

23- Características Físicas

231- Finalidade

232- Uso

2321- Exclusivamente educacional

2322- Misto

233- Edificação

2331- Testada principal

2332- Profundidade média

2333- Número de pavimentos

2334- Área construída

2335- Figura

2336- Situação

2337- Ano de construção

2337- Padrão de acabamento

## 4ª PARTE: ANÁLISES E RECOMENDAÇÕES

### **Capítulo 11 - ANÁLISES**

#### **11.1 Considerações Preliminares**

Os documentos cartográficos além de resgatar a memória de um passado, torna-se de fundamental importância como elo do futuro, no momento em que serve de base a qualquer tipo de ação antrópica, sobretudo, quando a aplicação está relacionada ao planejamento, gerenciamento, monitoramento, análises e prognósticos do espaço físico e/ou meio ambiente.

Diante do acultramento cartográfico evidenciado em diversas regiões do país, a administração do campus da UFSC, em seus primórdios, também fez a sua parte, quando deixou de registrar, em nível de detalhamento adequado e de forma sistematizada, as inevitáveis transformações antrópicas ocorridas em seu solo ao longo dos anos, quando então, buscava-se a sua instalação definitiva, seu crescimento, desenvolvimento, uso e a ocupação do seu espaço físico. Quando o fazia, era de forma quase rudimentar, precária, em escalas incompatíveis e em longos intervalos de tempo, não conseguindo, em seus documentos cartográficos antigos, evidenciar riquezas de detalhes, muito menos, exibir parâmetros técnicos utilizados quando da elaboração do documento.

O Campus Universitário na Trindade, desde a sua fundação em 1960, carece de documentos cartográficos em séries temporais, que registrem de modo confiável as mudanças verificadas em sua área. Somente nos últimos anos, é que se percebe uma conscientização cartográfica, e uma preocupação com a qualidade dos produtos, quando fazem da Cartografia um meio de representação da dinâmica do espaço físico; quando adotam os produtos gerados como elemento suporte de fundamental importância ao planejamento e gerenciamento local. Também é notável o esforço do corpo técnico do Escritório Técnico Administrativo da UFSC – ETUSC quando busca a prática de tecnologias modernas de mapeamento, bem como o domínio

de ferramentas que manipulam arquivos gráficos e banco de dados relacionais, visando a conclusão do Plano Diretor Físico e a elaboração de uma Planta Geral do Campus Universitário.

Nos últimos anos, a administração universitária procura investir em equipamentos topográficos e aperfeiçoamento do seu quadro técnico na intenção de concluir o seu Plano Diretor Físico, gerar sua própria base cartográfica para a elaboração de um sistema de informações de campi. Diante da percepção das gradativas invasões em sua área marginal pela população que vive em seu entorno, a administração da UFSC procura somar esforços no sentido de conter tais abusos, quando faz do levantamento topográfico e aerofotogramétrico, meios de resgate da demarcação de seus verdadeiros limites e do registro e unificação de títulos de propriedades. Se apóia em produtos cartográficos existentes, quando procura mapear as atuais situações e/ou alterações do espaço físico ocupado; quando, de antemão, se depara com pequenas áreas para o planejamento da expansão de suas unidades edificadas e dos sistemas de circulação da população universitária. É dentro deste contexto que a elaboração de uma nova ortofoto em meio digital, devidamente georeferenciada às novas coordenadas do Sistema Geodésico Brasileiro, aliada à rede de pontos de controle planimétrico, vem a contribuir, significativamente, como suporte aos esforços do departamento na administração, planejamento e gerenciamento do espaço físico local.

Atualmente, o ETUSC conta com uma planta da situação físico-espacial do campus denominada "Planta Geral do Campus". O referido documento foi elaborado através da vetorização manual das ortofotocartas produzida em 1994, tendo como base o voo de recobrimento datado do mesmo ano. Diante do georeferenciamento e ajustamento dos pontos de controle nos modelos aerofotogramétricos, que deram origem a ortofotocarta, terem sido feitos inadequadamente, através de coordenadas retiradas graficamente da folha da carta, cuja escala era incompatível com o produto obtido, obviamente, já deixa suspeita a qualidade e precisão do documento cartográfico resultante, além dos diversos fatores imputados ao processo de vetorização, entre eles, a dilatação do papel e os erros grosseiros na identificação precisa das feições mapeadas provenientes da acuidade visual. Para complementar a má qualidade do produto, soma-se o levantamento topográfico local, para a atualização do espaço físico através de coordenadas locais arbitrárias sem um referencial fixo de coordenadas conhecidas, divergindo completamente do sistema de projeção até então usado na ortofoto. Outro elemento a considerar é o reajustamento sofrido pela rede geodésica brasileira,

promovido pelo IBGE em 1996, onde se presencia alterações significativas nos valores das coordenadas atuais em relação aos valores de suas coordenadas homólogas, desvalorizando ainda mais o produto cartográfico existente. Sendo assim, a qualidade geométrica exibida na planta geral do campus fica seriamente comprometida quanto a precisão do verdadeiro posicionamento das feições mapeadas.

## **11.2 Análise I (Processo Geodésico)**

### **11.2.1 Quanto a Utilização dos Equipamentos GPS**

O equipamento utilizado deve estar em perfeitas condições de operação, sobretudo se tiver alguns anos de uso. Por se tratar de equipamento eletrônico, a manutenção periódica é de fundamental importância, principalmente nos cabos de conexão e acessórios como a fonte de alimentação, devido a vida útil dos mesmos serem de curta duração face ao manuseio e as reações químicas normais advindas do tempo de fabricação. A não verificação destes detalhes elementares podem provocar grandes transtornos quando da realização do trabalho de campo. Algumas sessões de rastreamento foram perdidas durante esta etapa, devido a pequenos problemas como estes, acarretando a duplicidade de esforços.

A equipe de campo deve ser composta, pelo menos, com um elemento de experiência comprovada e atuante em levantamentos desta natureza, para dirimir eventuais dúvidas consideradas normais para os que não estão familiarizados com o equipamento utilizado. Um conhecimento científico específico também se torna indispensável quando do início da etapa complementar do trabalho. Conhecer em profundidade os softwares utilizados para o processamento e ajustamento das observações, e noções de estatística, são extremamente fundamentais para que se evite o predomínio da tendenciosidade e para que se atinja resultados satisfatórios. Indubitavelmente, os parâmetros estatísticos usados no ajustamento de observações influem sobremaneira nos resultados obtidos.

Deve-se considerar, num primeiro momento, que apesar do equipamento utilizado ser de apenas uma portadora (L1), trata-se de um equipamento geodésico, que responde perfeitamente aos requisitos necessários ao desenvolvimento do trabalho. O planejamento do trabalho de campo, a perfeita operacionalidade do

equipamento aliado aos corretos meios de processamento e pós processamento dos dados, contribuem definitivamente para a qualidade do levantamento, bem como para a precisão requerida. Para tanto, o atendimento às especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos emitidas pelo IBGE são de fundamental importância, quando se procura respeitar as tolerâncias e recomendações estabelecidas no sentido de gerar contribuições ao Sistema Geodésico Brasileiro.

### 11.2.2 Quanto ao Método de Posicionamento GPS

Todos os métodos aplicáveis para finalidades geodésicas são diferenciais, ou seja, o que se determina com altíssima precisão é a diferença entre as coordenadas de dois pontos. O princípio deste posicionamento é a atuação dos satélites como pontos de referência. Devido a exatidão de sua órbita, as medidas de tempo dos sinais transmitidos são tomadas e os receptores podem determinar a distância de cada satélite, calculando a latitude e a longitude do ponto. Sendo assim, isto implica que quando se conhece as coordenadas de um deles, pode-se determinar as coordenadas do outro. Para tanto, isso só se torna possível quando se trabalha, pelo menos com um par simultaneamente.

Uma grande preocupação no andamento deste trabalho se deu com a precisão da localização do VT-78 tomado como referencial de partida. Diante do problema de “deslocamento visual” do referido vértice mencionado num trabalho anterior que também fez uso do mesmo, a visita a campo e a checagem da documentação junto ao IBGE, se tornou imprescindível. As providências tomadas permitem afirmar que o referido vértice se encontra devidamente materializado e intacto diante dos seus marcos testemunhas e próximo ao Marco da Marinha, conforme a descrição feita em seu memorial descritivo no Anexo A, além do registro da última visita feita a campo pelo órgão gerenciador do sistema. Cabe ainda mencionar que pelo fato do vértice se localizar em área militar, seu acesso se torna bastante restrito, dificultando qualquer ação de depredação. Medidas foram tomadas do VT aos seus marcos testemunhas e retratam exatamente as mesmas que constam em seu memorial descritivo. Não foi constatada nenhuma alteração que pudesse colocar sob suspeita a localização do vértice. No entanto, o que pode ter ocorrido no trabalho anterior, é a ocupação indevida de um vértice transportado localizado na cabeceira da pista, o que já

deixaria uma margem de dúvida quanto a precisão do posicionamento de pontos irradiados a partir dele.

Outro fator importante a ser mencionado sobre o VT-78 foi a impossibilidade de averiguar os resultados estatísticos de forma individual diante do reajuste do sistema promovido pelo IBGE. O referido vértice se apresenta na Rede Clássica como integrante de uma poligonal de seis vértices denominada “Morro Azul-Base Aérea” (Arquivo POLSC153) que assumiu uma precisão relativa da ordem de 1: 156063. Esta poligonal faz parte do bloco denominado NETAS11 (Rede A Sul) que, num primeiro momento, participou do ajustamento simultâneo da rede clássica para, posteriormente, se integrar ao ajustamento simultâneo global da rede clássica com a rede nacional GPS e estações DOPPLER.

Atualmente, com a entrada em funcionamento da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC, já é possível obter os dados rastreados por uma estação-base em algumas regiões do país, liberando, dessa forma, o equipamento fixo. No entanto esta prática ainda é muito restrita, obrigando a execução do procedimento convencional, onde normalmente, deixa-se um receptor ligado durante todo o tempo de trabalho em um vértice de coordenadas conhecidas, e percorre-se os demais pontos que se deseja levantar com o outro receptor. Para se obter a solução, torna-se necessário rastrear, simultaneamente, no mínimo quatro satélites (os mesmos), por um período de tempo que irá depender essencialmente do método escolhido de posicionamento. Quanto maior a base maior o tempo de rastreamento. Durante cada sessão de rastreamento, os satélites deverão apresentar uma geometria rígida em relação ao observador, pois a geometria fraca provocará a falta de solução ou simplesmente uma solução fraca que, geralmente, é provocada pela propagação desfavorável dos erros de observação. A rigidez da geometria é medida pelos números apresentados pelos diversos  $\rho$ DOP, pois os receptores os calculam e exibem ao operador, lhes permitindo o controle da sessão de rastreamento. Para o posicionamento geodésico o que interessa é o PDOP (precisão da posição tridimensional), não sendo favorável a realização do trabalho com um valor (PDOP >7), segundo o manual de operação. As bases rastreadas, cujos vértices tinham como pontos (MCFT, MCES, V001) já se encontravam devidamente monumentalizados e livre de obstáculos, o que favoreceu a obtenção de uma boa configuração dos satélites e, conseqüentemente, a análise dos resultados foi satisfatória para a finalidade do trabalho.

### 11.2.3 Quanto ao Georeferenciamento dos Pontos Fotoidentificáveis

O processo utilizado para a determinação dos pontos de apoio terrestre a partir das cartas topográficas do IBGE, escala 1:50.000, na geração da primeira ortofotocarta, é totalmente questionável, pois este trabalho foi realizado com o auxílio de um escalímetro, contrariando todas as normas da cartografia. É relevante considerar que as cartas topográficas do IBGE, não exibem em parte nenhuma de sua legenda a definição de seu padrão de exatidão cartográfica, porém, considerando que as cartas do IBGE na escala 1:50.000 sejam do padrão classe A e que cada milímetro de leitura, definida pelo leitor, corresponda na escala real a um erro de locação de 50 metros, o produto confeccionado na escala 1:2.000 nunca terá a precisão exigida para a sua escala, pois intrinsecamente ele detém o erro da menor escala. Diante do exposto, a iminente necessidade de seleção para georeferenciamento de oito novos pontos de controle terrestre, fotoidentificáveis nos modelos de recobrimento aerofotogramétrico da área em estudo, viriam a somar aos pontos de controle existentes para a elaboração da aerotriangulação. Sendo assim, a conseqüente supressão dos pontos anteriormente georeferenciados de forma errônea se fazia imprescindível. Os oito pontos foram escolhidos através de uma minuciosa fotointerpretação dentro da área previamente selecionada na fotografia. Para o georeferenciamento destes pontos, acolheu-se as normas previstas para a implantação de pontos de apoio, tomando-se os devidos cuidados em evitar os fatores influentes na recepção de sinais GPS que pudessem mascarar os resultados de processamento comprometendo a precisão do resultado. Todos os oito pontos de apoio terrestre (Sessões G e H), foram rastreados de forma radial a partir da estação ajustada V001, não sofrendo nenhum tipo de ajustamento. Somente os pontos 1002, 1004, 1006 e 1007 (localizados no entorno do campus), foram nivelados geometricamente e tomados como pontos essenciais à geração do Modelo Digital de Terreno (MDT automático).

### 11.2.4 Quanto ao Processamento e Ajustamento dos Dados GPS

A análise de um arquivo de saída de resultados em softwares de processamento GPS determina a qualidade do rastreamento de uma base ou a solução de um vetor. O resultado expresso pelo arquivo O-file será aceitável ou não em função da precisão exigida no trabalho de levantamento. Evidentemente, um trabalho onde se exige uma precisão de 1:10000 poderá estar imbuído de mais erros que um trabalho

onde se exige uma precisão de 1:1000000. Analogamente, bases menores poderão conter mais erros de posicionamento que as maiores. Por dedução óbvia, também se pode afirmar que uma base que não necessita ajustamento exprime uma qualidade superior àquelas que necessitam grandes ajustamentos, face aos resultados explicitados.

Por se tratar de um trabalho estático, o arquivo O-file processou uma grande quantidade de dados comuns a duas estações, coletados a cada intervalo de 15 segundos, por um tempo mínimo de uma hora, rastreando um mínimo de quatro satélites simultaneamente. O processamento dos dados coletados pelo GPS foram realizados um a um para cada sessão rastreada, inclusive para as que, inicialmente, se demonstravam problemáticas. Não foi considerado o posicionamento vertical. Os valores da umidade, pressão e temperatura foram aceites os indicados no default do receptor pelo simples fato de se tratar de bases curtas, o que não alteraria de modo significativo o resultado final.

O software utilizado GPPS 5.0 oferece três modos diferentes para o cálculo das bases. São eles: a tripla diferença de fase, dupla diferença de fase em modo flutuante (sem fixação da ambigüidade) e a dupla diferença de fase com a fixação da ambigüidade. Uma ambigüidade é o número de ciclos entre o satélite e o receptor captados pela fase da portadora. Uma ambigüidade é por definição um número inteiro e a meta principal da dupla diferença de fase é determinar o valor deste inteiro corretamente. No processamento da dupla diferença de fase uma ambigüidade é computada para cada satélite e estes referenciados ao satélite que obteve um período mais longo de tempo de observação (satélite referência). Em outras palavras a ambigüidade que é calculada para todos os satélites exclui o satélite referência. Diante do exposto, as sessões foram processadas pelos três modos de cálculo disponíveis no software. Face a análise dos resultados e das recomendações de diversos autores de experimentos com receptores GPS, adotou-se para o presente trabalho, o cálculo da dupla diferença de fase com a fixação da ambigüidade, uma vez que essa opção oferece uma solução automática dos efeitos da ionosfera e da ambigüidade e por apresentar, através das análises dos “outputs”, os melhores resultados. As sessões onde houve a perda de ciclos durante o rastreamento prejudicando a precisão do resultado foram rejeitadas. A tabela abaixo mostra resumidamente os principais dados observados nas sessões tomadas como aceitáveis nas fases de processamento.

Tabela 11.2.4 (a) – Pós-processamento GPS

Bases/Irradiações	Sessão	RMS (m) Resíduo	Ratio
V001 – MCES	C	0.006549	100.000
MCFT – V001	E	0.007358	100.000
MCES – MCFT	F	0.008477	100.000
V001 – 1005	G	0.009157	87.029
V001 – 1006	G	0.009181	99.814
V001 – 1007	G	0.005189	100.000
V001 – 1001	H	0.008784	100.000
V001 – 1002	H	0.009192	94.731
V001 – 1003	H	0.011577	100.000
V001 – 1004	H	0.009692	100.000
V001 – 1008	H	0.015038	100.000
VT 78 – MCFT	J	0.010914	100.000
VT 78 – MCES	J	0.025088	100.000

Do quadro acima percebe-se que o tempo de rastreo adotado (30 min) para os pontos da Sessão H foi satisfatório para a obtenção de bons resultados para a maioria dos pontos fototranscritíveis. A tabela acima demonstra ratios iguais a 100 para a quase totalidade dos pontos; somente os pontos 1002, 1005 e 1006 apresentaram variações em seus Ratio, provavelmente devido a presença do efeito do multicaminhamento, pois se localizam em áreas de adensamento urbano. O manual do operador recomenda aceitar valores iguais ou superiores a 90, sendo assim, um novo rastreamento para o ponto 1005 é recomendável. Todos os demais vetores obtiveram um ratio = 100, pois o fator PDOP não ultrapassou a 2. O ponto 1005 chegou a registrar um PDOP = 5. Quando se obtém uma geometria instantânea boa o valor do PDOP é baixo e quando a geometria instantânea é pobre o valor do PDOP é alto. Na dupla diferença de fase onde se fixa as ambigüidades geralmente os valores do RMS e dos vetores sigma são baixos (em torno de 2 a 3 cms). Um valor alto obtido significa dados ruidosos de um ou mais satélites. Maiores detalhes do arquivo de saída das análises das sessões rastreadas podem ser vistos nos anexos C.

Os pontos (MCFT, MCES, V001) determinam uma figura geométrica triangular, cujos vértices foram ajustados utilizando o Software FILLNET. Num primeiro momento foi fixado o VT-78 do SGB para o ajustamento dos vértices MCFT e MCES e a estimativa da precisão alcançada pode ser vista na tabela abaixo:

Tabela 11.2.4 (b) – Precisão planimétrica dos vetores

VECTOR	LENGTH	PPM (h)	RATIO (h)
VT78 – MCFT	9331.883	0.5	1: 2199516
VT78 – MCES	9556.460	0.4	1: 2252478
MCFT – MCES	982.713	1.4	1: 694329
MCES – V001	1307.561	7.6	1: 131991
MCFT – V001	1343.366	7.4	1: 135697

Diante dos resultados obtidos, percebe-se que a fixação de um dos vértices (MCFT, MCES) para o ajustamento do vértice V001, gerou uma precisão relativa bastante inferior aos vetores (VT78 – MCFT; VT78 – MCES). Mesmo assim, a precisão alcançada responde a finalidade deste trabalho. A diferença de valores pode ser justificada pelo tamanho dos vetores. As coordenadas cujas precisões relativas foram maiores, foram tomadas como referencial para o V001, de onde partiram as irradiações dos pontos fotoidentificáveis.

As precisões relativas resultantes do rastreamento dos vetores constituídos pelos vértices (MCFT, MCES), atendem perfeitamente ao item 6.3.4, “alínea a” da NBR 14166 que prevê como aceitável, a precisão final relativa aos pontos do SGB, da ordem de 10 ppm ou superior considerando 95% de nível de confiança para o ajustamento tendo como inunção o VT78. Analogamente os vetores (MCFT – V001 e MCES - V001), atendem a “alínea b” do mesmo item, que prevê como aceitável, a precisão final relativa aos pontos da rede de controle, da ordem de 20 ppm ou superior, considerando 95% de nível de confiança. Esses três vértices se enquadram perfeitamente na estruturação da Rede de Referência Cadastral Municipal, podendo ser nomeados, de acordo com a NBR 14166 como “Marcos Geodésicos de Apoio Imediato”. Estes marcos podem ser utilizados para a amarração da rede planimétrica de pontos de controle, e suas coordenadas podem servir de inunções num processo de ajustamento das observações.

## 11.3 Análise II (Processo Aerofotogramétrico)

### 11.3.1 Quanto a Aquisição da Imagem

O mapeamento através de ortofotos, convencionais ou digitais, exige a execução da cobertura aerofotogramétrica com alguns cuidados inerentes ao processo. Uma vez que utiliza-se a própria imagem fotográfica para a representação dos elementos planimétricos, é de fundamental importância que se considere o efeito das

sombras e as alturas dos edifícios. O horário de vôo e as condições atmosféricas são fatores muito importantes, pois o recobrimento realizado próximo ao meio-dia (entre 11 e 13 horas) diminui sobremaneira o efeito das sombras.

Nos casos de mapeamento de áreas urbanas, principalmente aquelas mais densas, com edifícios de grande porte, é recomendável a utilização de câmaras aéreas de distância focal de 300 mm ou maior, reduzindo-se desta forma, o problema de inclinação dos edifícios bem como o encobrimento de detalhes.

Outro fator importante a ser considerado é a relação entre a escala do vôo e a escala da ortofotocarta a ser confeccionada (ampliação de 3 a 4 vezes no máximo a escala de vôo), a fim de preservar a boa resolução da imagem. Neste trabalho, por exemplo, atendeu-se perfeitamente às recomendações, haja visto as fotografias serem produto de um vôo efetuado com uma cobertura aerofotogramétrica na escala de 1:8.000, que gerou uma ortofoto em meio digital na escala de 1:2.000, tornando evidente a ampliação de quatro vezes a escala de vôo.

### **11.3.2 Quanto a Aerotriangulação**

O método usado para a obtenção das coordenadas dos pontos de apoio nessa ortofoto se difere do método utilizado na ortofoto anterior, graças ao levantamento em campo utilizando receptores GPS geodésicos, o que permite uma precisão relativa condizente com a finalidade do trabalho. É repudiado o uso de coordenadas gráficas retiradas de documentos cartográficos de menor escala, pois os erros grosseiros podem se evidenciar com facilidade, comprometendo a geometria do produto final. É recomendável que um único operador realize a etapa da aerotriangulação, pois cada operador possui sua metodologia própria de trabalho, sem considerar a acuidade visual que se transforma num fator elementar dentro do processo de aerotriangulação. O ajustamento da aerotriangulação envolveu as coordenadas de 81 pontos pugnados nos modelos aerofotogramétricos utilizados no processo, mais 8 pontos de apoio para o controle horizontal obtidos por rastreamento GPS, sendo 4 destes pontos (1002, 1004, 1006, 1007), utilizados para o controle vertical. Para a geração do MDT, o ajustamento teve como inunções as altitudes fornecidas destes quatro pontos fotoidentificáveis nivelados geometricamente. Maiores informações sobre o ajustamento poderá ser visto nos Anexos E.

### 11.3.3 Quanto a Geração do MDT Automático

Com o intuito de se evitar a ocorrência e propagação de erros sistemáticos tão comuns nas operações de nivelamento geométrico procurou-se fazer as visadas em distâncias equivalentes, além de evitar leituras muito próximas ao solo, evitando dessa forma, principalmente, o efeito da reverberação atmosférica, visto que o caminhamento se deu junto à ruas e avenidas.

É imprescindível afirmar que todo o trabalho de nivelamento realizado esteve consonante às Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos do IBGE (1998), que ressalta, entre outras, que para os levantamentos altimétricos locais, vinculados aos de alta precisão ou de precisão, configurar-se-ão em circuitos ou linhas, em função do atendimento a que se destinem. A utilização do nível de bolha provido de micrômetro ótico foi suficiente para se atingir a precisão requerida devido ao terreno apresentar uma topografia relativamente plana durante o percurso de nivelamento. As visadas foram realizadas em distâncias aproximadas de 60 a 80 metros em sua maioria, reduzindo para valores menores em pequenos trechos onde a declividade se dava um pouco mais acentuada. Devido a elevada temperatura ambiente na época, as leituras foram efetuadas a 40 cms do solo, evitando a reverberação oriunda do aquecimento do piso. O nivelamento duplo garantiu a consistência dos dados, evitando desta forma, a realização do nivelamento e contra-nivelamento, o que acarretaria uma duplicidade de esforços desnecessários.

Finalizando, a geração do modelo digital de terreno em modo automático deveria estar condicionado a um maior número de pontos fotoidentificáveis nivelados geometricamente. Dos oito pontos somente quatro foram aproveitados, pois seus nivelamentos se tornaram viáveis. A necessidade de um criterioso adensamento de pontos fotoidentificáveis na área de interesse para o seu posterior nivelamento geométrico deveria ser levado em conta, visto que o modelo digital de terreno é que garante eficazmente o verdadeiro posicionamento das feições dentro do processo de retificação utilizado para a geração da ortofoto.

### **11.3.4 Quanto ao Produto Ortofoto**

A ortofoto digital possui o mesmo cunho cartográfico de um mapa de linhas, porém é mais rica em detalhes, visto que se trata de um produto derivado de fotografias aéreas. Dentro deste contexto pode-se considerar as vantagens sobre o produto linear, tais como: i) suporte a métodos computacionais (software e hardware) que utilizam imagens raster para mapeamento possibilitando maior rapidez e economia nas etapas de trabalho desenvolvidas, sobretudo nas tarefas de cálculos matemáticos e estatísticos, ajuste e translação de coordenadas, bem como, transformações de sistemas geográficos e correção geométrica de imagens; ii) a flexibilidade de superposições de feições vetoriais; iii) a possibilidade de migração para os sistemas de informações. Para tanto, a avaliação minuciosa de todas as etapas de elaboração desse produto é extremamente relevante diante das significativas distorções das feições apresentadas pelas imagens. Somente um adensamento de pontos de apoio nivelados geometricamente é que garante a rigidez da imagem, por ser estes os principais responsáveis pela caracterização do MDT gerado em modo automático. A aplicação de um modelo estatístico com a finalidade de verificar o padrão de exatidão cartográfica exibida pela imagem é bastante oportuno, pois aparentemente, o produto atual já exhibe pequenas distorções nas emendas dos modelos aerofotogramétricos. Tais problemas podem ter como origem a má aerotriangulação, supostamente proveniente da má acuidade visual do operador quando da pugnagem dos pontos de máquina ou simplesmente a origem em qualquer outra etapa do processo de elaboração.

## **11.4 Análise III (Processo Topográfico)**

### **11.4.1 Quanto a Implantação da Rede de Pontos de Controle**

A implantação da rede topográfica de pontos de controle planimétrico não obedeceu a nenhum critério específico de instalação e pelo visto, careceu também de um planejamento eficaz para a escolha do melhor local de instalação. Não houve nenhuma preocupação quanto a homogeneidade da distribuição dos pontos, tornando a sua configuração extremamente irregular, longe de uma configuração ideal. O que se

percebe foi a preocupação de um adensamento de pontos em algumas áreas mais edificadas sem relevar a equidistância entre os vértices e a soma de um maior número de intervisibilidades entre os pontos. A fraca geometria da rede, tanto angular quanto linear, compromete sobremaneira o processo de ajustamento no momento em que denota uma grande variação entre seus ângulos internos e seus lados intervisíveis. A impressão que se tem é que a implantação da rede se deu como se fosse um mero caminhar para a instalação de vértices de poligonais. A maneira correta seria o planejamento da distribuição dos pontos sobre uma base ou qualquer outro documento cartográfico que facilitasse a visualização do posicionamento e que permitisse a estruturação da rede, de forma a torná-la homogênea e exequível. A rede de pontos topográficos deverá auxiliar a utilização dos métodos de levantamento de detalhes.

Os levantamentos podem ser otimizados pelo estabelecimento de estruturas em redes mais complexas, como aquelas onde as coordenadas são levantadas por procedimentos de triangulação ou trilateração. A fundamentação deste raciocínio pode ser sustentada nos seguintes aspectos: a elipse de erros gerada por um levantamento baseado unicamente em procedimentos de interseção de bases medidas tem o semi-eixo maior perpendicular ao sentido de propagação da linha de levantamento; para a interseção de direções ao contrário, o semi-eixo maior da elipse será orientado no sentido de propagação da linha. (LAMBECK, 1988).

#### **11.4.2 Quanto ao Levantamento das Observações**

A qualidade das observações que garantem a rigidez de uma base geométrica, normalmente estão vinculadas ao planejamento de toda a operação. A determinação da melhor localização dos pontos de controle, a equidistância entre os vértices, o modo de coleta de dados usado nas medições, o modelo matemático empregado nas correções geométricas, a avaliação dos equipamentos utilizados no trabalho, e até mesmo, a sintonia entre os membros da equipe, são pontos notáveis de um bom planejamento.

Diante da grande densificação de edificações verificada no espaço físico do campus universitário da Trindade, não foi possível obter, quando da instalação dos marcos de concreto para os pontos topográficos de controle, uma configuração ideal tipo “cadeia de triângulos”. Na configuração obtida, denota-se a presença de poucos

triângulos regulares, sendo em sua maioria, figuras cujas configurações não se aproximam da ideal geometria de uma rede clássica, denotando a presença de ângulos internos muito agudos (menores de  $30^\circ$ ) ou muito obtusos, o que não é aconselhável por alguns autores, face ao comprometimento da rigidez da rede no momento do processamento. Os triângulos se apresentam, quantitativamente, praticamente na mesma proporção que os demais polígonos, porém, quanto a área abrangida, estes são infinitamente superiores. A desigualdade acentuada entre os comprimentos dos lados das diversas poligonais também compromete o bom ajustamento dos vértices da rede de pontos.

A interação entre uma rede de pontos topográficos (produto resultante do levantamento direto) e uma imagem raster (produto oriundo de métodos de levantamentos indiretos), pode resultar numa base geométrica híbrida altamente desejável, onde se torna possível a visualização panorâmica de um trabalho realizado diretamente em campo, em outras palavras, o trabalho de gabinete se dá como se estivesse em campo. Contudo, se os dados de entrada do sistema não possuem uma qualidade geométrica aceitável ao objetivo do trabalho, ou seja, se as feições levantadas em campo não corresponderem em qualidade geométrica compatível à escala pre-determinada (incoerentes com a imagem real), os dados deverão ser expurgados, forçando os executantes do levantamento a análise dos erros cometidos, além de um replanejamento de todas as etapas de levantamento. A utilização do método híbrido então, permite aos usuários destas informações dados coesos, sendo sua veracidade passível de comprovação através da tela do monitor.

### **11.4.3 Quanto a Utilização do Software de Ajustamento**

O software Softdesk em seu módulo “civil” combina uma grande variedade de possibilidades relacionadas a levantamentos topográficos, realizando o tratamento dos dados colhidos em campo, fazendo o ajustamento por mínimos quadrados, além das transformações de coordenadas geodésicas entre os diferentes sistemas. É um software completo pois, além dos ajustamentos de polígonos pelos métodos tradicionais, também usa o MMQ de Gauss para a realização do ajustamento de observações em redes. Não apresenta uma interface muito amigável com o usuário. Seus menus de gerenciamento de projetos e de protótipos não são de fácil assimilação.

A falta de usuários na UFSC e a falta de suporte técnico no município dificulta, em muito, o esclarecimento de dúvidas de forma imediata, acarretando a dispensa de um tempo maior para um aprendizado parcial. Diante das dificuldades, o estudo do software se limitou apenas a entrada dos dados para o posterior ajustamento das observações, não explorando, portanto, num sentido mais amplo, as demais opções exibidas em seus menus. Algumas informações relatadas em seus “outputs”, não são passíveis de análise face a dificuldade em encontrar bibliografias disponíveis sobre o assunto. Um dos maiores problemas encontrados foi o estudo da formatação dos dados para a entrada no computador diante da técnica utilizada para a coleta dos dados, visto que não se dispunha de um aplicativo de interface entre a Estação Total e o software utilizado para o processamento. Aliado a tudo isto, o incorreto registro dos dados na memória da Estação Total. Neste aspecto deve-se ter o conhecimento necessário, para que se proceda a configuração do “setup” da Estação Total na hora de fazer o levantamento. Isto facilita no momento de descarregar os dados levantados pela estação para o processamento do software. O não cumprimento dessas prerrogativas podem interferir e confundir os dados no momento da coleta em campo, conseqüentemente, dificultar ou até mesmo inviabilizar o trabalho.

#### **11.4.4 Quanto ao Ajustamento da Rede de Pontos Topográficos**

Para que se proceda o ajustamento global das observações levantadas são necessários alguns ajustes no setup do programa. O ajustamento trabalha em função dos parâmetros técnicos pré definidos do equipamento utilizado, que são usados para calcular a precisão de cada observação, além das tolerâncias de erros permitidos. O arquivo de dados usado como entrada é o *network.lsi*, que é gerado automaticamente, a partir das observações entre estações da base de dados de observações do projeto corrente. Uma vez criado o arquivo, este poderá ser carregado num editor de texto previamente selecionado, onde poderá ser visualizado e modificado. Através do comando de processamento dos dados cria-se automaticamente o arquivo de ajustamento *network.adj* e o arquivo de saída *network.lso*. Para maiores informações, consultar os anexos F, G e H.

O ajustamento da rede topográfica de forma global, promovido neste trabalho, se deu sobre as observações inconsistentes realizadas em campo. O resultado

obtido foi o péssimo ajustamento com um altíssimo valor Chi-Quadrado. Esta prova está baseada na comparação das frequências observadas e esperadas. O relatório de saída demonstra ainda, grandes valores de resíduos para cada observação diante das interações entre observações realizadas pelo programa. Diversos procedimentos foram tomados no decorrer desse trabalho com a intenção de amenizar ou reparar as inconsistências trazidas do campo. A conferência em campo da veracidade de algumas observações foram as mais rotineiras. Além do ajustamento promovido em blocos, tentativas também foram feitas no editor de texto do próprio arquivo mediante a manipulação de alguns dados observados, mas nenhum esforço obteve êxito. Diante desse fato, o processo de ajustamento foi abandonado, ficando o trabalho incompleto face aos objetivos propostos.

No entanto, é oportuno recomendar que as observações sejam feitas novamente através de um rigoroso planejamento de execução, com a verificação diária das condições de funcionamento de todo o equipamento. A permanência de um único operador do equipamento também é salutar, pois a sistematização do processo de observação varia de pessoa para pessoa em relação à acuidade visual. A divisão das observações em blocos heterogêneos é recomendada na impossibilidade de manter somente um operador ou se a área a ser levantada for de grande dimensão. O software softdesk trabalha o ajustamento tanto em modo bidimensional quanto em modo tridimensional, portanto, a recomendação do levantamento das três variáveis ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) não acarretaria maiores delongas. É bom frisar que a coleta dos dados deverá informar em seus "inputs", a altura do instrumento e a altura do prisma. Com o nivelamento geométrico de alguns vértices da rede torna-se possível o transporte da referência de nível para um dos pontos da base de partida. O método trigonométrico para a determinação das altitudes, cujas observações são as distâncias zenitais ou ângulos verticais é o mais indicado. A precisão das altitudes obtidas através deste método é satisfatória para o cálculo das correções necessárias, na redução de observações terrestres essenciais ao processo de ajustamento clássico (com injunções).

### **11.5 Análise IV (Relação Custo/Benefício de uma Base Geométrica)**

Um sistema de informações cadastrais precisa estar apoiado numa base cartográfica confiável, sobretudo, quando se exige um grande nível de

detalhamento. O método de produção da base cartográfica deve ser criteriosamente planejado de tal sorte, que os recursos financeiros alocados à produção devam ser recuperados em curto espaço de tempo. Se por um lado a preocupação com a rigidez da geometria se torna indispensável para que o produto atenda aos níveis de classificação do Padrão de Exatidão Cartográfica, por outro lado a necessidade de aproveitamento de materiais, equipamentos e corpo técnico disponível justifica a economia dos recursos financeiros alocados à sua elaboração, sobretudo nos tempos atuais, onde a modernização advinda do desenvolvimento de softwares específicos, acelera todo e qualquer meio de produção.

Há um fator que pode simplificar as estimativas da relação custo/benefício de uma base geométrica para a elaboração de um sistema cadastral. O sistema deve ser implantado de forma abrangente de tal sorte que seus efeitos sejam satisfatórios nos diferentes níveis de consulta pela comunidade usuária, fazendo com que os custos se tornem econômicos face aos benefícios trazidos. Para amenização dos custos da implantação da base geométrica do sistema, critérios cuidadosos de planejamento devem ser tomados no sentido de garantir a fidedgnidade das informações georeferenciadas. É neste contexto que no presente trabalho se faz uma pequena análise da relação custo/benefício que a elaboração de uma base geométrica a partir de uma ortofotocarta pode trazer aos seus usuários através da utilização do Método Híbrido, partindo do pressuposto que já exista equipamentos, softwares e mão de obra técnica disponível para a elaboração das demais fases do trabalho e que a implantação da rede de pontos de controle planimétrico já se encontre materializada, medida e ajustada:

*Serviço de cobertura aerofotogramétrica em escala 1:8.000, apoio terrestre por rastreamento GPS, aerotriangulação e mapeamento por ortofotocarta digital em escala 1:2.000, partindo-se de DTM automático, de uma área de aproximadamente 1 (um) quilômetro quadrado localizada em Florianópolis/SC. Obtendo como produto final uma coleção de ortofotocartas obtidas por plotter jato de tinta sobre papel acompanhadas dos respectivos arquivos digitais.*

Tabela 11.4 – Estimativa de Custos de Serviços Aerofotogramétricos

Tipo de Serviço	Custo R\$
Cobertura Aerofotogramétrica 1:8000	11.000,00
Apoio Terrestre por GPS	7.800,00
Aerotriangulação	900,00
Ortofotocarta 1:2000	1.900,00
Emissão dos produtos finais	600,00
Custo Parcial	22.200,00
Restituição Numérica 1:2000 com curvas nível equidistantes de 1m.	5400,00
Edição Gráfica	3100,00
Emissão dos produtos finais	150,00
Custo Total	30850,00

Fonte: Esteio/99

Apesar da dificuldade em se avaliar os custos de uma forma precisa, para cada etapa envolvida neste trabalho, devido principalmente às particularidades e variáveis que podem ser incorporadas nessa quantificação, faz-se uma abordagem da economia que se poderia praticar, se determinados itens descritos acima fossem executados pelo próprio cliente. O preço orçado acima está calculado para uma área relativamente pequena, encarecendo em demasia os custos unitários. O custo do vôo de recobrimento é diretamente proporcional a escala empregada, ou seja, quanto maior for a escala de vôo, maior será o custo. Isto se justifica a partir do momento em que se faz necessário um maior número de faixas de recobrimento, conseqüentemente, um gasto maior com filmes e com horas/vôo. O apoio terrestre com a utilização do GPS geodésico é o segundo item mais caro. A justificativa para tal se dá pelo deslocamento de equipes a campo e ao minucioso trabalho de processamento dos dados. Na tabela acima não está explícito a quantidade de pontos de apoio necessários para a área e muito menos o preço unitário de cada ponto rastreado, o que deixa bastante vago os parâmetros necessários para uma análise quantitativa. Para a tarefa de scanerização dos diapositivos, entende-se que não há necessidade de adquirir o equipamento a ser utilizado, já que a grande disponibilidade de empresas prestadoras desse serviço permite de forma rápida e econômica a terceirização desta tarefa. Convém ressaltar que pode haver variação no preço a ser cobrado face a quantidade e qualidade dos originais. Deve-se ainda levar em consideração os custos de vetorização da imagem e o processo a ser empregado, o que não será tratado neste trabalho, visto que são necessários alguns parâmetros técnicos para que se defina a precisão do produto final.

Sendo assim é necessário considerar que a escala da base cartográfica, suporte para que todos os mapas temáticos tenham consistência geométrica, deverá ser coerente com as necessidades de detalhamento requeridas pelos futuros usuários, e deverá buscar uma relação custo/benefício ideal. A relação ideal é fazer com que o custo de uma base cartográfica, seja rapidamente absorvido pela economia dispensada em gastos administrativos e financeiros proporcionando benefícios em curto espaço de tempo.

O aproveitamento de um arquivo raster de um produto cartográfico, por exemplo, pode contribuir substancialmente no barateamento do processo de elaboração de uma base cartográfica ou carta temática, pois o trabalho de campo necessário ao levantamento direto de todas as feições de um espaço físico denota grandes mobilizações de equipamentos e pessoal, consome um tempo inestimável e onera significativamente o processo de produção cartográfica. Sendo assim, deve-se ressaltar que nem sempre uma carta com muitos detalhes e grande número de informações significa ser tecnicamente uma boa carta. É imprescindível saber distinguir entre os elementos essenciais e não-essenciais, conservando-se o útil e abandonando-se o dispensável, tornando-se evidente, que a representação de detalhes tem relação direta com a escolha da escala de representação.

Portanto, pode-se concluir que uma das vantagens do produto cartográfico em meio digital é poder oferecer ao usuário a opção de construir sua própria carta, delegando a si próprio a responsabilidade da escolha da escala dos dados, os dados e os elementos de cartografia de interesse através da manipulação de seus layers. Isto significa que a apresentação final do produto dependerá muito da experiência e habilidade do próprio usuário.

Para a elaboração de uma base cartográfica, cuidados inerentes às diversas etapas do processo devem criteriosamente ser respeitados. Os cuidados a serem tomados durante a sua confecção vão desde o planejamento, que engloba, por exemplo, o modo em que os pontos de controle são definidos na área, além da escolha adequada do modelo matemático necessário às correções geométricas, bem como a avaliação dos equipamentos disponíveis até a interação entre as equipes técnicas envolvidas na execução do projeto. Isso implica que cuidados também devem ser tomados quando da aplicação (utilização) desta base.

Objetivando que os serviços contratados para a elaboração de uma base cartográfica possa atender às necessidades dos usuários, deve-se, previamente,

estabelecer normas claras para a sua execução, considerando indispensável o acompanhamento e a avaliação por técnicos especializados. Não se pode deixar de mencionar, que a qualidade e precisão dos equipamentos utilizados também são de fundamental importância. Somente assim é que se poderá alcançar a qualidade desejada do produto final.

## 11.6 Conclusões

Com o surgimento dos sistemas de informações, praticamente todos os instrumentos de medição modernos passaram a ser concebidos com qualidades para propiciarem a alimentação desses sistemas. Dessa forma, considerando a quantidade de informações que naturalmente devem ser coletadas e a necessidade da estruturação dessas informações, é importante que o profissional esteja sempre atualizado com a situação de mercado em relação aos equipamentos e aos programas aplicativos disponíveis. Deve-se priorizar os equipamentos que possibilitem o registro automático das informações coletadas, dispensando qualquer tipo de anotação de campo.

O Sistema Geodésico Brasileiro deve ser o ponto de partida para as determinações das posições relativas dos pontos na superfície terrestre como forma de minimizar a propagação de erros no posicionamento. O estabelecimento do sistema geodésico se desenvolve a partir do conjunto de atividades que objetivam a definição de coordenadas (parâmetros) dos pontos integrantes do sistema. Estas exigências têm uma finalidade: Considerando as cartas e mapas produtos técnicos de precisão, os quais servirão de base para o planejamento e execução de todas as atividades no espaço geográfico, a construção de tais representações cartográficas deve atender a todos os requisitos de semelhança entre os espaços natural e o gráfico. Por isto os aparelhos e equipamentos de levantamentos topográficos, fotogramétricos e de restituição, utilizando tecnologia atual de grande precisão, que possibilitam medidas com elevado grau de rigor científico, são de elevados custos.

Os resultados apresentados na aplicação do GPS demonstram que os levantamentos topográficos clássicos relativos a trilateração e poligonação podem ser facilmente substituídos por esses equipamentos. É importante esclarecer que o emprego do GPS para os levantamentos de precisão sem o devido planejamento e apoio técnico podem gerar resultados evasivos.

Quanto a Referência de Nível usada como referencial altimétrico deste trabalho, é possível afirmar que, apesar da mesma se encontrar localizada em terreno geologicamente não estável (aterro de área de mangue), sua altitude foi tomada pela renomada empresa de engenharia, responsável pela execução do projeto (Elevado do CIC), como referencial altimétrico para a locação do projeto, que requer precisão absoluta. Diante do exposto, seguramente, o mesmo RN foi tomado como referencial para os trabalhos de nivelamento geométrico dos pontos fotoidentificáveis, usados para pontos de apoio na aerotriangulação e elaboração do modelo digital de terreno já descritos nesse trabalho. O resultado do nivelamento foi satisfatório e obedeceu a estimativa de precisão estabelecida pelo IBGE.

Diante da configuração exibida pela rede, recomenda-se que, para a obtenção de um *bom ajustamento*, que o levantamento das figuras geométricas apresentadas seja dado em forma de poligonais, podendo estas, posteriormente, ser ajustadas individualmente ou em bloco pelo MMQ de Gauss. Esse princípio foi adotado para o novo ajustamento do Sistema Geodésico Brasileiro, que entre as vantagens apresentadas, está a manipulação dos arquivos de observação através de um editor de textos, permitindo a fácil localização e remoção das inconsistências verificadas no modo de coleta. Ainda se torna oportuna, a recomendação do levantamento pelo método trigonométrico, das distâncias zenitais ou ângulos verticais, para a obtenção das distâncias reduzidas e seu posterior ajustamento tomando como referencial o nivelamento feito em modo geométrico do ponto referencial de partida a partir de um dos vértices já nivelados anteriormente. Sendo assim, torna-se extremamente exequível, o ajustamento tridimensional de todos os pontos levantados.

Para o usuário de cartografia é fundamental ter ciência de que apenas se pode avaliar um produto cartográfico possuindo segurança na identificação físico-espacial de um ponto amostral em termos de coordenadas e locação. A avaliação da qualidade de uma carta gerada a partir da restituição fotogramétrica, deve ser checada a partir da verdade terrestre, que pode ser obtida da confrontação das medidas exibidas na imagem com as medidas executadas diretamente em campo.

O uso da ortofoto para mapeamento de áreas urbanas em grande escala fica restrito a áreas onde predomina edificações baixas, face ao grande sombreamento exibido pelas edificações altas no momento da tomada das aerofotos. Isto significa que quanto mais alta a edificação maior será o deslocamento do topo em relação a base. Além da dinâmica do espaço urbano, ainda se deve considerar a escala do vôo e o nível

de detalhamento requerido, pois o fator de ampliação é de quatro vezes a escala da fotografia. As aerofotografias utilizadas neste trabalho atende perfeitamente as necessidades do campus da UFSC. Ressalta-se que, para as áreas rurais torna-se viável a execução de um projeto com aerofotografias em escalas de vôo menores que 1:8000.

## BIBLIOGRAFIA

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. “*NBR 13133 – Execução de Levantamento Topográfico*”. 35p. Rio de Janeiro, RJ. 1993.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. “*NBR 14166 – Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento*”. 23p. Rio de Janeiro, RJ. 1998.
- ALMEIDA, J. F. “*Ortofoto Digital*”. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR. Curitiba, PR. 1989.
- AMORIM, A. “*Utilização de Câmaras de Pequeno Formato no Cadastro Técnico Urbano*”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis, SC. 1993.
- AMORIM, A.; ARANA, J. M.; MUNIZ, D. “*Implantação do Cadastro Técnico Multifinalitário em Uma Área Teste*”. In: 2º COBRAC. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Anais. Florianópolis, SC. 1996.
- ANDRADE, D. F. P. N. “*Fotogrametria Básica*”. Ministério do Exército, IME – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ. 1988.
- ANDRADE, J. B; ANDRADE, R do R de; SOUTO, R. B; ZUNINO, L. A. “*A Importância do GPS no Mapeamento Cadastral*”. In: 1º COBRAC. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Anais. Florianópolis, SC. 1994.
- BERALDO, P.; SOARES, S. M. “*GPS – Introdução e Aplicações Práticas*”. Ed. E Livraria Luana. Brasília, DF. 1995.
- BLACHUT, T. J. “*Cartografía y Levantamientos Urbanos*”. New York, Springer – Verlag. 1979.
- BLACHUT, T. J. “*Cadastre for Developing Countries Based on Orthophoto Techniques*”. The Canadian Surveyor, V.39, p.31-43. 1985.
- BRANDÃO, A. C. “*Possibilidade de Emprego de Um Campo de Pontos Planimétricos como Definidor de Um Comparador de Distâncias Colineares*”. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, p-20-42, Curitiba, PR. 1996.

- BRASIL. Leis, Decretos, Regulamentos, etc. "DECRETO N.º 89.817, de 20-06-1984 – Estabelece as Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da Cartografia Nacional". Diário Oficial da União (DOU), Brasília, DF, 1984.
- BURROUGH, P. A. "Principles of Geographical Information Systems for Land Recourses Assesment". Oxford University Press, 1986.
- CORDINI, J. Universidade Federal de Santa Catarina. "GPS: Aspectos Básicos e Aplicações Científicas". In: Palestra realizada na Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 1998.
- CUNHA, C. R.; SAITO, L.; BOSIO, V.; BUENO, D. M. "Sugestão de Uma Projeção Cartográfica para Mapeamentos em Escalas Grandes". Anais.In: I Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, SC. 1994.
- DAL POZ, A. P. "Mapeamento por Técnicas Fotogramétricas". Curso Ministrado na Universidade Federal de Viçosa - MG. 1982.
- DALE, P. F. ; McLAUGHLIN, J. D. "Land Information Management". Oxford University Press. Oxford. 1990.
- DSG. Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército. "Manual Técnico de Aerotriangulação". Brasília, DF. 1984.
- DUARTE, P. A. "Cartografia Temática". 143 p. Ed. da UFSC. Florianópolis, SC. 1991.
- EASTMAN, J. R. "Raster Procedures for Multicriteria/Multi-Objective Decision. American Society for Photogrammetry". 1995.
- ERBA. D. A. "A Importância dos Aspectos Jurídicos no Cadastro Técnico Multifinalitário". Dissertação de Mestrado, UFSC. Florianópolis, SC. 1995.
- ESPARTEL, L. "Curso de Topografia". Porto Alegre. Editora Globo, 9ª edição, 1987.
- FAGUNDES, P. M.; TAVARES, P. E. M. "Fotogrametria". Rio de Janeiro, RJ. 1991.
- FAMEPAR – Instituto de Assistência aos Municípios do Estado do Paraná. "Manual do Cadastro Técnico Imobiliário". 73 p. Curitiba, PR. 1994.
- FERRARI, G. V.; HOCHHEIM, N. "Processo de Priorização de Propriedades Rurais a partir de Informações Cadastrais com Auxílio de SIG e Análise Multicritério". In: 2º COBRAC – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, SC. 1996.
- FIG – Federação Internacional de Geômetras. <http://150.162.76.25/geodésia-online>, 1998.

- GEMAEL, C. *"Introdução ao Ajustamento de Observações – Aplicações Geodésicas"*. Editora da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 1994.
- GILBERT, C. *"Erros em GPS"*. Revista Fator GIS, nº 19. Editora Sagres, 1997.
- HAMPEL, G. *"Conferência de Abertura"*. In: Seminário Nacional de Cadastro Técnico Rural e Urbano, Anais. Curitiba, PR. 1987.
- HARDT, C. *"Unificação de Bases Cartográficas - Unibase"*. In: I SENCTRU - Seminário Estadual de Cadastro Rural e Urbano, Anais. Curitiba, PR. 1987.
- HENSSEN, J. *"Cadastral Information, An Important Land Management Tool"*. ITC Journal. V.1, p. 49 a 54. 1996.
- HOCHHEIM, N. *"Cadastro Técnico Urbano"*. Notas de Aula. Florianópolis, SC. 1996.
- IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *"Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos"* (Coletânea das Normas Vigentes). Rio de Janeiro, RJ. 1998.
- IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *"Ajustamento da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro"*. Relatório. 87p. Rio de Janeiro, RJ. 1996.
- IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *"Noções Básicas de Cartografia"*. 127 p. Rio de Janeiro, RJ. 1997.
- IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *"Base de Informações Municipais – BIM"*. Cd-Room. Rio de Janeiro, RJ. 1998.
- JANSEN, R. *"Multicriteria Analysis and Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning"*. Netherlands, 1990.
- JOLY, Fernand. *"A Cartografia"*. 136 p. Ed. Papyrus, 1990.
- KAISER, R.; MADANI, M. *"A Digital Orthophoto System from Intergraph"*. 1992.
- LAMBECK, K. Geophysical Geodesy. *"The Slow Deformation Of The Earth"*. Clarendon, Oxford, 1988.
- LARSSON, G. *"Land Registration and Cadastral Systems"*. 175p. British Library. England. 1991.
- LIMA, D. G. *"Erros Previsíveis ou Temíveis nas Operações Topográficas"*. São Paulo, SP. 1991.
- LIMA, J. D. *"UFSC: Sonho e Realidade"*. UFSC, Florianópolis, 1980.
- LIMA, R. B. *"O Sistema Nacional de Cadastro Rural"*. In: I Seminário de Cadastro Técnico Rural e Urbano. Anais. Curitiba, PR. 1991.

- LOCH, C. "*Cadastro Técnico Municipal*" In: Seminário Catarinense de Engenharia de Agrimensura e Planejamento Municipal. FUCRI. Criciúma, SC. 1992.
- LOCH, C. "*Cadastro Técnico Multifinalitário*". Anais. In: II Encontro Gaúcho de Agrimensura e Cartografia". 1994.
- LOCH, C.; CORDINI, J. "*Topografia Contemporânea – Planimetria*". 320 p. Ed. UFSC. Florianópolis, SC. 1995.
- LOCH, C. & LAPOLLI, E. M. "*Elementos Básicos da Fotogrametria e sua Utilização Prática*". Editora da UFSC, Florianópolis, SC. 1994.
- LOPES, L. H. A. "*Preenchimento de Vazios e Renovação Urbana. Estudo dos Efeitos de Ocupação em Áreas de Solo Criado*". Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UFSC. Florianópolis, SC. 1996.
- LUGNANI, J. B. "*Introdução a Fototriangulação*". UFPR. Curitiba, PR. 1987.
- LUZ, G; OLIVEIRA, R. de. "*Desenvolvimento Técnico das Dimensões e Atributos do Ambiente Urbano*". In: 2º COBRAC – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Anais. Florianópolis, SC. 1996.
- MAGRO, F. H. S. "*Programa para Ajustamento de Redes Topográficas pelo Método de Variação de Coordenadas*". Anais. In: I Seminário Nacional de Cadastro Técnico Rural e Urbano. ITCF, Curitiba – PR. 1987.
- MANUAL DO USUÁRIO. "*Softdesk Civil Survey S7.2*". Distribuído no Brasil por Digicon. São Paulo, SP. 1996.
- MARISCO, N. "*Atualização de Plantas Cadastrais Utilizando Ortofotos Digitais*". Dissertação de Mestrado. 176 p. UFSC. Florianópolis, SC. 1997.
- MARSHAL, A. R. "*Network Design and Optimization in Close Range Photogrammetry*". 249 p. Kensington, 1989.
- MARTINELLI, M. "*Curso de Cartografia Temática*". 180 p. Ed. Contexto. São Paulo, 1991.
- MINISTÉRIO DO EXÉRCITO – Estado Maior das Forças Armadas. "*Aerotriangulação – Manual Técnico*". 2ª Edição, 1984.
- MITTERMAYER, E. A. "*Generalisation of the Least-Squares Method for the Adjustment of Free Network*". Bulletin Géodésique. Paris, 1972.
- NANNI, L. F. "*Análise Estatística de Dados com Uso de Técnicas Computacionais*". URGS. Porto Alegre, RS. 1986.

- NASCIMENTO, R da S.; LOCH, C. "*Análise da Organização Espacial Através do Cadastro Técnico Multifinalitário Rural*". In: 1º COBRAC – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Anais. Florianópolis, SC. 1994
- NETO, P. L. O. C. "*Estatística*". Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, SP. 1994.
- NOGUEIRA LOCH, R. E. "*Algumas Considerações sobre a Base Cartográfica*". In: 1º COBRAC - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Anais. Florianópolis, SC. 1994.
- OLIVEIRA, C. "*Dicionário Cartográfico*". IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ed. Rio de Janeiro, RJ. 1993.
- OLIVEIRA, C. "*Curso de Cartografia Moderna*". IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2ª Ed. Rio de Janeiro, RJ. 1993.
- OLIVEIRA, F. H. "*Qualidade da Base Geométrica para o Cadastro Técnico Multifinalitário*". Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1996.
- PAREDES, E. A. "*Sistema de Informação Geográfica-Cadastral*". Anais. In: I Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, SC. 1994.
- PESSOA, L. M. C. "*Efeitos que Degradam a Precisão GPS*". Revista Fator GIS, nº17. Editora Sagres, 1997.
- PHILIPS, J. "*Os Dez Mandamentos para um Cadastro Moderno de Bens Imobiliários*". In: 2º COBRAC - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Anais. UFSC, Florianópolis, SC. 1996.
- ROCHA, R. S. "*Rede de Referência Cadastral – Notas de Aula*", UFSC, 1999.
- ROMÃO, V. M. C.; CARNEIRO, A. F. T.; PHILIPS, J.; SILVA, T.F. "*Rede de Referência Cadastral Municipal – Uma Proposta do Grupo de Trabalho sobre Cadastro Municipal (GTCM)*". Anais. In: 2º COBRAC. Florianópolis, SC. 1996.
- ROSA, F. S. "*Metrópole e Representação Cartográfica*". Tese de Doutorado, São Paulo, 1989.
- SATO, S. S. "*Aplicação e Análise da Ortofoto Digital na Definição de Limites de Propriedades Imobiliárias – Estudo de Caso: Imóveis da UFSC*". Dissertação de Mestrado, 152 p. UFSC. Florianópolis, SC. 1996.
- SATO, S. S.; LOCH, C. "*Rede Planimétrica de Apoio na UFSC*". In: 2º COBRAC – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Anais. Florianópolis, SC. 1996.

- SAMPAIO, A. C. F.; GOMES, C. J. Martins. "*Sistematização da Cartografia em Levantamentos Cadastrais – Uma Aplicação aos Planos Diretores Municipais.*" Anais. In: 1º COBRAC, pag 52 a 59. Florianópolis, SC. 1994.
- SEEBER, G. "*Satellite Geodesy*". 1993.
- SEIFFERT, N. "*Mapeamento Cadastral Rural como Instrumento para a Otimização do Uso da Terra*". In: 1º COBRAC. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Anais. Florianópolis, SC. 1994.
- SILVA, T. F. "*Um Conceito de Cadastro Metropolitano*". Dissertação de Mestrado, UFPR. Curitiba, PR. 1979.
- SOUSA, L. F. C.; HOCHHEIM, N.; LOCH, C. "*Uso do Sensor Aerotransportável para a Atualização do Cadastro Imobiliário: Um Estudo de Caso*". In: XVI Congresso Brasileiro de Cartografia, Anais. Rio de Janeiro, RJ. 1993.
- TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. "*Introdução ao Sistema de Informação Geográfica*". Rio Claro, SP. 1992.
- TILLEY, G. B. "*Development and Application of Statewide Digital Orthophoto Quarter Mapping in Maryland*". In American Society of Photogrammetry. Washington, USA. 1992.
- TOPCON GPS Receivers Manual do GP-R1, Séries GPS Receivers Version 7ª, 1993.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. "*Plano Diretor Físico - Diagnóstico 1999*". Comissão do Plano Diretor Físico, pg 5 a 60. Florianópolis, 1999.
- WACHOWICZ, M. "*Cadastro Metropolitano*". In: I Seminário Nacional de Cadastro Técnico Rural e Urbano", Anais. ITCF, Curitiba, PR. 1987.
- WEIBEL, R.; BUTTENFIEL, B. P. "*Improvement of Gis Graphics for Analysis and Decision Making*". 1992.
- WOLF, P. R. "*Elements of Photogrammetry*". Ed. McGraw-Hill, New York, 1974.

**ANEXOS**

# ANEXOS

## ANEXOS A

### *Memorial Descritivo do VT-78 do SGB*

Diretoria de Geociências  
Departamento de Geodésia  
Divisão de Dados e Informações

\*\*\* Banco de Dados Geodésicos \*\*\*

Consulente: EDER SILVA - UFSC

Consulta: ESTAÇÃO BASE AÉREA  
Código:78 BASE AÉREA  
Município:FLORIANÓPOLIS  
UF:SC

#### DADOS PLANIMÉTRICOS

Latitude:27 40 41.5736 S  
Longitude:48 33 49.6949 W  
UTM(N):6936058.191  
UTM(E):40283.020  
MC:51

Medição:47  
Sigma Lat: 0.443 m  
Sigma Lon: 0.500 m  
Fator Escala:1.00031272  
Conv.M.Plana: -01 07 54  
Datum :SAD-69  
Ajuste:SET/96

## DADOS ALTIMÉTRICOS

Altitude :70.66 m  
Datum:Imbituba  
Medição:47  
Classe:Trigonométrica  
Ajuste:

## SITUAÇÃO DOS MARCOS

Última Visita:NOV/87  
Principal: BOM  
Ref.1/A: NÃO ENCONTRADO  
Ref.2/B: NÃO ENCONTRADO  
Ref.3/C: NÃO CONSTRUÍDO  
Azimute: NÃO CONSTRUÍDO  
Seg/Prof.: NÃO VISITADO

## ESTAÇÕES PRINCIPAIS VISADAS

Código	Nome	Azimute/Tipo	Valor	Distância(m)
		Geodésico		
11053	SG-22-1048		005 38 32.593	22693.23
	84 BIGUACU			
	85 MORRO DA CRUZ			
	77 CAMBIRELA			
	0 EP-11-X			
	0 EP-10-X			
	0 HV-19405-B			

## REFERÊNCIAS, AZIMUTES E DIVERSOS

Código	Nome	Tipo Azimute	Valor	Distância(m)
0	MARCO DE REF. A	Magnético	148	4.99
0	MARCO DE REF. B	Magnético	245	5.24
0	CAT. FLORIANOPOLIS	Magnético	020	8000.00
0	MARCO MARINHA	Magnético	214	3.06

## MEMORIAL DESCRITIVO

## LOCALIZAÇÃO

Último ajustamento global realizado em set/96

Codigo:78

Nome: BASE AÉREA

### LOCALIZAÇÃO

O VÉRTICE ESTÁ MATERIALIZADO NA PARTE MAIS ALTA DE UMA ELEVACAO, JUNTO A UM POSTE DE SINALIZAÇÃO DA BASE AÉREA E A UM MARCO DA MARINHA.

### DESCRIÇÃO

O MARCO PRINCIPAL É UM PRISMA QUADRANGULAR DE CONCRETO MEDINDO 15 X 15 CM, AFLORANDO 20 CM DO NIVEL DO SOLO, COM UMA CHAPA DO CNG CRAVADA NO TOPO, ESTAMPADA VT-BASE AEREA-78.

### ITINERÁRIO

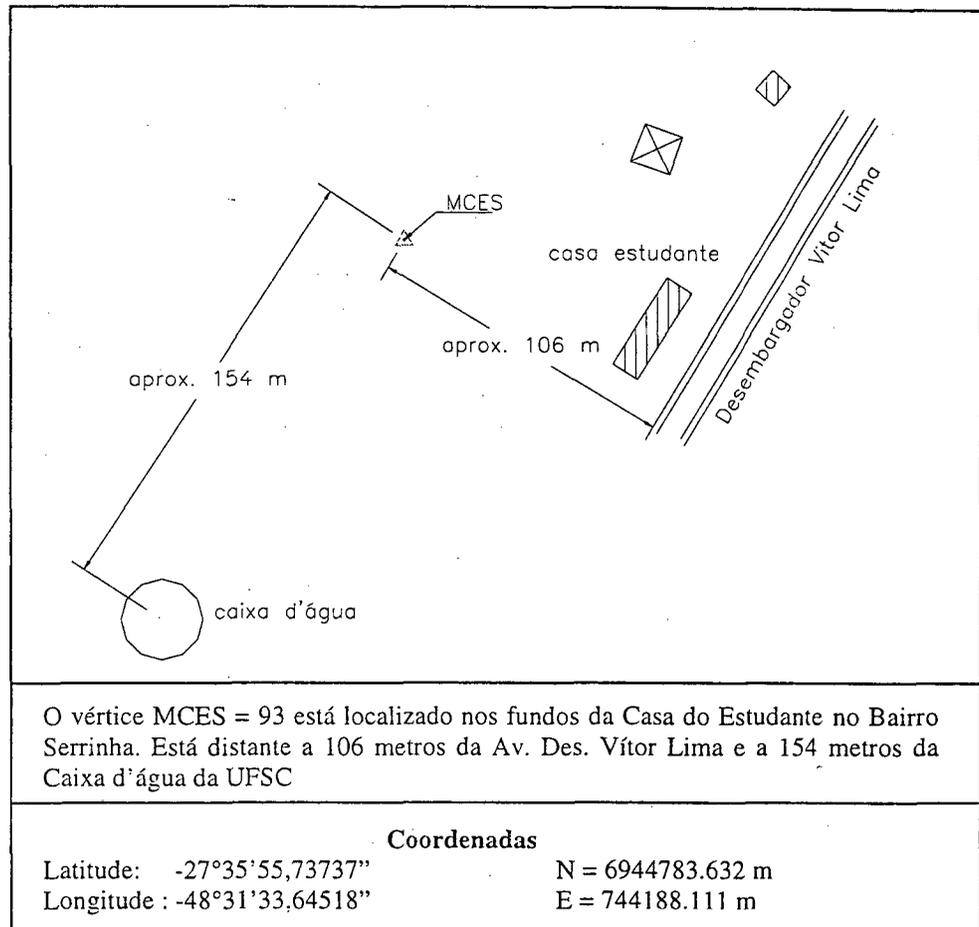
PARTE-SE DO PORTÃO DA BASE AÉREA DE FLORIANÓPOLIS, PRÓXIMO AO AEROPORTO HERCÍLIO LUZ, CONSIDERANDO O HODÔMETRO DO CARRO EM ZERO KM SEGUINDO-SE RUMO SUDOESTE NA DIREÇÃO A ÁREA DE COMANDO. COM 4 KM CHEGA-SE AO CORPO DA GUARDA. DESTE LOCAL SEGUE-SE EM DIREÇÃO AO CINEMA E AO BINFA PASSANDO-SE EM FRENTE AO CASSINO DOS OFICIAIS. COM 4,2 KM CHEGA-SE AO BINFA E SOBE-SE A PÉ POR UM MORRO À DIREITA. COM 10 MINUTOS DE CAMINHADA CHEGA-SE AO LOCAL DO VÉRTICE.

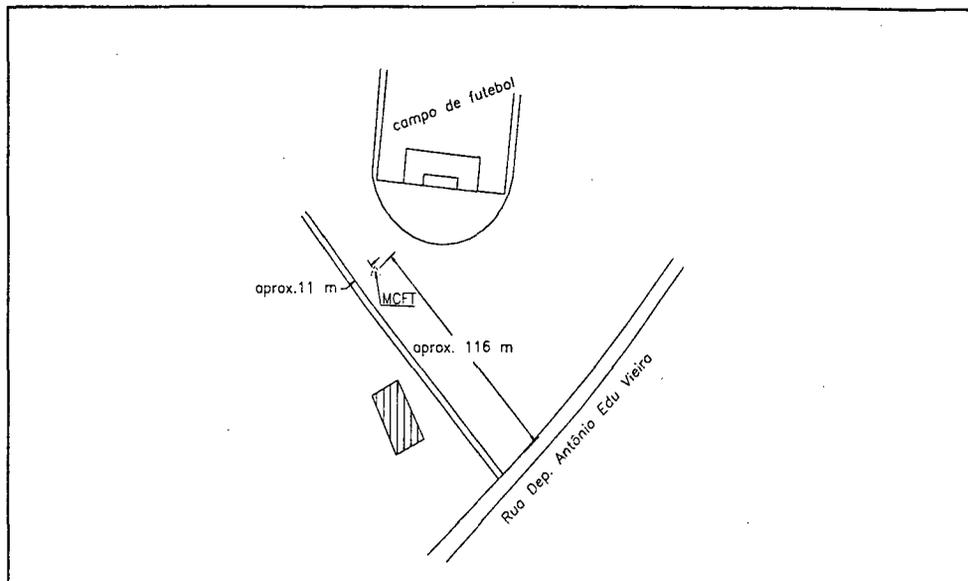
### OBSERVAÇÃO

SEU MARCO FOI ESTABELECIDO O SAT-90983.  
A VISIBILIDADE É TOTAL.  
NAO HÁ INFORMAÇÕES SOBRE O MARCO DE AZIMUTE.  
PERTENCE A BASE FLORIANÓPOLIS.

## ANEXOS B

### Localização dos Vértices das Bases





O Vértice MCFT está localizado no Bairro Pantanal, entre o Campo de Futebol e as quadras poliesportivas do Campus da UFSC. Está distante a 11m do passeio de acesso ao Centro de Desportos e distante de 118m da R. Dep. Antônio Edu Vieira

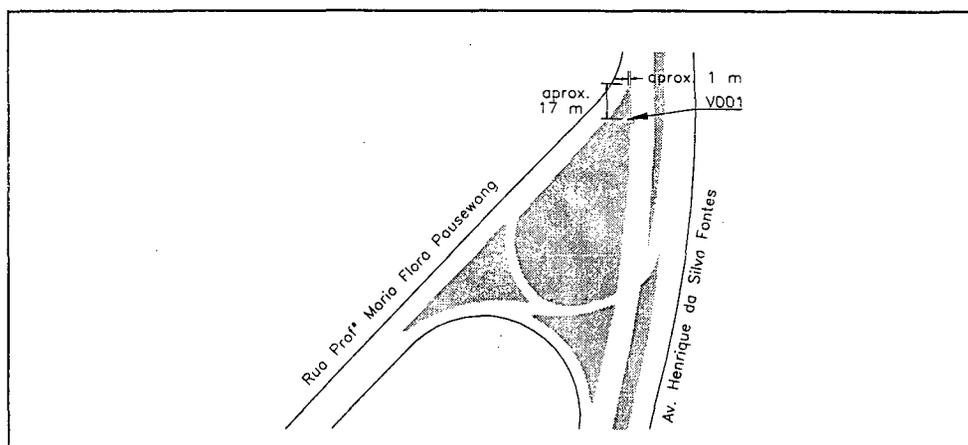
**Coordenadas**

Latitude: -27°36'15,84427"

N = 6944149,340

Longitude: -48°31'05,84717"

E = 744938,100



O Vértice V001 = 01 está localizado no trevo de acesso ao Hospital Universitário, sentido Beira Mar – Trindade e está localizado a 17m do início do canteiro central do trevo e a 1m da Av. Beira Mar. Aflora por 10 cm acima do chão.

**Coordenadas**

Latitude: -27°35'33,75949"

N = 6945437,809

Longitude: -48°30'52,88359"

E = 745319,689

# ANEXOS C

## Processamento das Sessões GPS

Topcon, Inc. GPPS-L

Program: LINECOMP  
Tue Dec 01 19:07:55 1998

Version: 5.0.00

### Project information

GPS Survey | 25-character project name [ The | is in column 26. ]  
2898C | 5-character session name  
Project information

### Known-station parameters

00 | Receiver identifier used in "LOGTIMES" file  
000003 | Project station number  
MCES | 4-character short name  
FIXED STATION | 25-character long name  
216 301 GOD MARCO\_CE\_UFSC | 25-character comment field  
Novo poligono | 25-Character Descriptor field  
0 | Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)  
S 27 35 57.54633 | Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
E 311 28 24.63332 | E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
W 48 31 35.36668 | W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
52.5810 | Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)  
0.0000 | North antenna offset (m)  
0.0000 | East antenna offset (m)  
0.0700 0.0000 0.0000 | Vert antenna offset (m): slant/radius/added\_offset  
20.0 | Temperature (degrees C)  
50.0 | Humidity (percent)  
1010.0 | Pressure (millibars)  
UMCESC98.289 | Measurement filename (restricted to 24 characters)

### Known-station parameters

### Unknown-station parameters

00 | Receiver identifier used in "LOGTIMES" file  
000004 | Project station number  
V001 | 4-character short name  
UNKNOWN STATION | 25-character long name  
212 312 AUR VERTC\_01\_UFSC | 25-character comment field  
Trevo Santa Monica/UFSC | 25-Character Descriptor field  
0 | Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)  
S 27 35 35.49247 | Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
E 311 29 5.47161 | E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
W 48 30 54.52839 | W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
10.7585 | Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)  
0.0000 | North antenna offset (m)  
0.0000 | East antenna offset (m)  
1.4960 0.1737 0.0000 | Vert antenna offset (m): slant/radius/added\_offset  
20.0 | Temperature (degrees C)  
50.0 | Humidity (percent)  
1010.0 | Pressure (millibars)  
UV001C98.289 | Measurement filename (restricted to 24 characters)

### Unknown-station parameters

### Run-time parameters

1 | First epoch to process  
-1 | Final epoch to process (-1 = last available)  
15.0 | Elevation cutoff angle (degrees)  
1 | Data to process (0=Wdln;1=L1;2=L2;3=L1c;6=RpdSt)  
0.010000 | Convergence criterion (meters)  
00 00 00 00 00 00 00 | Omit these satellites (up to 7)  
10 | Maximum iterations for tlsq and dlsq  
00 00 00 00 00 00 00 | Forbidden reference SVs (up to 7)  
yes | Apply tropo delay correction

### Run-time parameters

THE FIXED DOUBLE DIFFERENCE SOLUTION (L1)

Measure of geometry: 0.009555 Wavelength = 0.190294 (m/cycle)  
 num\_meas = 1517 num\_used = 1516 rms\_resid = 0.006544(m)  
 Post-Fit Chisq = 1631.203 NDF = 10.528

Reference SV: 9 Integer Search Ratio = 100.000

SV	Ambiguity	FIT	Meas	SV	Ambiguity	FIT	Meas
4	6320962.000X	0.026	268	5	-19877600.000X	0.024	268
6	10892149.000X	0.034	199	8	-19468014.000X	0.044	267
24	9530724.000X	0.033	263	30	29458516.000X	0.041	251

Sigmax (m): 0.003957  
 Sigmay (m): 0.005263  
 Sigmaz (m): 0.006019  
 x y z  
 x 1.00  
 y -0.62y 1.00  
 z -0.47z 0.70z 1.00

del\_station: -0.000029 -0.000164 -0.000220  
 Station1: FIXED STATION Station2: UNKNOWN STATION  
 (00003) (MCES) (00004) (V001)

Latitude:	-27.59931843	-27 35 57.54633	-27.59321340	-27 35 35.56824
E-Long :	311.47350926	311 28 24.63332	311.48483217	311 29 5.39580
W-Long :	48.52649074	48 31 35.36668	48.51516783	48 30 54.60420
E-Height:	52.5810		3.3583	

Baseline vector: 1016.1844 538.3111 622.3556

Mark1\_xyz : 3746134.4344 -4238181.5915 -2937252.4112  
 Az1 El1 D1 : 58.82092 -2.1633 1307.5688  
 E1 N1 U1 : 1117.8443 676.5217 -49.2227  
 Mark2\_xyz : 3747150.6188 -4237643.2804 -2936630.0556  
 Az2 El2 D2 : 238.81568 2.1515 1307.5688  
 E2 N2 U2 : -1117.8976 -676.5159 49.2227

Tue Dec 01 19:08:04 1998

#####  
 #####  
 #####

Ashtech, Inc. GPPS-L Program: LINECOMP Version: 5.2.00  
 Tue Dec 01 07:33:59 1998

Project information  
 GPS Survey |25-character project name [ The | is in column 26. ]  
 2938E |5-character session name  
 Project information

Known-station parameters  
 00 |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file  
 000002 |Project station number  
 MCFT |4-character short name  
 FIXED STATION |25-character long name  
 212 312 MAU VT\_CAMPO\_UFSC |25-character comment field  
 Novo Poligono |25-Character Descriptor field  
 0 |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)  
 S 27 36 17.65340 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
 E 311 28 52.43147 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
 W 48 31 7.56853 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
 13.1250 |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)  
 0.0000 |North antenna offset(m)  
 0.0000 |East antenna offset (m)  
 0.0700 0.0000 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added\_offset  
 20.0 |Temperature (degrees C)  
 50.0 |Humidity (percent)  
 1010.0 |Pressure (millibars)  
 UMCFTE98.293 |Measurement filename (restricted to 24 characters)  
 Known-station parameters

Unknown-station parameters  
 00 |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file  
 000004 |Project station number  
 V001 |4-character short name  
 UNKNOWN STATION |25-character long name  
 216 301 AUR VT\_TREVO\_UFSC |25-character comment field  
 Acesso UFSC Av.Beira Mar |25-Character Descriptor field

```

0 | Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 35 35.72076 | Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 29 5.41876 | E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 30 54.58124 | W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
 42.3612 | Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
 0.0000 | North antenna offset(m)
 0.0000 | East antenna offset (m)
1.4610 0.1737 0.0000 | Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
 20.0 | Temperature (degrees C)
 50.0 | Humidity (percent)
1010.0 | Pressure (millibars)
UV001E98.293 | Measurement filename (restricted to 24 characters)

```

Unknown-station parameters

Run-time parameters

```

1 | First epoch to process
-1 | Final epoch to process (-1 = last available)
15.0 | Elevation cutoff angle (degrees)
1 | Data to process (0=Wdln;1=L1;2=L2;3=L1c;6=RpdSt)
0.010000 | Convergence criterion (meters)
00 00 00 00 00 00 00 | Omit these satellites (up to 7)
10 | Maximum iterations for tlsq and dlsq
00 00 00 00 00 00 00 | Forbidden reference SVs (up to 7)
yes | Apply tropo delay correction

```

Run-time parameters

THE FIXED DOUBLE DIFFERENCE SOLUTION (L1)

```

Measure of geometry: 0.012329 Wavelength = 0.190294 (m/cycle)
num_meas = 1194 num_used = 1191 rms_resid = 0.006013(m)
Post-Fit Chisq = 1069.439 NDF = 8.271

```

Reference SV: 29

Integer Search Ratio = 100.000

SV	Ambiguity	FIT	Meas	SV	Ambiguity	FIT	Meas
1	20046581.000X	0.023	241	3	5417822.000X	0.038	240
21	-28601795.000X	0.031	240	25	-1673472.000X	0.038	229
31	-7556214.000X	0.025	241				

```

Sigmax (m): 0.008113
Sigmay (m): 0.005570
Sigmaz (m): 0.003702

```

```

x 1.00
y -0.78y 1.00
z -0.50z 0.63z 1.00

```

del\_station: 0.000014 0.000029 0.000207

Station1: FIXED STATION

Station2: UNKNOWN STATION

	(00002)	(MCFT)	(00004)	(V001)
Latitude:	-27.60490372	-27 36 17.65340	-27.59321352	-27 35 35.56867
E-Long :	311.48123096	311 28 52.43147	311.48483197	311 29 5.39511
W-Long :	48.51876904	48 31 7.56853	48.51516803	48 30 54.60489
E-Height:	13.1250		3.3402	

Baseline vector: 658.1202 -207.6200 1152.5563

```

Mark1_xyz : 3746492.4697 -4237435.6565 -2937782.6150
Az1 El1 D1 : 15.34674 -0.4234 1343.3593
E1 N1 U1 : 355.4863 1295.4305 -9.7848
Mark2_xyz : 3747150.5900 -4237643.2765 -2936630.0587
Az2 El2 D2 : 195.34507 0.4113 1343.3593
E2 N2 U2 : -355.5235 -1295.4264 9.7848

```

Tue Dec 01 07:36:05 1998

```

#####
#####
#####
#####

```

Ashtech, Inc. GPPS-L

Program: LINECOMP  
Fri Nov 27 09:11:12 1998

Version: 5.2.00

Project information

```

GPS Survey |25-character project name [ The | is in column 26. ]
2948F |5-character session name
Project information

```

Known-station parameters

```

00 |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file
000003 |Project station number
MCF |4-character short name
FIXED STATION |25-character long name
212 312 MAU VT_CAMPO_UFSC |25-character comment field
Sul Campo de Futebol UFSC |25-Character Descriptor field
0 |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 36 17.65324 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 28 52.43155 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 31 7.56845 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
13.1243 |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
0.0000 |North antenna offset(m)
0.0000 |East antenna offset (m)
0.0700 0.0000 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
20.0 |Temperature (degrees C)
50.0 |Humidity (percent)
1010.0 |Pressure (millibars)
UMCFTF98.294 |Measurement filename (restricted to 24 characters)
Known-station parameters

```

```

Unknown-station parameters
00 |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file
000002 |Project station number
MCES |4-character short name
UNKNOWN STATION |25-character long name
216 301 AUR MARCO_CE_UFSC |25-character comment field
Casa do Estudante Fem. |25-Character Descriptor field
0 |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 35 57.65651 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 28 24.58404 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 31 35.41596 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
77.5567 |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
0.0000 |North antenna offset(m)
0.0000 |East antenna offset (m)
0.0700 0.0000 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
20.0 |Temperature (degrees C)
50.0 |Humidity (percent)
1010.0 |Pressure (millibars)
UMCESF98.294 |Measurement filename (restricted to 24 characters)
Unknown-station parameters

```

```

Run-time parameters
1 |First epoch to process
-1 |Final epoch to process (-1 = last available)
15.0 |Elevation cutoff angle (degrees)
1 |Data to process (0=Wdln;1=L1;2=L2;3=Llc;6=RpdSt)
0.010000 |Convergence criterion (meters)
00 00 00 00 00 00 00 |Omit these satellites (up to 7)
10 |Maximum iterations for tlsq and dlsq
00 00 00 00 00 00 00 |Forbidden reference SVs (up to 7)
yes |Apply tropo delay correction
Run-time parameters

```

```

THE FIXED DOUBLE DIFFERENCE SOLUTION (L1)
Measure of geometry: 0.007369 Wavelength = 0.190294 (m/cycle)
num_meas = 1729 num_used = 1692 rms_resid = 0.011218(m)
Post-Fit Chisq = 5922.903 NDF = 11.750

```

```

Reference SV: 3 Integer Search Ratio = 100.000
SV Ambiguity FIT Meas SV Ambiguity FIT Meas
1 -8802558.000X 0.032 276 17 -21183415.000X 0.049 209
21 -7488133.000X 0.060 276 22 21784631.000X 0.094 126
23 -3050929.000X 0.068 275 29 -12220953.000X 0.057 267
31 22305692.000X 0.057 263

```

```

Sigmax (m): 0.007900
Sigmay (m): 0.007082
Sigmaz (m): 0.006434
x y z
x 1.00
y-0.64y 1.00
z-0.64z 0.62z 1.00

```

```

del_station: -0.000941 0.000434 0.001332
Station1: FIXED STATION Station2: UNKNOWN STATION
(00003) (MCF) (00002) (MCES)
Latitude: -27.60490368 -27 36 17.65324 -27.59931838 -27 35 57.54616

```

```

E-Long   : 311.48123099 311 28 52.43155          311.47350928 311 28 24.63342
W-Long   : 48.51876901 48 31 7.56845           48.52649072 48 31 35.36658
E-Height: 13.1243                               52.5806

```

```

Baseline vector:      -358.0346      -745.9349      530.2038

```

```

Mark1_xyz : 3746492.4725 -4237435.6563 -2937782.6103
Az1 El1 D1 :      309.07221      2.2966      982.7124
El N1 U1  :      -762.2748      618.9257      39.4563
Mark2_xyz : 3746134.4379 -4238181.5912 -2937252.4064
Az2 El2 D2 :      129.07579      -2.3055      982.7124
E2 N2 U2  :      762.3181      -618.9290      -39.4563
Fri Nov 27 09:15:12 1998

```

```

#####
#####
#####

```

```

Ashtech, Inc. GPPS-L          Program: LINECOMP          Version: 5.2.00
                               Mon Nov 30 21:52:10 1998

```

```

Project information
GPS Survey      |25-character project name [ The | is in column 26. ]
3008J          |5-character session name
Project information

```

```

Known-station parameters
00              |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file
000001         |Project station number
VT78           |4-character short name
FIXED STATION  |25-character long name
216 301 AUR VT_BASE_AEREA |25-character comment field
Morro do Cinema |25-Character Descriptor field
0              |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 40 43.38312 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 26 8.58124 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 33 51.41876 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
70.6600        |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
0.0000         |North antenna offset(m)
0.0000         |East antenna offset (m)
1.4540 0.1737 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
20.0           |Temperature (degrees C)
50.0           |Humidity (percent)
1010.0         |Pressure (millibars)
UVT78J98.300  |Measurement filename (restricted to 24 characters)
Known-station parameters

```

```

Unknown-station parameters
00              |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file
000003         |Project station number
MCES           |4-character short name
UNKNOWN STATION |25-character long name
212 312 AUR MARCO_CE_UFSC |25-character comment field
Oeste Casa Estudante Fem. |25-Character Descriptor field
0              |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 35 57.54650 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 28 24.63324 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 31 35.36676 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
52.5825        |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
0.0000         |North antenna offset(m)
0.0000         |East antenna offset (m)
0.0700 0.0000 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
20.0           |Temperature (degrees C)
50.0           |Humidity (percent)
1010.0         |Pressure (millibars)
UMCESJ98.300  |Measurement filename (restricted to 24 characters)
Unknown-station parameters

```

```

Run-time parameters
1              |First epoch to process
-1             |Final epoch to process (-1 = last available)
15.0          |Elevation cutoff angle (degrees)
1             |Data to process (0=Wdln;1=L1;2=L2;3=L1c;6=RpdSt)
0.010000     |Convergence criterion (meters)
00 00 00 00 00 00 00 |Omit these satellites (up to 7)
10           |Maximum iterations for tlsq and dlsq

```

00 00 00 00 00 00 00 |Forbidden reference SVs (up to 7)  
yes |Apply tropo delay correction  
Run-time parameters

THE FIXED DOUBLE DIFFERENCE SOLUTION (L1)  
Measure of geometry: 0.012592 Wavelength = 0.190294 (m/cycle)  
num\_meas = 3273 num\_used = 3270 rms\_resid = 0.025088(m)  
Post-Fit Chisq = 9710.365 NDF = 22.708  
Reference SV: 30 Integer Search Ratio = 100.000

SV	Ambiguity	FIT	Meas	SV	Ambiguity	FIT	Meas
5	-5606306.000X	0.138	516	6	-10307530.000X	0.104	516
8	14901527.000X	0.129	447	9	-36501634.000X	0.058	202
10	-48390686.000X	0.164	514	17	-30903032.000X	0.101	436
24	-2651123.000X	0.138	300	25	-21112901.000X	0.166	339

Sigmax (m): 0.011746  
Sigmay (m): 0.012556  
Sigmaz (m): 0.009261  
x y z  
x 1.00  
y-0.71y 1.00  
z-0.54z 0.60z 1.00

del\_station: -0.000382 0.000578 0.000716  
Station1: FIXED STATION Station2: UNKNOWN STATION  
(00001) (VT78) (00003) (MCES)  
Latitude: -27.67871753 -27 40 43.38312 -27.59931847 -27 35 57.54650  
E-Long : 311.43571701 311 26 8.58124 311.47350923 311 28 24.63324  
W-Long : 48.56428299 48 33 51.41876 48.52649077 48 31 35.36676  
E-Height: 70.6600 52.5825

Baseline vector: 5486.8730 -577.9844 7802.9457

Mark1\_xyz : 3740647.5591 -4237603.6077 -2945055.3623  
Az1 El1 D1 : 22.98054 -0.1515 9556.4535  
E1 N1 U1 : 3728.3218 8798.6485 -18.0775  
Mark2\_xyz : 3746134.4321 -4238181.5921 -2937252.4166  
Az2 El2 D2 : 202.96301 0.0653 9556.4535  
E2 N2 U2 : -3731.0035 -8798.5227 18.0775  
Mon Nov 30 21:58:29 1998

#####  
#####  
#####

Ashtech, Inc. GPPS-L Program: LINECOMP Version: 5.2.00  
Mon Nov 30 21:58:31 1998

Project information  
GPS Survey |25-character project name [ The | is in column 26. ]  
3008J |5-character session name  
Project information

Known-station parameters  
00 |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file  
000001 |Project station number  
VT78 |4-character short name  
FIXED STATION |25-character long name  
216 301 AUR VT\_BASE\_AEREA |25-character comment field  
Morro do Cinema |25-Character Descriptor field  
0 |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)  
S 27 40 43.38312 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
E 311 26 8.58124 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
W 48 33 51.41876 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
70.6600 |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)  
0.0000 |North antenna offset(m)  
0.0000 |East antenna offset (m)  
1.4540 0.1737 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added\_offset  
20.0 |Temperature (degrees C)  
50.0 |Humidity (percent)  
1010.0 |Pressure (millibars)  
UVT78J98.300 |Measurement filename (restricted to 24 characters)  
Known-station parameters

Unknown-station parameters  
00 |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file

```

000002      |Project station number
MCFT        |4-character short name
UNKNOWN STATION |25-character long name
212 312 MAU VT_CAMPO_UFSC |25-character comment field
Lado Sul Campo Fut. UFSC |25-Character Descriptor field
0           |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 36 17.65324 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 28 52.43155 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 31 7.56845 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
    13.1243      |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
    0.0000       |North antenna offset(m)
    0.0000       |East antenna offset (m)
    0.0700 0.0000 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
    20.0         |Temperature (Degrees C)
    50.0         |Humidity (percent)
    1010.0       |Pressure (millibars)
UMCFTJ98.300 |Measurement filename (restricted to 24 characters)
Unknown-station parameters

```

```

Run-time parameters
    1           |First epoch to process
   -1          |Final epoch to process (-1 = last available)
  15.0         |Elevation cutoff angle (degrees)
    1          |Data to process (0=Wdln;1=L1;2=L2;3=Llc;6=RpdSt)
  0.010000    |Convergence criterion (meters)
00 00 00 00 00 00 |Omit these satellites (up to 7)
  10          |Maximum iterations for tlsq and dlsq
00 00 00 00 00 00 |Forbidden reference SVs (up to 7)
yes          |Apply tropo delay correction
Run-time parameters

```

```

THE FIXED DOUBLE DIFFERENCE SOLUTION (L1)
Measure of geometry: 0.013432      Wavelength = 0.190294 (m/cycle)
num_meas = 3070      num_used = 3070      rms_resid = 0.010914(m)
Post-Fit Chisq = 1780.140      NDF      = 21.319

```

```

Reference SV: 9      Integer Search Ratio = 100.000
SV  Ambiguity      FIT  Meas  SV  Ambiguity      FIT  Meas
 4  -10554549.000X  0.058  542   5  16437186.000X  0.040  544
 6   6614436.000X  0.071  253   7  21357901.000X  0.071  129
 8   7809837.000X  0.048  544  24  14741018.000X  0.060  542
26  10325322.000X  0.062  168  30  3018688.000X  0.069  348

```

```

Sigmax (m):      0.004731
Sigmay (m):      0.005905
Sigmaz (m):      0.005242
x      y      z
x 1.00
y-0.66y 1.00
z-0.55z 0.62z 1.00

```

```

del_station: -0.000114 0.000031 0.000043
Station1: FIXED STATION      Station2: UNKNOWN STATION
      (00001)      (VT78)      (00002)      (MCFT)
Latitude: -27.67871753 -27 40 43.38312      -27.60490368 -27 36 17.65324
E-Long : 311.43571701 311 26 8.58124      311.48123099 311 28 52.43155
W-Long : 48.56428299 48 33 51.41876      48.51876901 48 31 7.56845
E-Height: 70.6600      13.1243

```

```

Baseline vector:      5844.9134      167.9514      7272.7520

```

```

Mark1_xyz : 3740647.5591 -4237603.6077 -2945055.3623
Az1 E11 D1 : 28.78253 -0.3953 9331.8884
E1 N1 U1 : 4490.0970 8179.7210 -57.5357
Mark2_xyz : 3746492.4725 -4237435.6563 -2937782.6103
Az2 E12 D2 : 208.76141 0.3112 9331.8884
E2 N2 U2 : -4493.0711 -8179.5598 57.5357
Mon Nov 30 22:03:55 1998

```

```

#####
#####
#####

```

```

Project information
GPS Survey          |25-character project name [ The | is in column 26. ]
2968H              |5-character session name
Project information

```

```

Known-station parameters
00                |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file
000004           |Project station number
V001             |4-character short name
FIXED STATION    |25-character long name
212 312 MAU VT_TREVO_UFSC |25-character comment field
Trevo santa Monica/UFSC |25-Character Descriptor field
0               |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 35 35.56851 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 29 5.39535 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 30 54.60465 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
    3.3460        |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
    0.0000        |North antenna offset(m)
    0.0000        |East antenna offset (m)
    1.4610 0.1737 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
    20.0          |Temperature (degrees C)
    50.0          |Humidity (percent)
    1010.0        |Pressure (millibars)
UV001H98.296    |Measurement filename (restricted to 24 characters)
Known-station parameters

```

```

Unknown-station parameters
00                |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file
000000           |Project station number
1002             |4-character short name
UNKNOWN STATION  |25-character long name
216 301 AUR PANIF_SERRINH |25-character comment field
0               |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 35 50.45719 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 28 34.01972 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 31 25.98028 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
    40.9480       |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
    0.0000        |North antenna offset(m)
    0.0000        |East antenna offset (m)
    2.4900 0.1737 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
    20.0          |Temperature (degrees C)
    50.0          |Humidity (percent)
    1010.0        |Pressure (millibars)
U1002H98.295    |Measurement filename (restricted to 24 characters)
Unknown-station parameters

```

```

Run-time parameters
    1             |First epoch to process
   -1            |Final epoch to process (-1 = last available)
  15.0           |Elevation cutoff angle (degrees)
    1            |Data to process (0=Wdln;1=L1;2=L2;3=Llc;6=RpdSt)
  0.010000       |Convergence criterion (meters)
  00 00 00 00 00 00 00 |Omit these satellites (up to 7)
    10           |Maximum iterations for tlsq and dlsq
  00 00 00 00 00 00 00 |Forbidden reference SVs (up to 7)
  yes            |Apply tropo delay correction
Run-time parameters

```

```

THE FIXED DOUBLE DIFFERENCE SOLUTION (L1)
Measure of geometry: 0.012804      Wavelength = 0.190294 (m/cycle)
num_meas = 458      num_used = 458      rms_resid = 0.009192(m)
Post-Fit Chisq = 1084.022      NDF = 3.181

```

```

Reference SV: 15      Integer Search Ratio = 94.731
SV  Ambiguity  FIT  Meas  SV  Ambiguity  FIT  Meas
14  -30621210.000X  0.024  132  16  -28692907.000X  0.062  120
18  -33824486.000X  0.064  28   22  -30965043.482f  0.057  46
25  -5953055.194f  0.045  132

```

```

Sigmax (m): 0.009150
Sigmay (m): 0.010069
Sigmaz (m): 0.011368
x      y      z
x 1.00
y-0.60y 1.00
z-0.56z 0.48z 1.00

```

```

del_station: 0.000000 0.000000 -0.000000
Station1: FIXED STATION          Station2: UNKNOWN STATION
           (00004)      (V001)          (00000)      (1002)
Latitude: -27.59321348 -27 35 35.56851 -27.59722664 -27 35 50.01590
E-Long   : 311.48483204 311 29 5.39535   311.47604289 311 28 33.75440
W-Long   : 48.51516796 48 30 54.60465   48.52395711 48 31 26.24560
E-Height: 3.3460                          13.2083

```

```

Baseline vector:      -780.7434      -426.9683      -398.6903

```

```

Mark1_xyz : 3747150.5998 -4237643.2776 -2936630.0571
Az1 El1 D1 :      242.86278      0.5751      975.0980
E1 N1 U1  :      -867.7425      -444.7107      9.8623
Mark2_xyz : 3746369.8564 -4238070.2459 -2937028.7474
Az2 El2 D2 :      62.86685      -0.5839      975.0980
E2 N2 U2  :      867.7123      444.7116      -9.8623
Tue Dec 01 21:24:41 1998

```

```

#####
#####
#####

```

```

Topcon, Inc. GPPS-L          Program: LINECOMP          Version: 5.0.00
Tue Dec 01 21:24:47 1998

```

```

Project information
GPS Survey          |25-character project name [ The | is in column 26. ]
2968H              |5-character session name
Project information

```

```

Known-station parameters
00                |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file
000004           |Project station number
V001             |4-character short name
FIXED STATION    |25-character long name
212 312 MAU VT_TREVO_UFSC |25-character comment field
Trevosanta Monica/UFSC |25-Character Descriptor field
0                |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 35 35.56851 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 29 5.39535 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 30 54.60465 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
3.3460           |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
0.0000           |North antenna offset(m)
0.0000           |East antenna offset (m)
1.4610 0.1737 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
20.0             |Temperature (degrees C)
50.0             |Humidity (percent)
1010.0           |Pressure (millibars)
UV001H98.296    |Measurement filename (restricted to 24 characters)
Known-station parameters

```

```

Unknown-station parameters
00                |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file
000000           |Project station number
1004             |4-character short name
UNKNOWN STATION  |25-character long name
216 301 AUR CANTEIROELASE |25-character comment field
Associacao serv.ELETROSUL |25-Character Descriptor field
0                |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 36 16.43842 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 28 38.39482 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 31 21.60518 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
22.7349         |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
0.0000          |North antenna offset(m)
0.0000          |East antenna offset (m)
1.7800 0.1737 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
20.0            |Temperature (degrees C)
50.0            |Humidity (percent)
1010.0          |Pressure (millibars)
U1004H98.295    |Measurement filename (restricted to 24 characters)
Unknown-station parameters

```

```

Run-time parameters
1                |First epoch to process
-1              |Final epoch to process (-1 = last available)
15.0            |Elevation cutoff angle (degrees)

```

```

1 |Data to process (0=Wdln;1=L1;2=L2;3=L1c;6=RpdSt)
0.010000 |Convergence criterion (meters)
00 00 00 00 00 00 00 |Omit these satellites (up to 7)
10 |Maximum iterations for tllsq and dlsq
00 00 00 00 00 00 00 |Forbidden reference SVs (up to 7)
yes |Apply tropo delay correction
Run-time parameters

```

```

THE FIXED DOUBLE DIFFERENCE SOLUTION (L1)
Measure of geometry: 0.012937 Wavelength = 0.190294 (m/cycle)
num_meas = 572 num_used = 570 rms_resid = 0.009692(m)
Post-Fit Chisq = 1294.473 NDF = 3.958

```

```

Reference SV: 15 Integer Search Ratio = 100.000
SV Ambiguity FIT Meas SV Ambiguity FIT Meas
1 -22179655.000X 0.056 56 14 -32069447.000X 0.048 133
25 -9860552.000X 0.034 133 29 1608326.000X 0.042 133
31 -19222938.000X 0.073 115

```

```

Sigmax (m): 0.011330
Sigmay (m): 0.010774
Sigmaz (m): 0.007963
x y z
x 1.00
y -0.68y 1.00
z -0.37z 0.59z 1.00

```

```

del_station: 0.000138 -0.000229 -0.000060
Station1: FIXED STATION Station2: UNKNOWN STATION
(00004) (V001) (00000) (1004)
Latitude: -27.59321348 -27 35 35.56851 -27.60436457 -27 36 15.71245
E-Long : 311.48483204 311 29 5.39535 311.47751765 311 28 39.06353
W-Long : 48.51516796 48 30 54.60465 48.52248235 48 31 20.93647
E-Height: 3.3460 13.6970

```

```

Baseline vector: -914.0928 -56.2998 -1099.8785

```

```

Mark1_xyz : 3747150.5998 -4237643.2776 -2936630.0571
Az1 E11 D1 : 210.29927 0.4079 1431.2471
E1 N1 U1 : -722.1415 -1235.6859 10.3510
Mark2_xyz : 3746236.5070 -4237699.5774 -2937729.9356
Az2 E12 D2 : 30.30266 -0.4208 1431.2471
E2 N2 U2 : 722.0696 1235.6899 -10.3510

```

```

Tue Dec 01 21:24:51 1998

```

```

#####
#####
#####

```

```

Topcon, Inc. GPPS-L Program: LINECOMP Version: 5.0.00
Tue Dec 01 21:01:11 1998

```

```

Project information
GPS Survey |25-character project name { The | is in column 26. }
2948G |5-character session name
Project information

```

```

Known-station parameters
00 |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file
000004 |Project station number
V001 |4-character short name
FIXED STATION |25-character long name
216 301 MAU VT_TREVO_UFSC |25-character comment field
Trevo Sta Monica/UFSC |25-Character Descriptor field
0 |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 35 35.56851 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 29 5.39535 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 30 54.60465 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
3.3460 |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
0.0000 |North antenna offset(m)
0.0000 |East antenna offset (m)
1.4300 0.1737 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
20.0 |Temperature (degrees C)
50.0 |Humidity (percent)
1010.0 |Pressure (millibars)
UV001G98.294 |Measurement filename (restricted to 24 characters)

```

Known-station parameters

Unknown-station parameters

```

00 |Receiver identifier used in "LOGTIMES" file
000000 |Project station number
1006 |4-character short name
UNKNOWN STATION |25-character long name
212 312 EDE CERCASTA_UFSC |25-character comment field
Av.Frente Campo Futbol |25-Character Descriptor field
0 |Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)
S 27 35 23.56604 |Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
E 311 29 26.06741 |E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
W 48 30 33.93259 |W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)
76.9250 |Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)
0.0000 |North antenna offset(m)
0.0000 |East antenna offset (m)
1.9300 0.1737 0.0000 |Vert antenna offset (m): slant/radius/added_offset
20.0 |Temperature (degrees C)
50.0 |Humidity (percent)
1010.0 |Pressure (millibars)
U1006G98.294 |Measurement filename (restricted to 24 characters)

```

Unknown-stations parameters

Run-time parameters

```

1 |First epoch to process
-1 |Final epoch to process (-1 = last available)
15.0 |Elevation cutoff angle (degrees)
1 |Data to process (0=Wdln;1=L1;2=L2;3=L1c;6=RpdSt)
0.010000 |Convergence criterion (meters)
00 00 00 00 00 00 00 |Omit these satellites (up to 7)
10 |Maximum iterations for tlsq and dlsq
00 00 00 00 00 00 00 |Forbidden reference SVs (up to 7)
yes |Apply tropo delay correction

```

Run-time parameters

THE FIXED DOUBLE DIFFERENCE SOLUTION (L1)

```

Measure of geometry: 0.014648 Wavelength = 0.190294 (m/cycle)
num_meas = 669 num_used = 669 rms_resid = 0.009181(m)
Post-Fit Chisq = 1749.604 NDF = 4.646

```

Reference SV: 29

Integer Search Ratio = 99.814

SV	Ambiguity	FIT	Meas	SV	Ambiguity	FIT	Meas
1	-4469252.000X	0.049	142	3	-19290229.000X	0.045	139
21	-4781673.000X	0.067	105	25	-11080781.000X	0.045	141
31	12001418.000X	0.036	142				

```

Sigmax (m): 0.015673
Sigmay (m): 0.012224
Sigmaz (m): 0.007712

```

```

x y z
x 1.00
y-0.75y 1.00
z-0.44z 0.74z 1.00

```

del\_station: -0.000000 0.000000 0.000000

```

Station1: FIXED STATION Station2: UNKNOWN STATION
(00004) (V001) (00000) (1006)
Latitude: -27.59321348 -27 35 35.56851 -27.58987071 -27 35 23.53455
E-Long : 311.48483204 311 29 5.39535 311.49057507 311 29 26.07027
W-Long : 48.51516796 48 30 54.60465 48.50942493 48 30 33.92973
E-Height: 3.3460 2.7397

```

Baseline vector: 538.0469 247.5044 328.5752

```

Mark1_xyz : 3747150.5998 -4237643.2776 -2936630.0571
Az1 E11 D1 : 56.84523 -0.0543 677.2847
E1 N1 U1 : 567.0028 370.4218 -0.6063
Mark2_xyz : 3747688.6467 -4237395.7732 -2936301.4819
Az2 E12 D2 : 236.84257 0.0482 677.2847
E2 N2 U2 : -567.0200 -370.4216 0.6063

```

Tue Dec 01 21:01:15 1998

```

#####
#####
#####
#####

```

Project information  
GPS Survey | 25-character project name [ The | is in column 26. ]  
2948G | 5-character session name  
Project information

Known-station parameters  
00 | Receiver identifier used in "LOGTIMES" file  
000004 | Project station number  
V001 | 4-character short name  
FIXED STATION | 25-character long name  
216 301 MAU VT\_TREVO\_UFSC | 25-character comment field  
Trevo Sta Monica/UFSC | 25-Character Descriptor field  
0 | Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)  
S 27 35 35.56851 | Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
E 311 29 5.39535 | E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
W 48 30 54.60465 | W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
3.3460 | Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)  
0.0000 | North antenna offset (m)  
0.0000 | East antenna offset (m)  
1.4300 0.1737 0.0000 | Vert antenna offset (m): slant/radius/added\_offset  
20.0 | Temperature (degrees C)  
50.0 | Humidity (percent)  
1010.0 | Pressure (millibars)  
UV001G98.294 | Measurement filename (restricted to 24 characters)

Known-station parameters  
Unknown-station parameters  
00 | Receiver identifier used in "LOGTIMES" file  
000000 | Project station number  
1007 | 4-character short name  
UNKNOWN STATION | 25-character long name  
212 312 EDE MURO\_STA\_UFSC | 25-character comment field  
0 | Position extraction (0=below,1=U-file,2=proj. file)  
S 27 35 43.40865 | Latitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
E 311 29 18.09615 | E-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
W 48 30 41.90385 | W-Longitude deg-min-sec (g=good;b=bad)  
2.3102 | Ellipsoidal height (m) (g=good;b=bad)  
0.0000 | North antenna offset (m)  
0.0000 | East antenna offset (m)  
2.0000 0.1737 0.0000 | Vert antenna offset (m): slant/radius/added\_offset  
20.0 | Temperature (degrees C)  
50.0 | Humidity (percent)  
1010.0 | Pressure (millibars)  
U1007G98.294 | Measurement filename (restricted to 24 characters)

Unknown-station parameters  
Run-time parameters  
1 | First epoch to process  
-1 | Final epoch to process (-1 = last available)  
15.0 | Elevation cutoff angle (degrees)  
1 | Data to process (0=Wdln;1=L1;2=L2;3=Llc;6=RpdSt)  
0.010000 | Convergence criterion (meters)  
00 00 00 00 00 00 00 | Omit these satellites (up to 7)  
10 | Maximum iterations for tlsq and dlsq  
00 00 00 00 00 00 00 | Forbidden reference SVs (up to 7)  
yes | Apply tropo delay correction  
Run-time parameters

THE FIXED DOUBLE DIFFERENCE SOLUTION (L1)  
Measure of geometry: 0.014555 Wavelength = 0.190294 (m/cycle)  
num\_meas = 645 num\_used = 641 rms\_resid = 0.005189(m)  
Post-Fit Chisq = 588.469 NDF = 4.451

Reference SV: 29 Integer Search Ratio = 100.000

SV	Ambiguity	FIT	Meas	SV	Ambiguity	FIT	Meas
1	14844477.000X	0.028	134	3	-2831187.000X	0.023	134
21	4428216.000X	0.028	134	25	1873468.000X	0.034	105
31	-9552939.000X	0.024	134				

Sigmax (m): 0.009630  
Sigmay (m): 0.006614  
Sigmaz (m): 0.004588  
x y z  
x 1.00  
y -0.78y 1.00

z-0.49z 0.64z 1.00

del\_station: 0.000015 -0.000099 -0.000129

Station1: FIXED STATION	Station2: UNKNOWN STATION
(00004) (V001)	(00000) (1007)
Latitude: -27.59321348 -27 35 35.56851	-27.59536033 -27 35 43.29717
E-Long : 311.48483204 311 29 5.39535	311.48827626 311 29 17.79452
W-Long : 48.51516796 48 30 54.60465	48.51172374 48 30 42.20548
E-Height: 3.3460	3.6005

Baseline vector: 181.8780 307.6381 -210.9559

Mark1_xyz :	3747150.5998	-4237643.2776	-2936630.0571
Az1 E11 D1 :	124.97824	0.0333	414.9978
E1 N1 U1 :	340.0432	-237.8990	0.2545
Mark2_xyz :	3747332.4778	-4237335.6395	-2936841.0130
Az2 E12 D2 :	304.97664	-0.0370	414.9978
E2 N2 U2 :	-340.0366	237.8991	-0.2545

Tue Dec 01 21:01:19 1998

```
#####
#####
#####
```

PROGRAM FILLNET, Version 3.0.00  
LICENSED TO: ASHTECH INC.

Fillnet Input File REDEGPSUFSC -27.6 48.5

a = 6378137.000 1/f = 298.2572235 W Longitude positive WEST

PRELIMINARY COORDINATES:

	LAT.	LON.	ELEV.	G.H.	CONSTR.
1 FFF VT78-27 40 43.38312	48 33 51.41876	70.660	0.000		
2 MCFT-27 36 17.65337	48 31 7.56818	13.104	0.000		
3 MCES-27 35 57.54678	48 31 35.36968	52.558	0.000		

GROUP 1, NO. OF VECTORS AND BIAS CONSTRAINTS:

3	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

VECTORS:

	DX	DY	DZ	LENGTH	ERROR	CODES
VT78 MCFT	5844.913	167.951	7272.752	9331.888	3 32.0	52.0 2
MCFT MCES	-358.035	-745.935	530.204	982.713	3 32.0	52.0 2
VT78 MCES	5486.873	-577.984	7802.946	9556.454	3 32.0	52.0 2

SHIFTS:

1	0.000	0.000	0.000
2	-0.001	-0.010	0.021
3	0.014	0.082	0.023

ADJUSTED VECTORS, GROUP 1:

	DX, DY, DZ	V	DN, DE, DU	v	v'
VT78 MCFT	3008J	5844.911 -0.002	8181.182 -0.005	-0.3	
		167.951 0.000	4488.867 -0.002	-0.1	
		7272.747 -0.005	-48.682 0.001	0.0	
MCFT MCES	2948F	-358.035 -0.000	618.786 -0.000	-0.1	
		-745.935 -0.000	-762.424 -0.000	-0.0	
		530.204 -0.000	39.212 0.000	0.0	
VT78 MCES	3008J	5486.876 0.003	8799.969 0.005	0.3	
		-577.984 -0.000	3726.443 0.002	0.1	
		7802.951 0.005	-9.470 -0.001	-0.0	

S.E. OF UNIT WEIGHT = 0.236

NUMBER OF -

OBS. EQUATIONS	13
UNKNOWN	10
DEGREES OF FREEDOM	3

ITERATIONS 0

GROUP 1 ROT. ANGLES (sec.) AND SCALE DIFF. (ppm):

HOR. SYSTEM	0.000	0.000	0.000	0.000
STD. ERRORS	0.000	0.000	0.000	0.000
XYZ SYSTEM	0.000	0.000	0.000	0.000

ADJUSTED POSITIONS:

	LAT.	LON.	ELEV.	STD. ERRORS (m)
1 VT78	-27 40 43.38312	48 33 51.41876	70.660	0.000 0.000 0.000
2 MCFT	-27 36 17.65340	48 31 7.56853	13.125	0.003 0.003 0.003
3 MCES	-27 35 57.54633	48 31 35.36668	52.581	0.003 0.003 0.003

ACCURACIES (m):

	D. LAT.	D. LON.	VERT.
VT78 MCFT	0.003	0.003	0.003
MCFT MCES	0.001	0.001	0.001
VT78 MCES	0.003	0.003	0.003

```

*****
****
**** ESTIMATES OF PRECISION ****
****
**** Based on the VECTOR ACCURACIES produced by ****
**** FILLNET ****
****
**** This is a reasonable estimate of the accuracies ****
**** of the vectors in the network at 1 SIGMA. ****
****
*****

```

VECTOR	LENGTH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(v)	RATIO(v)
VT78 MCFT	9331.883	0.5	1: 2199516	0.3	1: 3110628
MCFT MCES	982.713	1.4	1: 694329	1.0	1: 982713
VT78 MCES	9556.460	0.4	1: 2252478	0.3	1: 3185487

```

#####
#####
#####
#####
#####

```

PROGRAM FILLNET, Version 3.0.00  
LICENSED TO: ASHTECH INC.

Fillnet Input File TREVOSANTAMONICA -27.6 48.5  
a = 6378137.000 1/f = 298.2572235 W Longitude positive WEST

PRELIMINARY COORDINATES:

	LAT.	LON.	ELEV.	G.H.	CONSTR.
1	MCES-27 35 57.54633	48 31 35.36668	52.581	0.000	
2	V001-27 35 35.56822	48 30 54.60473	3.366	0.000	
3 FFF	MCFT-27 36 17.65340	48 31 7.56853	13.125	0.000	

GROUP 1, NO. OF VECTORS AND BIAS CONSTRAINTS:

3	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

VECTORS:

	DX	DY	DZ	LENGTH	ERROR CODES
MCES V001	1016.184	538.311	622.356	1307.569	3 32.0 52.0 2
MCFT V001	658.120	-207.620	1152.556	1343.359	3 32.0 52.0 2
MCFT MCES	-358.035	-745.935	530.204	982.713	3 32.0 52.0 2

SHIFTS:

1	-0.004	-0.005	-0.006
2	-0.009	0.002	-0.020

3 0.000 0.000 0.000

ADJUSTED VECTORS, GROUP 1:

			DX, DY, DZ	V	DN, DE, DU	v	v'
MCES	V001	2898C	1016.174	-0.010	676.699	-0.005	-1.2
			538.312	0.001	1117.766	-0.007	-1.7
			622.355	-0.001	-48.913	-0.006	-1.1
MCFT	V001	2938E	658.130	0.010	1295.482	0.005	1.2
			-207.621	-0.001	355.336	0.007	1.7
			1152.558	0.002	-9.707	0.006	1.1
MCFT	MCES	2948F	-358.044	-0.009	618.782	-0.004	-1.1
			-745.934	0.001	-762.429	-0.005	-1.5
			530.203	-0.001	39.206	-0.006	-1.0

S.E. OF UNIT WEIGHT = 2.293

NUMBER OF -

OBS. EQUATIONS	13
UNKNOWN	10
DEGREES OF FREEDOM	3
ITERATIONS	0

GROUP 1 ROT. ANGLES (sec.) AND SCALE DIFF. (ppm):

HOR. SYSTEM	0.000	0.000	0.000	0.000
STD. ERRORS	0.002	0.002	0.002	0.002
XYZ SYSTEM	0.000	0.000	0.000	0.000

ADJUSTED POSITIONS:

		LAT.	LON.	ELEV.	STD. ERRORS (m)		
1	MCES	-27 35 57.54645	48 31 35.36687	52.575	0.007	0.007	0.010
2	V001	-27 35 35.56851	48 30 54.60465	3.346	0.007	0.007	0.011
3	MCFT	-27 36 17.65340	48 31 7.56853	13.125	0.000	0.000	0.000

ACCURACIES (m):

		D. LAT.	D. LON.	VERT.
MCES	V001	0.007	0.007	0.010
MCFT	V001	0.007	0.007	0.011
MCFT	MCES	0.007	0.007	0.010

```

*****
****
****          ESTIMATES OF PRECISION          ****
****
****          Based on the VECTOR ACCURACIES produced by          ****
****          FILLNET          ****
****
****          This is a reasonable estimate of the accuracies          ****
****          of the vectors in the network at 1 SIGMA.          ****
****          ****          ****
*****

```

VECTOR	LENGTH	PPM(h)	RATIO(h)	PPM(v)	RATIO(v)
MCES V001	1307.561	7.6	1: 131991	7.6	1: 130756
MCFT V001	1343.366	7.4	1: 135697	8.2	1: 122124
MCFT MCES	982.714	10.1	1: 99190	10.2	1: 98271

## ANEXOS D

### Transformação de Coordenadas

The Geographic Calculator - Version 3.07

Registered to 'calculo'

Date: 12/15/98 Time: 14:55:45

Blue Marble Geographics  
46 Water Street, Gardiner, Maine 04345 USA  
(207) 582-6747 FAX (207) 582-7001

Input Coordinate System 'Geodetic'

Zone: - - - - -  
Geodetic Datum Transformation 'WGS 1984'  
Transformation Method - Molodensky  
Semimajor Axis (meters): 6378137.000000  
Reciprocal Flattening (1/f): 298.2572235630  
Prime Meridian shift from Greenwich (deg): 0.0000000000  
X Shift to WGS 84 (meters): 0.000000  
Y Shift to WGS 84 (meters): 0.000000  
Z Shift to WGS 84 (meters): 0.000000

Output Coordinate System 'Universal Transverse Mercator'

Zone: Zone 22S - 54Y to 48Y  
Geodetic Datum Transformation 'SAD-69'  
Transformation Method - Molodensky  
Semimajor Axis (meters): 6378160.000000  
Reciprocal Flattening (1/f): 298.2500000000  
Prime Meridian shift from Greenwich (deg): 0.0000000000  
X Shift to WGS 84 (meters): -66.87000  
Y Shift to WGS 84 (meters): 4.37000

Z Shift to WGS 84 (meters): -38.52000

Point Name	Latitude (Degrees)	Longitude (Degrees)	Ellip. Ht. (Meters)	Northing (Meters)	Eastings (Meters)	Convergence (Degrees)	Scale Factor
VT-78	27 40 43.38312 S	48 33 51.41876 W	0.00	6936058.190	740283.022	1Y 7' 55.81072"	1.000312707926

Input Coordinate System 'Geodetic'

Zone: - - - -  
 Geodetic Datum Transformation 'WGS 1984'  
 Transformation Method - Molodensky  
 Semimajor Axis (meters): 6378137.000000  
 Reciprocal Flattening (1/f): 298.2572235630  
 Prime Meridian shift from Greenwich (deg): 0.0000000000  
 X Shift to WGS 84 (meters): 0.00000  
 Y Shift to WGS 84 (meters): 0.00000  
 Z Shift to WGS 84 (meters): 0.00000

Output Coordinate System 'Universal Transverse Mercator'

Zone: Zone 22S - 54Yw to 48Yw  
 Geodetic Datum Transformation 'SAD-69'  
 Transformation Method - Molodensky  
 Semimajor Axis (meters): 6378160.000000  
 Reciprocal Flattening (1/f): 298.2500000000  
 Prime Meridian shift from Greenwich (deg): 0.0000000000  
 X Shift to WGS 84 (meters): -66.87000  
 Y Shift to WGS 84 (meters): 4.37000  
 Z Shift to WGS 84 (meters): -38.52000

Point Name	Latitude (Degrees)	Longitude (Degrees)	Ellip. Ht. (Meters)	Northing (Meters)	Eastings (Meters)	Convergence (Degrees)	Scale Factor
MCFT	27 36 17.65340 S	48 31 07.56853 W	0.00	6944149.340	744938.100	1Y 9' 1.83220"	1.000340604373
MCES	27 35 57.54633 S	48 31 35.36668 W	0.00	6944783.632	744188.111	1Y 8' 48.16281"	1.000336076168
VT01	27 35 35.56851 S	48 30 54.60465 W	0.00	6945437.809	745319.689	1Y 9' 6.22993"	1.000342915700
1001	27 35 44.72480 S	48 32 12.85018 W	0.00	6945198.879	743167.924	1Y 8' 30.28324"	1.000329938317
1002	27 35 50.01590 S	48 31 26.24560 W	0.00	6945010.452	744442.917	1Y 8' 52.10613"	1.000337613622
1003	27 36 28.97972 S	48 32 14.49707 W	0.00	6943837.372	743095.606	1Y 8' 31.20568"	1.000329502436
1004	27 36 15.71245 S	48 31 20.93647 W	0.00	6944216.449	744572.675	1Y 8' 55.55436"	1.000338396005
1005	27 35 18.98010 S	48 31 21.59252 W	0.00	6945963.350	744589.686	1Y 8' 53.07500"	1.000338500979
1006	27 35 23.53455 S	48 30 33.92973 W	0.00	6945796.872	745894.236	1Y 9' 15.35672"	1.000346400546
1007	27 35 43.29717 S	48 30 42.20548 W	0.00	6945193.036	745654.991	1Y 9' 12.27921"	1.000344947855
1008	27 36 25.66224 S	48 30 50.67533 W	0.00	6943893.470	745396.445	1Y 9' 9.97965"	1.000343978729

# ANEXOS E

## Ajustamento da Aerotriangulação

1

PATM-GPS : COPYRIGHT : H.KLEIN/F.ACKERMANN 1988-1996

BLOCK ADJUSTMENT WITH INDEPENDENT MODELS REVISION Feb-96

PROJECT : UFSC - ESCALA DE VOO 1/8.000  
USER-ID. : ESTEIO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S.A.

START OF EXECUTION : 02-02-1999 11:41:53

```
*****  
** PROGRAM VERSION PATM-GPS **  
** DIRECTORY FOR INPUT-OUTPUT FILES : C:\PATM\ **  
** INPUT **  
** BASIC DATA FROM FILE bas4 **  
** PHOTOGRAMMETRIC MODELS FROM FILE fx07.mod **  
** CONTROL POINTS FROM FILE coordsc **  
** INITIAL VALUES FOR EXTERIOR ORIENTATION PARAMETERS ARE CALCULATED **  
** WITHOUT AUTOMATIC GROSS ERROR DETECTION **  
** ITERATION SEQUENCE WILL BE TERMINATED : **  
** 1. IF CHANGE OF TRANSFORMED MODEL COORDINATES **  
** BETWEEN TWO ITERATION STEPS FOR ALL POINTS < 0.050 **  
** IN THE TERRAIN SYSTEM **  
** 2. IF CHANGE OF SIGMA LESS THAN 0.001% **  
** 3. IF SIGMA DOES NOT CONFIRM WITH READ IN STANDARD DEVIATIONS **  
** THE FIRST TWO POINTS OF EACH MODEL ARE PROJECTION CENTERS **  
** WITH CORRECTION OF EARTH CURVATURE AND REFRACTION **  
** TERRAIN SYSTEM IN METER **  
** MODEL SYSTEM IN MM **  
** READ IN IMVK **  
** **  
** ** = 9 **
```

```

** LIMITATIONS
** NUMBER OF POINTS IN ONE MODEL RESTRICTED TO 100
** NUMBER OF CONTROL POINTS IN ONE LIST RESTRICTED TO 260
** NUMBER OF MODELS IN ONE MODEL GROUP RESTRICTED TO 25
** DIMENSIONS OF ADDRESS MATRIX RESTRICTED TO 9, 3
** NUMBER OF MODELS/SUBMATRIX RESTRICTED TO 38
**
** REQUIRED WORKING AREA FOR THESE SPECIFICATIONS = 138660
**
** BREAK UP LIMIT FOR THE SIZE OF MODEL GROUPS = 25
**
** MODEL NUMBERS OF THE FIRST MODEL GROUP :
** NUMBER OF MODELS IN THE FIRST MODEL GROUP = 1
**
** STANDARD DEVIATIONS OF OBSERVATIONS
** PLANIMETRY HEIGHT
** FOR MODEL POINTS : 0.010 0.010 (IN MODEL SYSTEM)
** FOR PROJECTION CENTERS : 0.040 0.040 (IN MODEL SYSTEM)
** 1.SET FOR CONTROL : 0.100 0.100 (IN TERRAIN SYSTEM)
**
** INPUT FORMATS AND INPUT SEQUENCES
** MODEL NUMBERS (I8)
** PHOTOGRAMMETRIC POINTS (I8,3F10.3,I5)
** SEQUENCE OF READ IN COORDINATES OF MODEL POINTS =XYZ
** HORIZONTAL CONTROL POINTS (I15,2f14.3,14x,I5)
** SEQUENCE OF READ IN COORDINATES OF HORIZONTAL CONTROL POINTS = XY
** VERTICAL CONTROL POINTS (I15,28X,F14.3,I5)
**
** PRINTOUT
** TRANSFORMED MODEL COORDINATES AND RESIDUALS
** CONTROL POINT COORDINATES AND RESIDUALS
** ADJUSTED COORDINATES IN SEQUENCE OF INCREASING POINT NUMBERS
**
** ADDITIONAL OUTPUT
** TRANSFORMED MODEL COORDINATES AND CONTROL ON TO FILE TRANSFCO
** ADJUSTED COORDINATES ON TO FILE asc
** ORIENTATION PARAMETERS ON TO FILE orient
**
*****

```

```

STORED UNSORTED MODEL RECORDS..... 1
STORED UNSORTED POINT RECORDS..... 1
STORED CONTROL POINT RECORDS..... 1

```

READ IN PHOTOGRAMMETRIC MODELS..... 6  
 READ IN PHOTOGRAMMETRIC MODEL POINTS..... 81  
 READ IN HORIZONTAL CONTROL POINTS..... 8  
 READ IN VERTICAL CONTROL POINTS..... 4

THE MODEL GROUP 1 HAS 1 MODEL  
 THE MODEL GROUP 2 HAS 3 MODELS  
 THE MODEL GROUP 3 HAS 2 MODELS

COMPUTATION OF INITIAL VALUES OF ADJUSTED TERRAIN COORDINATES  
 \*\*\*\*\*

HORIZONTAL ADJUSTMENT  
 -----

MAXIMUM NUMBER OF MODELS PER SUBMATRIX =38

NUMBER OF HYPERROWS = 1  
 MAXIMUM NUMBER OF SUBMATRICES PER HYPERROW OF DIAGONAL BAND = 1

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES  
 IN THE TERRAIN SYSTEM

IN PLANIMETRY AT POINT	1006	6987412.040
IN HEIGHT AT POINT	3003	1960.571

VERTICAL ADJUSTMENT-SHIFT ONLY  
 -----

MAXIMUM NUMBER OF MODELS PER SUBMATRIX =\*\*

NUMBER OF HYPERROWS = 1  
 MAXIMUM NUMBER OF SUBMATRICES PER HYPERROW OF DIAGONAL BAND = 1

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES  
 IN THE TERRAIN SYSTEM

IN HEIGHT AT POINT	3018	1253.651
--------------------	------	----------

COMPUTATION OF ADJUSTED TERRAIN COORDINATES

\*\*\*\*\*

ITERATION STEP 1.....VERTICAL ADJUSTMENT

MAXIMUM NUMBER OF MODELS PER SUBMATRIX =50

NUMBER OF HYPERROWS = 1  
MAXIMUM NUMBER OF SUBMATRICES PER HYPERROW OF DIAGONAL BAND = 1

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES  
IN THE TERRAIN SYSTEM

IN PLANIMETRY AT POINT	2020	3.420
IN HEIGHT AT POINT	2020	26.189

ITERATION STEP 2.....HORIZONTAL ADJUSTMENT

MAXIMUM NUMBER OF MODELS PER SUBMATRIX =38

NUMBER OF HYPERROWS = 1  
MAXIMUM NUMBER OF SUBMATRICES PER HYPERROW OF DIAGONAL BAND = 1

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES  
IN THE TERRAIN SYSTEM

IN PLANIMETRY AT POINT	2020	1.923
IN HEIGHT AT POINT	2007	0.151

ITERATION STEP 3.....VERTICAL ADJUSTMENT

MAXIMUM NUMBER OF MODELS PER SUBMATRIX =50

NUMBER OF HYPERROWS = 1  
MAXIMUM NUMBER OF SUBMATRICES PER HYPERROW OF DIAGONAL BAND = 1

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES  
IN THE TERRAIN SYSTEM

IN PLANIMETRY AT POINT	2020	0.045
IN HEIGHT AT POINT	2002	0.424

ITERATION STEP 4.....HORIZONTAL ADJUSTMENT  
-----

MAXIMUM NUMBER OF MODELS PER SUBMATRIX =38

NUMBER OF HYPERROWS

= 1

MAXIMUM NUMBER OF SUBMATRICES PER HYPERROW OF DIAGONAL BAND = 1

\*\*\*\*\* EARTH CURVATURE AND REFRACTION IS CORRECTED \*\*\*\*\*

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES  
IN THE TERRAIN SYSTEM

IN PLANIMETRY AT POINT	2020	0.030
IN HEIGHT AT POINT	2007	0.001

ITERATION STEP 5.....VERTICAL ADJUSTMENT  
-----

MAXIMUM NUMBER OF MODELS PER SUBMATRIX =50

NUMBER OF HYPERROWS

= 1

MAXIMUM NUMBER OF SUBMATRICES PER HYPERROW OF DIAGONAL BAND = 1

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES  
IN THE TERRAIN SYSTEM

IN PLANIMETRY AT POINT	2007	0.026
IN HEIGHT AT POINT	2002	0.273

ITERATION STEP 6.....HORIZONTAL ADJUSTMENT  
-----

MAXIMUM NUMBER OF MODELS PER SUBMATRIX =38

NUMBER OF HYPERROWS

= 1

MAXIMUM NUMBER OF SUBMATRICES PER HYPERROW OF DIAGONAL BAND = 1

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES

IN THE TERRAIN SYSTEM

IN PLANIMETRY AT POINT      2008      0.020  
IN HEIGHT      AT POINT      2007      0.002

ITERATION STEP 7.....VERTICAL ADJUSTMENT  
-----

MAXIMUM NUMBER OF MODELS PER SUBMATRIX =50

NUMBER OF HYPERROWS

MAXIMUM NUMBER OF SUBMATRICES PER HYPERROW OF DIAGONAL BAND = 1

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES

IN THE TERRAIN SYSTEM

IN PLANIMETRY AT POINT      2007      0.000  
IN HEIGHT      AT POINT      2002      0.002

END OF ADJUSTMENT -- DUE TO CONDITION 1

STATISTICS  
\*\*\*\*\*

PLAN / HEIGHT  
1-FOLD POINTS      = 26 / 26  
2-FOLD POINTS      = 23 / 23  
3-FOLD POINTS      = 3 / 3  
NUMBER OF BLOCK POINTS = 52 / 52

OBSERVATIONS FOR HORIZONTAL BLOCK      = 124  
UNKNOWNNS FOR HORIZONTAL BLOCK      = 80  
REDUNDANCY FOR HORIZONTAL BLOCK      = 44  
OBSERVATIONS FOR VERTICAL BLOCK      = 72  
UNKNOWNNS FOR VERTICAL BLOCK      = 51  
REDUNDANCY FOR VERTICAL BLOCK      = 21

WEIGHTED ROOT MEAN SQUARE VALUES AND CHECK VALUES OF RESIDUALS OF PHOTOGRAMMETRIC OBSERVATIONS  
-----

(TERRAIN SYSTEM)

(MODEL SYSTEM)

(MODEL SYSTEM)

MODEL POINTS/PROJECTION CENTERS

MODEL POINTS

OBS X/Y = 108 RMS X/Y = 0.124 RMS X/Y = 0.016 CHV VXY = 0.066  
 OBS Z = 50 RMS Z = 0.175 RMS Z = 0.022 CHV Z = 0.066

PROJECTION CENTERS

OBS X/Y = 12 RMS X/Y = 1.008 RMS X/Y = 0.126 CHV VXY = 0.396  
 OBS Z = 6 RMS Z = 0.443 RMS Z = 0.056 CHV Z = 0.280

ROOT MEAN SQUARE VALUES AND CHECK VALUES OF RESIDUALS OF NON-PHOTOGRAMMETRIC OBSERVATIONS

(TERRAIN SYSTEM)

CONTROL POINTS WITH SDS-NO. 1

OBS X/Y = 16 RMS X/Y = 0.087 CHV VXY = 0.371  
 OBS Z = 4 RMS Z = 0.003 CHV Z = 0.008

SIGMA NAUGHT IN THE MODEL SYSTEM

SIGMA NAUGHT FOR HORIZONTAL BLOCK = 0.025  
 SIGMA NAUGHT FOR VERTICAL BLOCK = 0.042

TRANSFORMED PHOTOGRAMMETRIC MODEL COORDINATES AND RESIDUALS

( IN UNITS OF THE TERRAIN SYSTEM )

POINT NUMBER	X	Y	Z	CODE OF POINT INPUT -> CHANGED	RX	RY	RZ	SDS CHECK
702	743729.227	6944474.665	1245.030	PC 2	0.065	0.163	-0.098	0
703	743719.829	6943753.016	1245.774	PC 1				0
MODEL NUMBER	7030702			SC=	0.12511			

1003	743095.712	6943837.261	5.377	HO 1	-0.041	0.043	0
1004	744572.433	6944216.556	12.813	HV 3	0.138	0.068	0
2000	74423.734	6943737.296	22.260	SP 1		0.084	0
2001	743745.748	6943759.296	32.518	SP 1			0
2002	743024.933	6943775.896	4.613	SP 1			0
2003	744224.216	6944427.430	13.808	TP 2	-0.039	0.008	-0.069
2004	743700.300	6944394.984	48.933	TP 2	-0.007	0.016	-0.056
2005	743123.542	6944500.883	27.986	TP 2	0.026	0.020	0.044
3000	744267.411	6943631.049	47.375	TP 2	0.090	-0.031	0.071
3001	744423.605	6943957.741	34.028	TP 2	0.033	0.018	-0.198
3002	744357.211	6944245.670	23.052	TP 2	0.012	-0.019	0.059
3003	744522.353	6944428.811	10.333	TP 3	-0.211	-0.123	0.071

MODEL NUMBER 8520853 SC= 0.12364

852	745113.246	6944060.651	1265.636	PC 2	2.528	0.051	-0.776	0
853	745150.400	6944667.328	1265.805	PC 1				0
1004	744572.359	6944216.778	12.625	HV 3	0.211	-0.154	0.272	0
2023	745559.495	6943973.597	104.932	TP 2	-0.174	0.003	-0.100	0
2024	745014.315	6944001.432	13.775	TP 2	0.295	-0.029	0.426	0
2025	744320.620	6944109.203	36.790	TP 2	-0.458	0.014	-0.504	0
3002	744357.234	6944245.631	23.172	TP 2	-0.012	0.020	-0.061	0
3003	744522.042	6944428.414	10.397	TP 3	0.100	0.274	0.007	0
3004	744399.699	6944641.984	9.956	TP 3	-0.077	-0.160	-0.209	0
3015	745747.514	6944577.226	14.123	TP 2	-0.151	-0.055	-0.156	0
3016	745504.435	6944615.948	10.233	TP 2	-0.008	0.202	0.049	0
3017	745124.406	6944635.327	7.326	TP 2	0.085	-0.061	0.061	0
3018	744813.949	6944634.018	5.436	TP 2	0.188	-0.053	0.263	0

MODEL NUMBER 7020701 SC= 0.12860

701	743743.423	6945107.819	1244.048	PC 1	-0.062	-0.155	0.093	0
702	743729.354	6944474.983	1244.839	PC 2				0
1001	743167.871	6945198.715	158.427	HO 1	0.020	0.062	0	0
1002	744442.989	6945010.310	12.358	HV 2	-0.135	0.091	-0.008	0
2003	744224.139	6944427.444	13.673	TP 2	0.037	-0.007	0.066	0
2004	743700.286	6944395.016	48.824	TP 2	0.007	-0.016	0.053	0
2005	743123.592	6944500.922	28.073	TP 2	-0.024	-0.019	-0.042	0
2006	744404.266	6945086.043	19.945	SP 1				0
2007	743715.184	6945145.778	166.718	SP 1				0
2008	743154.512	6945171.625	162.522	SP 1				0
3003	744522.036	6944428.825	10.477	TP 3	0.106	-0.137	-0.073	0
3004	744399.730	6944641.554	9.673	TP 3	-0.108	0.270	0.074	0
3005	744423.900	6944961.658	12.827	TP 2	0.185	-0.165	-0.143	0
3006	744499.212	6945279.952	21.567	TP 2	-0.089	-0.079	0.068	0

MODEL NUMBER 8510852 SC= 0.12714

851	745084.842	6943498.113	1265.809	PC 1	0				
852	745118.165	6944060.749	1264.127	PC 2	0	-2.391	-0.048	0.734	0
1004	744572.839	6944216.653	13.234	HV 3	0	-0.268	-0.029	-0.337	0
1008	745396.262	6943899.457	73.245	HO 1	0	0.070	0.005		0
2020	745730.746	694371.300	123.362	SP 1	0				0
2021	744985.309	6943493.921	71.574	SP 1	0				0
2022	744520.894	6943464.236	41.834	SP 1	0				0
2023	745559.157	6943973.603	104.738	TP 2	0	0.164	-0.003	0.094	0
2024	745014.890	6944001.375	14.604	TP 2	0	-0.279	0.028	-0.403	0
2025	744319.729	6944109.231	35.809	TP 2	0	0.433	-0.014	0.477	0
3000	744267.588	6943630.987	47.516	TP 2	0	-0.087	0.030	-0.069	0
3001	744423.670	6943957.777	33.639	TP 2	0	-0.032	-0.017	0.192	0
						SC=	0.12366		
MODEL NUMBER		8280827							
827	745187.082	6945176.047	1244.052	PC 2	0	-0.010	0.071	-0.100	0
828	745186.408	6944455.002	1243.070	PC 1	0				0
1002	744442.666	6945010.466	12.342	HV 2	0	0.188	-0.065	0.008	0
1007	745655.175	6945193.154	2.802	HV 2	0	-0.068	-0.008	-0.043	0
2026	745691.939	6945171.000	3.418	TP 2	0	-0.042	0.024	0.101	0
2027	745179.353	6945179.428	5.680	TP 2	0	-0.008	0.021	-0.095	0
2028	744575.792	6945159.235	13.964	TP 2	0	0.050	0.013	-0.030	0
3004	744399.428	6944641.956	9.619	TP 3	0	0.194	-0.132	0.128	0
3005	744424.286	6944961.313	12.529	TP 2	0	-0.201	0.179	0.155	0
3015	745747.211	6944577.116	13.810	TP 2	0	0.151	0.055	0.156	0
3016	745504.418	6944616.351	10.330	TP 2	0	0.008	-0.202	-0.049	0
3017	745124.576	6944635.205	7.449	TP 2	0	-0.085	0.061	-0.061	0
3018	744814.326	6944633.911	5.963	TP 2	0	-0.188	0.053	-0.263	0
						SC=	0.12349		
MODEL NUMBER		8270826							
826	745189.906	6945895.273	1242.388	PC 1	0				0
827	745187.062	6945176.188	1243.853	PC 2	0	0.010	-0.071	0.100	0
1005	744589.784	6945963.383	4.610	HO 1	0	-0.039	-0.013		0
1006	745894.358	6945796.746	1.903	HV 1	0	-0.048	0.050	0.002	0
1007	745655.116	6945193.210	2.718	HV 2	0	-0.009	-0.064	0.041	0
2026	745691.854	6945171.049	3.619	TP 2	0	0.042	-0.024	-0.101	0
2027	745179.337	6945179.470	5.490	TP 2	0	0.008	-0.021	0.095	0
2028	744575.893	6945159.261	13.904	TP 2	0	-0.051	-0.013	0.030	0
2029	745682.433	6945867.160	0.983	SP 1	0				0
2030	745075.124	6945915.178	2.033	SP 1	0				0
2031	744468.250	6945981.757	8.847	SP 1	0				0
3006	744499.027	6945279.788	21.708	TP 2	0	0.096	0.086	-0.074	0
3019	745680.239	6945387.932	2.437	SP 1	0				0
3020	745742.228	6945653.739	2.027	SP 1	0				0
3021	745812.654	6945970.148	1.702	SP 1	0				0

CONTROL POINT COORDINATES AND RESIDUALS  
 \*\*\*\*\*  
 ( IN UNITS OF THE TERRAIN SYSTEM )

POINT NUMBER	X	Y	Z	CODE OF POINT			RZ	SDS	CHECK
				INPUT	->	CHANGED			
HORIZONTAL CONTROL POINTS									
1001	743167.924	6945198.879		HO 1				1	
1002	744442.917	6945010.452		HV 2		-0.102		1	
1003	743095.606	6943837.372		HO 1		-0.051		1	
1004	744572.675	6944216.449		HV 3		-0.068		1	
1005	744589.686	6945963.350		HO 1		0.175		1	
1006	745894.236	6945796.872		HV 1		0.020		1	
1007	745654.991	6945193.036		HV 2		-0.076		1	
1008	745396.445	6943893.470		HO 1		0.110		1	
						-0.113		1	

VERTICAL CONTROL POINTS

1002			12.349	HV 2				0.001		1
1004			12.899	HV 3				-0.002		1
1006			1.908	HV 1				-0.003		1
1007			2.755	HV 2				0.004		1

1

ADJUSTED COORDINATES ARRANGED BY INCREASING POINT NUMBERS  
 \*\*\*\*\*  
 ( IN UNITS OF THE TERRAIN SYSTEM )

POINT NUMBER	X	Y	Z	CODE
701	743743.423	6945107.819	1244.048	PC 1/ 1
702	743729.292	6944474.828	1244.932	PC 2/ 2
703	743719.829	6943753.016	1245.774	PC 1/ 1
826	745189.906	6945895.273	1242.388	PC 1/ 1
827	745187.072	6945176.118	1243.953	PC 2/ 2
828	745186.408	6944455.002	1243.070	PC 1/ 1
851	745084.842	6943498.113	1265.809	PC 1/ 1
852	745115.775	6944060.701	1264.860	PC 2/ 2
853	745150.400	6944667.328	1265.805	PC 1/ 1
1001	743167.891	6945198.777	158.427	HO 1/ 1
1002	744442.853	6945010.401	12.350	HV 2/ 2
1003	743095.670	6943837.304	5.377	HO 1/ 1
1004	744572.571	6944216.624	12.897	HV 3/ 3
1005	744589.745	6945963.370	4.610	HO 1/ 1
1006	745894.310	6945796.796	1.905	HV 1/ 1

1007	745655.108	6945193.146	2.759	HV	2/ 2
1008	745396.332	6943893.462	73.245	HO	1/ 1
2000	744423.734	6943737.296	22.260	SP	1/ 1
2001	743745.748	6943759.296	32.518	SP	1/ 1
2002	743024.933	6943775.896	4.613	SP	1/ 1
2003	744224.177	6944427.437	13.738	TP	2/ 2
2004	743700.293	6944395.000	48.877	TP	2/ 2
2005	743123.568	6944500.903	28.030	TP	2/ 2
2006	744404.266	6945086.043	19.945	SP	1/ 1
2007	743715.184	6945145.778	166.718	SP	1/ 1
2008	743154.512	6945171.625	162.522	SP	1/ 1
2020	745730.746	6943433.300	123.362	SP	1/ 1
2021	744985.309	6943493.921	71.574	SP	1/ 1
2022	744520.894	6943464.236	41.834	SP	1/ 1
2023	745559.322	6943973.600	104.833	TP	2/ 2
2024	745014.611	6944001.403	14.201	TP	2/ 2
2025	744320.162	6944109.217	36.285	TP	2/ 2
2026	745691.897	6945171.024	3.518	TP	2/ 2
2027	745179.345	6945179.449	5.585	TP	2/ 2
2028	744575.842	6945159.248	13.934	TP	2/ 2
2029	745682.433	6945867.160	0.983	SP	1/ 1
2030	745075.124	6945915.178	2.033	SP	1/ 1
2031	744468.250	6945981.757	8.847	SP	1/ 1
3000	744267.501	6943631.018	47.447	TP	2/ 2
3001	744423.638	6943957.759	33.830	TP	2/ 2
3002	744357.223	6944245.650	23.111	TP	2/ 2
3003	744522.142	6944428.688	10.403	TP	3/ 3
3004	744399.622	6944641.824	9.748	TP	3/ 3
3005	744424.085	6944961.492	12.684	TP	2/ 2
3006	744499.123	6945279.873	21.635	TP	2/ 2
3015	745747.362	6944577.171	13.966	TP	2/ 2
3016	745504.427	6944616.149	10.281	TP	2/ 2
3017	745124.491	6944635.266	7.387	TP	2/ 2
3018	744814.138	6944633.964	5.699	TP	2/ 2
3019	745680.239	6945387.932	2.437	SP	1/ 1
3020	745742.228	6945653.739	2.027	SP	1/ 1
3021	745812.654	6945970.148	1.702	SP	1/ 1

END OF EXECUTION : 02-02-1999 11:41:57

PATM-GPS END

## ANEXOS F

### **Método dos Mínimos Quadrados (MMQ)**

O Software Softdesk possui os meios necessários para realizar um ajustamento bidimensional ou tridimensional, de distâncias e ângulos de poligonais e redes topográficas, pelo Método dos Mínimos Quadrados. O método resolve, interativamente, a equação matricial indicada abaixo:

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{L}$$

onde **X**: matriz que contém as diferenças entre as coordenadas correntes e as novas coordenadas de cada estação desconhecida;

**A**: matriz criada a partir das observações e das coordenadas de cada ponto, baseada no método de linearização de Taylor;

**P**: matriz diagonal contendo os valores das Precisoões (desvio padrão) ou dos pesos de cada observação;

**L**: matriz que contém as diferenças entre as observações medidas e as observações calculadas.

### **Ajustamento horizontal**

O passo inicial para o ajustamento horizontal de um levantamento é o cálculo da matriz **C**, que contém os valores aproximados das coordenadas de cada estação.

$$C = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 \\ X_2 & Y_2 \\ X_3 & Y_3 \\ \vdots & \vdots \\ X_m & Y_m \end{bmatrix}$$

Em seguida, calcula-se os valores da matriz  $L$ , baseados nas observações calculadas, derivadas das coordenadas da matriz  $C$ , e nas observações medidas. A seguinte fórmula é usada para determinar o valor  $L_i$  de cada observação.

$$L_i = O_{meas} - O_{calc}$$

onde  $O_{meas}$  é a observação medida e  $O_{calc}$  é a observação calculada.

A matriz  $L$ , possui a seguinte forma:

$$L = \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ L_m \end{bmatrix}^T$$

Em seguida, determina-se a matriz  $P$ , calculada baseando-se nas precisões das distâncias e ângulos medidos. São usadas as seguintes fórmulas:

$$P_{Lij} = \frac{1}{(S_{Lij})^2}$$

onde  $S_{Lij}$  é a precisão do comprimento  $ij$ , e

$$P_{\theta_{jik}} = \frac{1}{(S_{\theta_{jik}})^2}$$

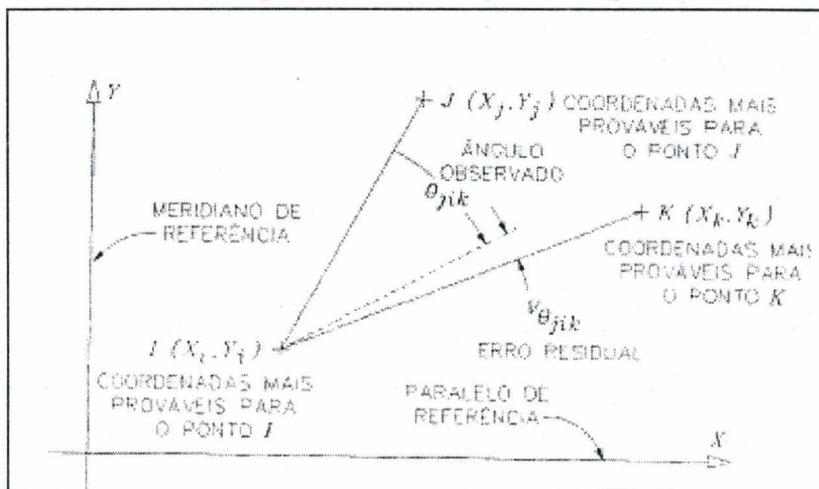
onde  $S_{\theta_{jik}}$  é a precisão do ângulo  $jik$

Obtém-se assim a seguinte matriz  $P$ :

$$P = \begin{bmatrix} P1 & & & 0 \\ & P2 & & \\ & & P3 & \\ & & & \ddots \\ 0 & & & & Pm \end{bmatrix} \quad 0 \text{ } ^m$$

Deve-se em seguida, calcular a matriz  $A$ , a qual exhibe as alterações das coordenadas para cada observação, determinadas a partir das equações das distâncias observadas e dos ângulos ou azimutes observados. Essas equações são, inicialmente, não lineares e devem, por isso, serem linearizadas pela série de Taylor. A geometria das equações das observações das distâncias é exibida a seguir.

Geometria das equações das observações dos ângulos



Fonte: Manual do Usuário do Software Softdesk/97

As alterações das coordenadas de cada observação, para os ângulos, é expressa através da aproximação pela série de Taylor, exibida a seguir.

$$dx_i = - dx_j - dx_k \quad , \quad dy_j = - dy_j - dy_k$$

$$dx_j = \frac{Y_i - Y_j}{(L_{ij})^2} \quad , \quad dy_j = \frac{X_i - X_j}{(L_{ij})^2}$$

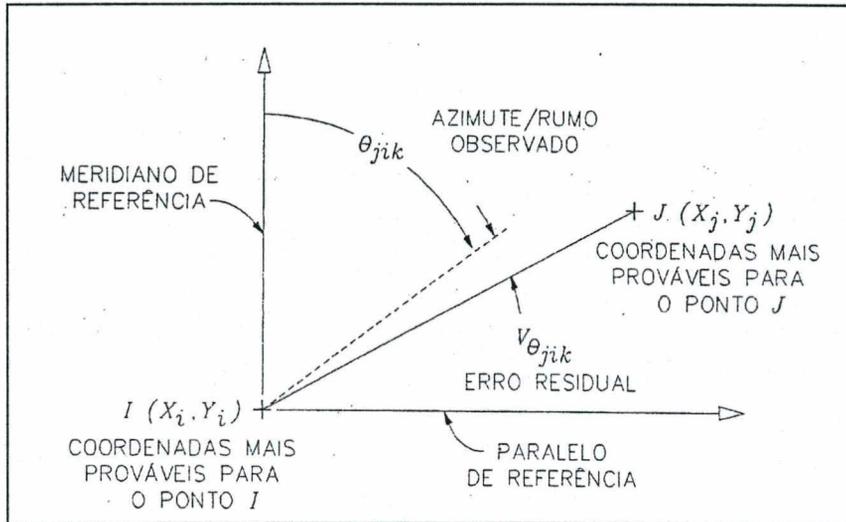
e

$$dx_k = \frac{Y_k - Y_i}{(L_{ik})^2} \quad , \quad dy_k = \frac{X_i - X_k}{(L_{ik})^2}$$

onde  $L_{ij}$  e  $L_{ik}$  são os comprimentos observados para as linhas  $IJ$  e  $IK$ , respectivamente, e  $X_i, X_j, X_k, Y_i, Y_j$  e  $Y_k$  são os valores prováveis das coordenadas dos pontos  $I, J$  e  $K$ .

A geometria das equações das observações dos azimutes/rumos é exibida na ilustração a seguir.

*Geometria das Equações das Observações dos Azimutes/Rumos*



Fonte: Manual do Usuário do Software Softdesk/97

As alterações das coordenadas de cada observação, para os azimutes/rumos, é expressa através da aproximação pela série de Taylor, exibida a seguir:

$$dx_i = \frac{X_i - X_j}{(L_{ij})^2}, \quad dy_i = \frac{Y_i - Y_j}{(L_{ij})^2} \quad e \quad dx_j = \frac{X_j - X_i}{(L_{ij})^2}, \quad dy_j = \frac{Y_i - Y_j}{(L_{ij})^2}$$

onde  $L_{ij}$  e  $L_{ik}$  são os comprimentos observados para a linha  $IJ$ , e  $X_i, X_j, Y_i$  e  $Y_j$  são os valores prováveis das coordenadas dos pontos  $I$ , e  $J$ .

Esses valores são usados na matriz  $A$ , apresentada a seguir.

$$A = \begin{bmatrix} dx_1 & dy_1 & dx_2 & dy_2 & \dots \\ dx_1 & dy_1 & dx_2 & dy_2 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}^{2n}$$

As matrizes  $A$ ,  $P$ , e  $L$  são, em seguida, substituídas no sistema de equações, para a obtenção da matriz  $X$ :

$$X = (A^T P A)^{-1} A^T P L$$

Os coeficientes da matriz  $X$  são os valores a serem adicionados às coordenadas aproximadas, para obter as coordenadas mais prováveis dos pontos medidos.

$$X = \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta y_1 \\ \Delta x_2 \\ \Delta y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta x_n \\ \Delta y_n \end{bmatrix}^{2n}$$

Estes valores são usados para revisar os valores da matriz  $C$ . O processo de interação continua até que os valores da matriz  $X$  sejam desprezíveis.

Após obter a matriz  $X$  final, calcula-se a matriz  $V$ . Essa matriz consiste dos valores residuais do ajustamento, os quais são obtidos através da seguinte fórmula:

$$V = AX - L$$

A matriz  $V$  possui a seguinte forma:

$$V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ v_m \end{bmatrix}^m$$

## Valor Chi-Quadrado e Teste de Confiança

No ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados, utiliza-se a distribuição Chi-Quadrado para o teste de hipótese, a partir do qual as observações medidas são comparadas às observações ajustadas, para se avaliar quanto cada observação variou em relação à sua homóloga.

A seguinte fórmula é usada para calcular o valor  $c^2$ :

$$c^2 = \sum_{i=1}^m v_i^2 p_i^2$$

onde  $m$  é o número de equações de observações,  $v_i$  é o valor residual da matriz  $V$  e  $p_i$  é o peso correspondente à matriz  $P$ .

O valor  $c^2$  é pequeno, se as observações ajustadas estiverem próximas das observações medidas correspondentes. Diz-se, nesses casos, que houve um “bom ajustamento”. Em seguida, realiza-se um teste de avaliação do ajustamento, no qual o valor  $c^2$  é comparado com uma tabela de valores críticos da distribuição Chi-Quadrado, ao nível de 5%. Um valor  $c^2$  abaixo do listado na tabela indicará que o teste “passou”, enquanto que um valor  $c^2$  maior do que o listado na tabela indicará que o teste “falhou”, indicando a possível existência de erros grosseiros nas observações medidas.

## Cálculo das Precisões (Desvio Padrão)

O programa, em seguida, calcula a matriz de covariância  $Q$ . A matriz de covariância é formada pelos coeficientes das incógnitas das equações das observações e é usada para calcular as precisões e as elipses de erros. O programa utiliza a seguinte fórmula:

$$Q = (A^T P A)^{-1}$$

A matriz  $Q$  possui a seguinte forma:

$$Q = \begin{bmatrix} S_1^2 & S_1 S_2 & \dots & S_1 S_n \\ S_2 S_1 & S_2^2 & \cdot & S_2 S_n \\ & & \cdot & \\ & & \cdot & \\ & & \cdot & \\ S_n S_1 & S_n S_2 & \dots & S_n^2 \end{bmatrix}^n$$

Em seguida, o programa calcula o grau de liberdade,  $r$ , do ajustamento, através da seguinte fórmula:

$$r = m - n$$

onde  $m$  é o número de equações de observações e  $n$  é o número de incógnitas.

O procedimento seguinte consiste em calcular a precisão da observação de peso unitário  $S_0$ , a qual é calculada através da seguinte fórmula:

$$S_0 = \sqrt{\frac{(V^T P V)}{r}}$$

onde  $V$  e  $P$  são as matrizes indicadas anteriormente, e  $r$  é o grau de liberdade do ajustamento.

Em seguida, calcula-se as precisões das quantidades ajustadas,  $S_{x_i}$ . Esses valores são calculados através da seguinte fórmula:

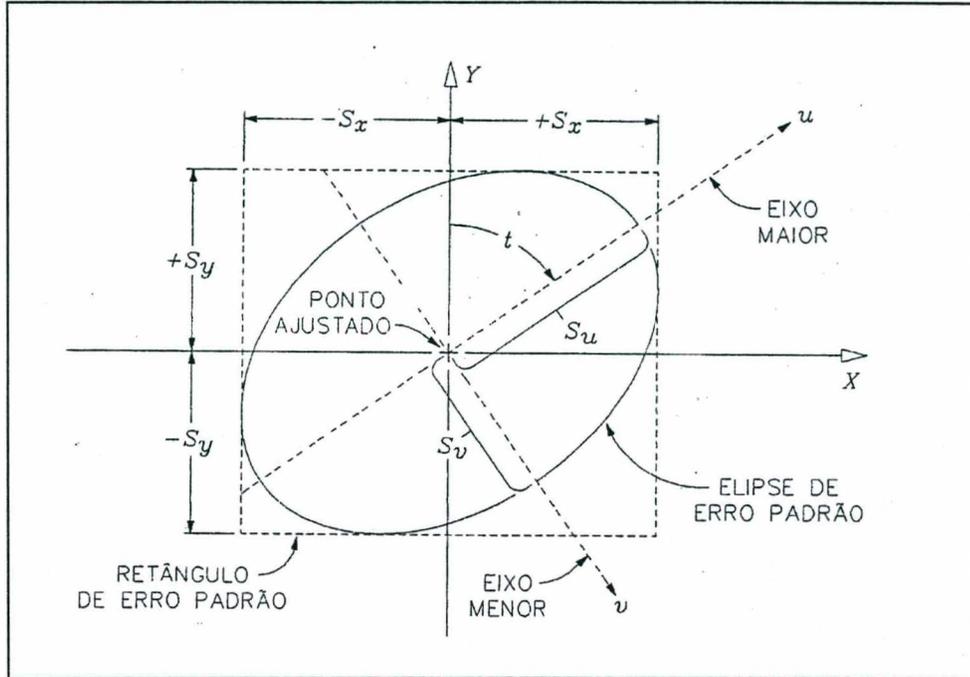
$$S_{x_i} = S_0 \sqrt{Q_{x_i y_i}}$$

onde  $S_0$  é a precisão da observação do peso unitário, e  $Q_{x_i y_i}$  é o elemento diagonal da linha  $i$  da matriz de covariância  $Q$ .

## Elipses de Erros

Após completar o ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados, a matriz de covariância é usada para calcular os desvios das posições de  $S_{x_i}$  e  $S_{y_i}$ . Estes desvios representam a metade da dimensão do retângulo de erro, com probabilidade de 68%, em torno de cada ponto, conforme exibido na figura seguinte.

Geometria do Retângulo e da Elipse de Erro Padrão



Fonte: Manual do Usuário Software Softdesk/97

Para refinar esse processo, são desenhadas as elipses de erros. Através do uso da distribuição de F de Fischer, cria-se uma elipse de erros com a probabilidade de 95%.

As elipses de erros são determinadas a partir dos lados dos retângulos de erros, com orientação determinada pelo ângulo  $t$ , e pelo sistema de eixos ortogonais  $u-v$ , e a partir da matriz de covariância  $Q$ .

Inicialmente, são calculadas as três variáveis  $k$ ,  $Q_{uu}$  e  $Q_{vv}$ , que são necessárias para determinar os semi-eixos maior e menor das elipses. São utilizadas as seguintes fórmulas:

$$K = \sqrt{[(Q_{yy} - Q_{xx})^2 + 4(Q_{xy})^2]}$$

$$Q_{uu} = \frac{(Q_{yy} + Q_{xx} + K)}{2}$$

e

$$Q_{vv} = \frac{(Q_{yy} + Q_{xx} - K)}{2}$$

onde  $Q_{xx}$ ,  $Q_{yy}$  e  $Q_{xy}$  são valores obtidos a partir da matriz de covariância.

Esses valores são usados, em seguida, para a determinação do comprimento do semi-eixo  $S_u$  e do comprimento do semi-eixo menor  $S_v$ ,

$$S_u = S_0 \sqrt{Q_{uu}} \quad \text{e} \quad S_v = S_0 \sqrt{Q_{vv}}$$

onde  $S_0$  é a precisão da observação de peso unitário.

Finalmente, calcula-se através da fórmula apresentada a seguir, o ângulo  $t$ , entre o eixo  $u$  e o eixo  $y$ .

$$\operatorname{tg} 2t = \frac{2Q_{xy}}{Q_{yy} - Q_{xx}}$$

Espera-se que o ponto ajustado esteja no interior da elipse de erros, com um grau de confiança de 95%.

## **ANEXOS G**

### **Observações da Rede de Pontos Topográficos**

#### **STN 1**

FC1 VA 5 70.1706 385.608 89.2840  
FC2 VA 5 250.1643 385.608 270.3110  
FC1 VA 2 30.3840 274.865 89.2718  
FC2 VA 2 210.3830 274.865 270.3240  
FC1 VA 9 35.2538 543.782 89.2739  
FC2 VA 9 215.2534 543.781 270.3226

#### **STN 2**

FC1 VA 1 210.3839 274.862 90.3214  
FC2 VA 1 30.3829 274.863 269.2747  
FC1 VA 3 124.5559 67.257 90.2524  
FC2 VA 3 304.5548 67.259 269.3414  
FC1 VA 9 40.1646 270.839 89.2902  
FC2 VA 9 220.1641 270.839 270.3059

#### **STN 3**

FC1 VA 4 55.4718 156.593 90.1156  
FC2 VA 4 235.4715 156.593 269.4757  
FC1 VA 89 120.5725 75.229 89.3532  
FC2 VA 89 300.5717 75.230 270.2410  
FC1 VA 2 302.3213 67.260 89.5831  
FC2 VA 2 122.3214 67.261 270.0116

#### **STN 4**

FC1 VA 8 60.5457 420.778 89.4823  
FC2 VA 8 240.5450 420.782 270.1138  
FC1 VA 20 60.5459 420.780 89.4850  
FC2 VA 20 240.5447 420.781 270.1113  
FC1 VA 19 64.0815 344.458 89.4624  
FC2 VA 19 244.0802 344.459 270.1334  
FC1 VA 3 235.4719 156.588 89.5352  
FC2 VA 3 55.4707 156.589 270.0559  
FC1 VA 89 207.0851 142.438 89.2008  
FC2 VA 89 27.0832 142.438 270.3943

#### **STN 5**

FC1 VA 6 70.2446 265.268 89.2012  
FC2 VA 6 250.2436 265.269 270.3939  
FC1 VA 89 284.1114 108.212 90.0816  
FC2 VA 89 284.0850 108.213 90.0813  
FC1 VA 1 250.1705 385.605 90.3130  
FC2 VA 1 70.1703 385.606 269.2813

#### **STN 6**

FC1 VA 7 348.0403 133.831 92.0306  
FC2 VA 7 168.0402 133.831 267.5641  
FC1 VA 55 82.5114 89.280 88.4336  
FC2 VA 55 262.5058 89.280 271.1620  
FC1 VA 5 250.2444 265.270 90.4601  
FC2 VA 5 70.2444 265.270 269.1343

#### **STN 7**

FC1 VA 8 342.5811 80.155 89.5421  
FC2 VA 8 162.5757 80.156 270.0530  
FC1 VA 19 41.0200 89.921 89.2542  
FC2 VA 19 221.0202 89.921 270.3414  
FC1 VA 6 168.0405 133.826 88.0251  
FC2 VA 6 348.0352 133.826 271.5712

#### **STN 8**

FC1 VA 10 13.2445 65.185 90.0200  
FC2 VA 10 193.2435 65.186 269.5742  
FC1 VA 19 96.0537 82.984 89.2615  
FC2 VA 19 276.0528 82.984 270.3344  
FC1 VA 7 162.5744 80.156 90.0827  
FC2 VA 7 342.5732 80.155 269.5126  
FC1 VA 4 237.5851 275.341 89.5943  
FC2 VA 4 57.5841 275.342 270.0012

#### **STN 9**

FC1 VA 1 215.2538 543.776 90.3249  
FC1 VA 1 35.2532 543.778 269.2715  
FC1 VA 2 220.1656 270.840 90.3352  
FC1 VA 2 40.1651 270.840 269.2558  
FC1 VA 11 305.3049 193.798 90.1811  
FC1 VA 11 125.3044 193.795 269.4149  
FC1 VA 17 40.1850 176.831 89.5017  
FC1 VA 17 220.1846 176.831 270.0940

#### **STN 10**

FC1 VA 24 315.4931 94.431 89.1600  
FC2 VA 24 135.4948 94.431 270.4400  
FC1 VA 21 29.1716 151.821 89.2951  
FC2 VA 21 209.1738 151.821 270.3007  
FC1 VA 19 136.5856 98.779 89.3543  
FC2 VA 19 316.5912 98.779 270.2412  
FC1 VA 8 193.2445 65.186 90.0338  
FC2 VA 8 13.2459 65.186 269.5612

#### **STN 11**

FC1 VA 9 125.3052 193.801 89.2338  
FC2 VA 9 305.3041 193.800 270.3614  
FC1 VA 12 45.3301 66.928 89.4842  
FC2 VA 12 225.3249 66.929 270.1114  
FC1 VA 94 211.0459 113.914 90.1106  
FC2 VA 94 31.0449 113.914 269.4842

#### **STN 12**

FC1 VA 15 35.4738 169.644 88.0031  
FC2 VA 15 215.4743 169.644 271.5935  
FC1 VA 11 225.3222 66.927 90.2352  
FC2 VA 11 45.3216 66.927 269.3609  
FC1 VA 13 119.2841 135.115 90.0631  
FC2 VA 13 299.2835 135.115 269.5323

#### **STN 13**

FC1 VA 12 299.2840 135.111 89.5846  
FC2 VA 12 119.2844 135.112 270.0107  
FC1 VA 14 82.0126 62.391 89.2238  
FC2 VA 14 262.0123 62.391 270.3714

STN 14

FC1 VA 13 262.0123 62.392 90.5221  
FC2 VA 13 82.0121 62.393 269.0730  
FC1 VA 85 45.4909 89.351 89.3006  
FC2 VA 85 225.4908 89.350 270.2948  
FC1 VA 18 57.0056 233.779 89.2859  
FC2 VA 18 237.0045 233.779 270.3058

STN 15

FC1 VA 84 129.3354 98.537 90.0450  
FC1 VA 84 309.3341 98.538 269.5500  
FC1 VA 12 215.4723 169.658 92.0512  
FC1 VA 12 35.4713 169.657 267.5437

STN 17

FC1 VA 9 220.1849 176.833 90.1342  
FC2 VA 9 40.1844 176.833 269.4613  
FC1 VA 14 233.2707 55.929 90.3704  
FC2 VA 14 53.2709 55.928 269.2246  
FC1 VA 24 103.5858 83.997 91.2423  
FC2 VA 24 283.5858 83.996 268.3535  
FC1 VA 18 58.0747 177.977 89.5243  
FC2 VA 18 238.0749 177.978 270.0710  
FC1 VA 84 333.3915 110.958 87.5104  
FC2 VA 84 153.3905 110.959 272.0843

STN 18

FC1 VA 25 38.5119 111.233 88.4328  
FC2 VA 25 218.5108 111.233 271.1630  
FC1 VA 21 125.1001 86.198 92.0505  
FC2 VA 21 305.0955 86.198 267.5435  
FC1 VA 22 122.4717 217.208 90.4919  
FC2 VA 22 302.4719 217.209 269.1045  
FC1 VA 17 238.0823 177.981 90.1207  
FC2 VA 17 58.0810 177.981 269.4754  
FC1 VA 14 237.0221 233.776 90.1648  
FC2 VA 14 57.0222 233.776 269.4258

STN 19

FC1 VA 7 221.0147 89.922 90.3937  
FC2 VA 7 41.0153 89.922 269.2002  
FC1 VA 8 276.0531 82.984 90.3238  
FC2 VA 8 96.0533 82.984 269.2707  
FC1 VA 10 316.5848 98.781 90.3038  
FC2 VA 10 136.5846 98.781 269.2916  
FC1 VA 55 163.0213 196.173 88.1919  
FC2 VA 55 343.0207 196.173 271.4033  
FC1 VA 20 49.0949 79.260 89.5753  
FC2 VA 20 229.1002 79.260 270.0151  
FC1 VA 4 246.3122 344.461 90.1443  
FC2 VA 4 66.3128 344.461 269.4507

STN 20

FC1 VA 58 253.1152 131.502 89.4649  
FC2 VA 58 73.1148 131.502 270.1325  
FC1 VA 4 32.4819 420.782 90.1416  
FC2 VA 4 212.4807 420.783 269.4600  
FC1 VA 8 42.4207 148.835 90.2338  
FC2 VA 8 222.4204 148.836 269.3623  
FC1 VA 21 130.2021 161.772 90.0537  
FC2 VA 21 310.2023 161.772 269.5419

STN 21

FC1 VA 20 204.3209 161.772 90.0141  
FC2 VA 20 24.3159 161.770 269.5817  
FC1 VA 22 22.0346 131.170 90.0339  
FC2 VA 22 202.0340 131.170 269.5625  
FC1 VA 18 206.0005 86.181 88.0826  
FC2 VA 18 26.0002 86.182 271.5140  
FC1 VA 10 110.0835 151.815 90.0800  
FC2 VA 10 290.0839 151.817 269.5154

STN 22

FC1 VA 58 203.1708 134.791 89.3047  
FC2 VA 58 23.1644 134.791 270.2917  
FC1 VA 23 182.1911 79.987 89.5403  
FC2 VA 23 2.1905 79.986 270.0604  
FC1 VA 31 80.5010 111.854 89.5148  
FC2 VA 31 260.4956 111.855 270.0818  
FC1 VA 21 355.0657 131.174 90.0710  
FC2 VA 21 175.0641 131.175 269.5246  
FC1 VA 18 356.4032 217.201 89.1731  
FC2 VA 18 176.4019 217.201 270.4232

STN 23

FC1 VA 22 266.0103 79.985 90.2058  
FC2 VA 22 86.0053 79.985 269.4108  
FC1 VA 58 132.2658 66.566 89.4557  
FC2 VA 58 312.2648 66.565 270.1359  
FC1 VA 57 107.0514 166.862 89.5351  
FC2 VA 57 287.0501 166.861 270.0612  
FC1 VA 90 38.2148 208.255 89.2654  
FC2 VA 90 218.2136 208.255 270.3316  
FC1 VA 32 6.3618 198.273 89.4415  
FC2 VA 32 186.3602 198.273 270.1548

STN 24

FC1 VA 17 283.5856 83.988 88.5228  
FC2 VA 17 103.5851 83.987 271.0741  
FC1 VA 10 135.5054 94.456 91.0216  
FC2 VA 10 315.5056 94.456 268.5751

STN 25

FC1 VA 18 218.5125 111.238 91.2557  
FC2 VA 18 38.5135 111.237 268.3356  
FC1 VA 26 38.2602 304.256 90.0844  
FC2 VA 26 218.2604 304.256 269.5104  
FC1 VA 29 42.1300 407.491 89.4408  
FC2 VA 29 222.1253 407.491 270.1535  
FC1 VA 91 49.4210 347.302 90.0536  
FC2 VA 91 229.4204 347.302 269.5411  
FC1 VA 31 122.3526 194.121 91.3209  
FC2 VA 31 302.3521 194.121 268.2748

STN 26

FC1 VA 25 216.4448 304.262 89.4045  
FC2 VA 25 36.4458 304.260 270.1909  
FC1 VA 29 51.2748 105.863 88.1523  
FC2 VA 29 231.2803 105.863 271.4430  
FC1 VA 91 98.3434 76.992 89.2453  
FC2 VA 91 278.3441 76.992 270.3454

STN 27

FC1 VA 34 175.5956 148.333 88.0739  
FC2 VA 34 356.0001 148.333 271.5216  
FC1 VA 30 270.3756 189.858 91.1159  
FC2 VA 30 90.3801 189.858 268.4755  
FC1 VA 91 305.2408 281.187 90.0639  
FC2 VA 91 125.2408 281.187 269.5308  
FC1 VA 80 357.1855 139.825 89.5054  
FC2 VA 80 177.1853 139.826 270.0904  
FC1 VA 35 131.2853 134.513 88.4034  
FC2 VA 35 311.2855 134.513 271.1921

STN 28

FC1 VA 29 266.2221 179.171 89.5327  
FC2 VA 29 86.2228 179.171 270.0620  
FC1 VA 91 245.5100 213.518 90.3343  
FC2 VA 91 65.5104 213.518 269.2601  
FC1 VA 80 169.1842 133.335 90.3013  
FC2 VA 80 349.1856 133.335 269.2935

STN 29

FC1 VA 25 227.3008 407.490 90.1651  
FC2 VA 25 47.3009 407.491 269.4255  
FC1 VA 26 238.2610 105.856 91.4121  
FC2 VA 26 58.2612 105.856 268.1831  
FC1 VA 93 191.5232 77.724 91.4634  
FC2 VA 93 11.5236 77.723 268.1316  
FC1 VA 28 86.2217 179.168 89.5514  
FC2 VA 28 266.2126 179.168 270.0416

STN 30

FC1 VA 32 173.3742 188.914 90.0815  
FC2 VA 32 353.3726 188.914 269.5131  
FC1 VA 34 126.4808 250.264 88.0015  
FC2 VA 34 306.4759 250.264 271.5929  
FC1 VA 27 90.3519 189.851 88.5044  
FC2 VA 27 270.3509 189.852 271.0855  
FC1 VA 31 219.5207 219.463 90.2050  
FC2 VA 31 39.5203 219.463 269.3848

STN 31

FC1 VA 25 224.3454 194.115 88.2920  
FC2 VA 25 44.3456 194.116 271.3044  
FC1 VA 30 321.5400 219.466 89.4004  
FC2 VA 30 141.5357 219.466 270.1957  
FC1 VA 90 40.0433 246.552 89.2902  
FC2 VA 90 220.0439 246.553 270.3105  
FC1 VA 22 128.5641 111.853 90.1409  
FC2 VA 22 308.5641 111.853 269.4557

STN 32

FC1 VA 33 90.4417 79.781 89.3538  
FC2 VA 33 270.4409 79.781 270.2402  
FC1 VA 23 229.5738 198.272 90.1802  
FC2 VA 23 49.5730 198.271 269.4156  
FC1 VA 30 354.3549 188.915 89.5425  
FC2 VA 30 174.3540 188.915 270.0523

STN 33

FC1 VA 90 196.5935 99.842 89.1201  
FC2 VA 90 16.5920 99.842 270.4748  
FC1 VA 32 273.0032 79.785 90.2400  
FC2 VA 32 92.5557 79.783 269.3539  
FC1 VA 34 72.2843 106.772 85.0126  
FC2 VA 34 252.2815 106.771 274.5821

STN 34

FC1 VA 33 249.2102 106.671 94.1739  
FC2 VA 33 69.2109 106.671 265.4156  
FC1 VA 30 306.5047 250.271 92.0206  
FC2 VA 30 126.5042 250.272 267.5724  
FC1 VA 27 356.0004 148.335 91.5515  
FC2 VA 27 175.5950 148.335 268.0430  
FC1 VA 35 56.5652 107.857 90.3713  
FC2 VA 35 236.5650 107.856 269.2222

STN 35

FC1 VA 34 236.5658 107.880 88.3850  
FC2 VA 34 56.5634 107.880 271.2038  
FC1 VA 36 157.3910 119.586 88.1247  
FC2 VA 36 337.3831 119.586 271.4655  
FC1 VA 27 311.2853 134.509 91.1637  
FC2 VA 27 131.2821 134.509 268.4304

STN 36

FC1 VA 35 337.3914 119.573 91.3202  
FC2 VA 35 157.3921 119.573 268.2754  
FC1 VA 92 185.4802 75.199 91.3942  
FC2 VA 92 5.4802 75.201 268.2008

STN 37

FC1 VA 38 77.1027 96.504 91.4848  
FC2 VA 38 257.1026 96.505 268.1046  
FC1 VA 92 236.0016 69.070 88.0715  
FC2 VA 92 56.0003 69.070 271.5229

STN 38

FC1 VA 39 333.5747 112.881 90.0952  
FC2 VA 39 153.5753 112.882 269.5004  
FC1 VA 37 257.1029 96.516 87.5708  
FC2 VA 37 77.1021 96.515 272.0238  
FC1 VA 90 163.2434 207.054 90.2402  
FC2 VA 90 343.2428 207.055 269.3542

STN 39

FC1 VA 45 44.5957 80.343 87.4344  
FC2 VA 45 224.5940 80.341 272.1613  
FC1 VA 42 293.0508 118.941 86.0332  
FC2 VA 42 113.0452 118.942 273.5619  
FC1 VA 40 257.1317 106.772 88.2727  
FC2 VA 40 77.1306 106.773 271.3228  
FC1 VA 38 109.2608 112.879 89.5358  
FC2 VA 38 289.2554 112.879 270.0547

STN 40

FC1 VA 39 67.2545 106.776 91.3602  
FC2 VA 39 247.2608 106.776 268.2352  
FC1 VA 42 346.0432 70.568 85.1157  
FC2 VA 42 166.0427 70.562 274.4755  
FC1 VA 41 296.2122 75.175 84.3051  
FC2 VA 41 116.2102 75.176 275.2904

STN 41

FC1 VA 40 315.3244 75.185 95.3345  
FC2 VA 40 135.3254 75.185 264.2603  
FC1 VA 42 254.1404 61.150 91.5157  
FC2 VA 42 74.1403 61.150 268.0758

STN 42

FC1 VA 39 89.5505 118.946 93.5739  
FC2 VA 39 269.5449 118.945 266.0203  
FC1 VA 40 152.4151 70.460 93.4606  
FC2 VA 40 332.4139 70.456 266.1340  
FC1 VA 41 221.4241 61.143 88.1037  
FC2 VA 41 41.4227 61.142 271.4917  
FC1 VA 44 20.4348 125.471 88.4237  
FC2 VA 44 200.4339 125.471 271.1715

STN 44

FC1 VA 45 324.4736 112.779 93.5839  
FC2 VA 45 144.4730 112.779 266.0109  
FC1 VA 42 53.1546 125.469 91.1750  
FC2 VA 42 233.1536 125.474 268.4201  
FC1 VA 93 175.1229 138.815 77.5344  
FC2 VA 93 355.1204 138.816 282.0611  
FC1 VA 47 239.1933 170.456 90.2444  
FC2 VA 47 59.1917 170.455 269.3458

STN 45

FC1 VA 46 252.4551 136.761 90.5722  
FC2 VA 46 72.4539 136.761 269.0225  
FC1 VA 44 144.4733 112.777 86.0242  
FC2 VA 44 324.4720 112.777 273.5711  
FC1 VA 39 54.2158 80.342 92.1951  
FC2 VA 39 234.2147 80.343 267.3959

STN 46

FC1 VA 57 251.0622 208.314 91.1955  
FC2 VA 57 71.0609 208.314 268.4012  
FC1 VA 39 20.4014 214.417 90.1835  
FC2 VA 39 200.4013 214.417 269.4139  
FC1 VA 45 27.2733 136.756 89.0728  
FC2 VA 45 207.2721 136.755 270.5256  
FC1 VA 48 141.2100 76.290 86.2531  
FC2 VA 48 321.2052 76.290 273.3435  
FC1 VA 49 181.0748 65.954 90.1252  
FC2 VA 49 1.0755 65.954 269.4713  
FC1 VA 52 198.0852 183.011 91.0733  
FC2 VA 52 18.0849 183.010 268.5236

STN 47

FC1 VA 44 59.1932 170.455 89.3648  
FC2 VA 44 239.1914 170.455 270.2255  
FC1 VA 93 107.0016 167.921 79.3640  
FC2 VA 93 286.5947 167.921 280.2318  
FC1 VA 50 268.4859 84.841 91.2423  
FC2 VA 50 88.4846 84.840 268.3522  
FC1 VA 48 317.2323 85.298 92.4036  
FC2 VA 48 137.2318 85.299 267.1919

STN 48

FC1 VA 49 307.4449 49.540 95.4928  
FC2 VA 49 127.4444 49.540 264.1027  
FC1 VA 46 6.3847 76.301 93.4314  
FC2 VA 46 186.3846 76.302 266.1636  
FC1 VA 47 137.2332 85.294 87.2212  
FC2 VA 47 317.2312 85.295 272.3735

STN 49

FC1 VA 57 269.3345 195.795 91.2033  
FC2 VA 57 89.3523 195.795 268.3939  
FC1 VA 52 207.1731 121.495 91.3448  
FC2 VA 52 27.1734 121.495 268.2526  
FC1 VA 48 82.2655 49.542 84.1204  
FC2 VA 48 262.2643 49.542 275.4819  
FC1 VA 46 1.0754 65.954 89.5558  
FC2 VA 46 181.0756 65.954 270.0409

STN 50

FC1 VA 47 88.4910 84.855 88.1024  
FC2 VA 47 268.4850 84.856 271.4921  
FC1 VA 51 263.0020 111.047 94.2537  
FC2 VA 51 83.0022 111.047 265.3405

STN 51

FC1 VA 50 83.0025 111.049 85.3243  
FC2 VA 50 263.0011 111.049 274.2704  
FC1 VA 52 346.0144 73.983 91.0628  
FC2 VA 52 166.0137 73.984 268.5324

STN 52

FC1 VA 46 63.2733 183.004 88.5921  
FC2 VA 46 243.2654 183.005 271.0017  
FC1 VA 49 72.3607 121.493 88.3051  
FC2 VA 49 252.3543 121.493 271.2849  
FC1 VA 51 166.0210 73.980 88.5902  
FC2 VA 51 346.0150 73.981 271.0033  
FC1 VA 82 252.0649 81.572 86.4535  
FC2 VA 82 72.0700 81.573 273.1355

STN 54

FC1 VA 55 315.2642 131.892 91.4148  
FC2 VA 55 135.2643 131.892 268.1813  
FC1 VA 82 71.1610 63.214 92.3326  
FC2 VA 82 251.1609 63.213 267.2627

STN 55

FC1 VA 19 343.0218 196.182 91.4444  
FC2 VA 19 163.0227 196.182 268.1506  
FC1 VA 6 262.5027 89.280 91.2315  
FC2 VA 6 82.5041 89.281 268.3641  
FC1 VA 54 133.3334 131.908 88.0406  
FC2 VA 54 313.3337 131.908 271.5550  
FC1 VA 56 38.2632 92.628 92.0915  
FC2 VA 56 218.2638 92.629 267.5039  
FC1 VA 58 32.0434 245.837 91.1346  
FC2 VA 58 212.0442 245.837 268.4622

STN 56

FC1 VA 58 342.5741 154.141 90.3834  
FC2 VA 58 162.5738 154.141 269.2132  
FC1 VA 55 173.0840 92.615 87.5809  
FC2 VA 55 353.0824 92.615 272.0143  
FC1 VA 57 23.4030 162.569 90.3907  
FC2 VA 57 203.4028 162.568 269.2054

STN 57

FC1 VA 58 269.1305 110.455 90.0254  
FC2 VA 58 89.1307 110.455 269.5714  
FC1 VA 23 284.1032 166.861 90.0935  
FC2 VA 23 104.1039 166.863 269.5034  
FC1 VA 46 71.0620 208.323 88.3321  
FC2 VA 46 251.0615 208.322 271.2646  
FC1 VA 49 89.3339 195.791 88.4032  
FC2 VA 49 269.3328 195.791 271.1926  
FC1 VA 56 203.4038 162.565 89.2851  
FC2 VA 56 23.4033 162.565 270.3123

STN 58

FC1 VA 56 162.5743 154.141 89.2500  
FC2 VA 56 342.5732 154.142 270.3508  
FC1 VA 55 166.4641 245.826 88.5300  
FC2 VA 55 346.4639 245.826 271.0708  
FC1 VA 20 238.2346 131.505 90.1811  
FC2 VA 20 58.2341 131.505 269.4147  
FC1 VA 22 284.0425 134.789 90.0629  
FC2 VA 22 104.0426 134.789 269.5330  
FC1 VA 23 309.3229 66.565 90.1842  
FC2 VA 23 129.3216 66.565 269.4120  
FC1 VA 57 89.1311 110.453 89.5853  
FC2 VA 57 269.1256 110.454 270.0057

STN 80

FC1 VA 91 275.5649 223.851 90.1738  
FC2 VA 91 95.5635 223.850 269.4212  
FC1 VA 28 343.5930 133.337 89.3755  
FC2 VA 28 163.5927 133.337 270.2153  
FC1 VA 27 177.1718 139.824 90.1541  
FC2 VA 27 357.1712 139.824 269.4401  
FC1 VA 34 176.3636 288.093 89.0915  
FC2 VA 34 356.3635 288.093 270.5041

STN 82

FC1 VA 52 72.0647 81.590 93.2655  
FC2 VA 52 252.0654 81.590 266.3258  
FC1 VA 54 249.2333 63.208 87.3412  
FC2 VA 54 69.2329 63.208 272.2547

STN 84

FC1 VA 17 153.3913 110.968 92.1837  
FC2 VA 17 333.3859 110.969 267.4125  
FC1 VA 24 132.2822 177.290 91.5241  
FC2 VA 24 312.2821 177.290 268.0722  
FC1 VA 15 309.3356 98.535 90.0954  
FC2 VA 15 129.3348 98.536 269.5009

STN 89

FC1 VA 4 27.0900 142.436 90.3157  
FC2 VA 4 207.0845 142.436 269.2759  
FC1 VA 3 300.5732 75.233 90.4352  
FC2 VA 3 120.5722 75.233 269.1602  
FC1 VA 5 101.4729 108.216 89.5505  
FC2 VA 5 281.4729 108.217 270.0439

STN 90

FC1 VA 38 131.2332 207.068 89.1715  
FC2 VA 38 311.2326 207.069 270.4232  
FC1 VA 31 301.1309 246.550 90.3152  
FC2 VA 31 121.1257 246.550 269.2755  
FC1 VA 33 16.5935 99.832 90.0518  
FC2 VA 33 196.5924 99.832 269.5422

STN 91

FC1 VA 25 229.4210 347.301 90.0037

FC2 VA 25 49.4159 347.301 269.5844  
FC1 VA 26 280.1547 76.995 90.5413  
FC2 VA 26 100.1535 77.003 269.0532  
FC1 VA 29 6.3523 77.706 88.3433  
FC2 VA 29 186.3528 77.706 271.2509  
FC1 VA 28 60.3303 213.509 89.3557  
FC2 VA 28 240.3256 213.509 270.2354  
FC1 VA 80 95.5646 223.851 89.5341  
FC2 VA 80 275.5651 223.851 270.0609  
FC1 VA 27 125.2346 281.184 89.5959  
FC2 VA 27 305.2344 281.184 269.5948

STN 92

FC1 VA 37 56.0020 69.078 92.0024  
FC2 VA 37 236.0014 69.077 267.5928  
FC1 VA 36 220.5614 75.196 88.2415  
FC2 VA 36 40.5644 75.195 271.3537

STN 93

FC1 VA 44 355.1228 138.941 102.2030  
FC2 VA 44 175.1302 138.941 257.3911  
FC1 VA 47 287.0021 168.033 100.3551  
FC2 VA 47 107.0035 168.033 259.2402  
FC1 VA 90 329.0947 533.280 94.3011  
FC2 VA 90 149.0953 533.280 265.2936

## ANEXOS H

### Ajustamento da Rede Topográfica

**Survey Ellipsoid Editor**

Ellipsoid Name: SOUTH AMERICA

Locality: South America

Unit:

- Foot
- Meter
- US Survey Foot

Semi-major Axis (a): 6378160.00000000

Semi-minor Axis (b): 6356774.71919530

OK Cancel

Flattening (f) = 0.00335289187  
1/Flattening (1/f) = 298.2499999999367  
Eccentricity (e) = 0.0818201799961

**Survey Zone Projection Editor**

Zone ID: UTM-22S

Description: UTM Zone 22 South

Projection Type:

- Transverse Mercator
- Lambert Conic
- Oblique Mercator

Unit:

- Foot
- Meter
- US Survey Foot

Ellipsoid: SOUTH AMERICA

Zone Parameters:

- False Northing: 1000000.00000
- False Easting: 500000.00000
- Origin Latitude (DMS): -27.3615844270
- Origin Longitude (DMS): -48.3105847170
- North Parallel (DMS):
- South Parallel (DMS):
- Central Meridian (DMS): -48.3105847170
- Scale Factor: 1: 2500.000
- Axis Azimuth (DMS):

OK Cancel

**Projection Related Settings** [X]

<b>Zone Database</b> <input type="radio"/> NAD27 Zones <input type="radio"/> NAD83 Zones <input checked="" type="radio"/> UTM Zones <input type="radio"/> User Zones	<b>Zone Related Parameters</b> Current Zone: <b>UTM-22S</b> Geodetic Latitude (DMS): -27.361584427 Geodetic Longitude (DMS): -48.310584717 Applied Scale Factor: 0.9996000000000000 Spheroid Radius: 6349145.234557  <input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>
--	---

Calculated Spheroid Radius = 6349145.23456  
 Calculated Scale Factor = 0.9996000000000000

**Current Zone Information**  
 Zone Description : UTM Zone 22 South  
 Ellipsoid : SOUTH AMERICA

**Survey Equipment Settings** [X]

Equipment Library: **SAMPLE**

**Angle**  
 Horiz. Collimation (sec): 0.0  
 Vert. Collimation (sec): 0.0  
 Horiz. Angle Type: **RIGHT**  
 Vert. Angle Type: **ZENITH**

**Distance**  
 EDM Refract. Index: 287.9600  
 EDM Wave Constant: 0.8600  
 EDM Offset (mm): 0.0000  
 Measuring Device: **EDM: Scope**

**Prism**  
 Tilting  
 Prism Offset (mm): 0.0000  
 Prism Constant (mm): 0.0000

**Standard Deviations**

EDM Prop. Error (ppm): 5.0000	EDM Constant Error (mm): 5.0000
Centering (mm): 1.5000	Target Alignment (mm): 2.5000
Pointing (sec): 1.0	Horizontal Circle (sec): 1.5
Azimuth/Bearing (sec): 10.0	Vertical Circle (sec): 1.5
Prism Hgt. Error (mm): 1.0000	Theod. Hgt. Error (mm): 1.0000

**Least Squares Settings** [X]

Adjustment Type

2-Dimensional

3-Dimensional

Blunder Detection

Calculation Parameters

Maximum # of iterations:

Coordinate Convergence:

Ellipse Scale Factor:

Confidence Interval

95 %

99 %

Layers

Ellipse Layer:

Distance Layer:

Angle Layer:

Direction Layer:

Graphic Toggles

Error Ellipses

Distance Lines

Angle Lines

Direction Lines

**Traverse Loop Adjustment Settings** [X]

Calculation Criteria

Traverse Analysis

Balance Angles

Vertical Adjustment

None

Length Weighted Distribution

Equal Distribution

Horizontal Adjustment

None

Compass Rule

Transit Rule

Crandall Rule

Least Squares

User Specified Limits

Horizontal Closure Limit: 1:

Vertical Closure Limit: 1:

Angular Error/Set (secs):

SURVEY LEAST SQUARES CALCULATION  
 Tue Jul 06 11:35:41 1999

Project: redeufsc  
 Input File: NETWORK.LSI

Total # of Unknown Points: 63  
 Total # of Points : 64  
 Total # of Observations : 693  
 Degrees of Freedom : 567  
 Confidence Interval : 95%  
 Number of Iterations : 3  
 Chi Square Value : 1794776479.96776  
 Goodness of Fit Test : Fails at the 5% Level

Standard Deviation of Unit Weight: 1779.15447

\*\*\*\*\*  
 2D LEAST SQUARES ERROR ANALYSIS  
 \*\*\*\*\*

Semi-Axes are at 95% Confidence Level

Point#	Semi-Major Axis	Semi-Minor Axis	Axis Azimuth
1	111.310688	17.281763	108-07-38
2	88.169961	16.521440	111-55-30
4	74.680658	15.656927	106-25-05
6	63.352415	13.510083	85-24-06
8	49.988072	12.601313	96-48-08
7	54.435849	13.194957	92-01-44
5	81.103427	14.836456	97-46-12
3	87.060491	15.817638	108-14-57
10	45.568711	12.557285	98-57-00
12	65.961383	19.423392	129-44-31
11	71.630953	19.280385	128-11-41
14	54.681131	17.623023	116-34-33
17	49.659592	14.832578	116-23-31
15	54.146731	22.346251	137-02-40
13	59.724653	18.424060	119-07-12
19	47.646458	12.080724	89-42-48
20	42.327419	10.919461	86-32-21
23	36.805554	10.350203	74-46-16
22	34.510058	10.050348	84-07-32
21	34.497407	11.016114	101-06-45
25	26.446315	7.617240	115-12-52
27	20.923443	7.063018	7-40-04
28	16.669152	6.088276	122-16-48
26	7.459512	5.665683	5-19-32
24	45.632167	14.199628	108-23-18
18	35.130419	11.631456	113-06-58
9	64.701740	16.289708	114-02-34
30	14.497939	7.412113	53-28-15
32	26.892221	9.692467	54-39-34
33	28.403811	9.089601	41-47-59
31	27.107696	7.750697	81-59-25
35	31.138638	9.483994	8-52-44
36	39.908888	12.851346	15-01-31
38	48.030638	12.988355	35-27-27

39	55.530915	16.229394	29-39-46
37	46.439561	13.997604	26-31-07
42	64.554459	18.861605	24-51-51
41	67.302656	21.954271	19-47-01
45	56.355241	14.601787	36-30-41
44	65.091231	16.018527	34-41-34
40	60.461976	21.235562	21-15-24
34	29.307345	8.425709	24-55-27
47	67.430224	14.757950	47-03-32
48	61.408942	14.202369	49-54-13
50	66.441905	15.270011	52-52-22
52	60.823813	13.658876	61-26-19
54	65.523340	15.076854	70-55-34
51	66.620624	16.321483	60-48-27
49	58.446148	13.216207	52-22-49
46	55.711627	13.449346	47-57-41
56	52.859345	12.271303	76-25-21
58	41.476001	11.038738	72-39-11
57	46.884214	11.708331	63-49-31
82	63.195562	15.229090	66-52-44
90	34.318555	9.987951	47-53-58
89	85.690714	15.343692	104-06-45
84	49.966428	17.884917	127-58-52
80	16.706285	5.989378	157-53-18
92	43.936262	13.982089	20-52-01
93	76.063978	16.501130	37-45-19
94	82.398147	22.525555	123-13-18
55	59.697419	12.985344	79-19-40
29	7.765057	5.311455	64-02-54