

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

**ATUALIZAÇÃO DE PLANTAS CADASTRAIS
UTILIZANDO ORTOFOTOS DIGITAIS**

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

Orientador: Prof. Dr. *Norberto Hochheim*

NELSON MARISCO

Florianópolis, março de 1997

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

**ATUALIZAÇÃO DE PLANTAS CADASTRAIS
UTILIZANDO ORTOFOTOS DIGITAIS**

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

Orientador: Prof. Dr. *Norberto Hochheim*

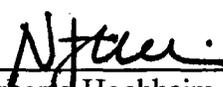
NELSON MARISCO

Florianópolis, março de 1997

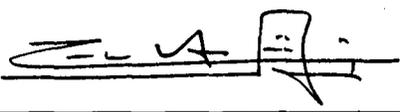
Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA

Especialidade ENGENHARIA CIVIL e aprovada em sua forma final
pelo programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

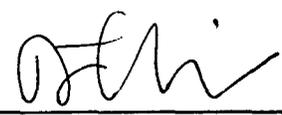


Prof. Dr. Norberto Hochheim (Orientador)

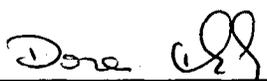


Prof. Dr. Carlos Alberto Szücs (Coordenador)

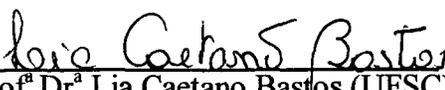
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. João Fernando Custódio da Silva (UNESP)



Profª Drª Dora Maria Orth (UFSC)



Profª Drª Lia Caetano Bastos (UFSC)



Profª Drª Alice Theresinha Cybis Pereira (UFSC)

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA

Especialidade ENGENHARIA CIVIL e aprovada em sua forma final
pelo programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

Prof. Dr. Norberto Hochheim (Orientador)

Prof. Dr. Carlos Alberto Szücs (Coordenador)

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. João Fernando Custódio da Silva (UNESP)

Prof^a Dr^a Dora Maria Orth (UFSC)

Prof^a Dr^a Lia Caetano Bastos (UFSC)

Prof^a Dr^a Alice Theresinha Cybis Pereira (UFSC)

Aos meus pais, avó e tios,
que sempre me apoiaram e incentivaram
a lutar e perseverar.

À minha esposa Luciane Maranha de Oliveira Marisco
pelo amor e compreensão
do cotidiano

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo financiamento desse trabalho.

À empresa ESTEIO - Engenharia e Aerolevantamentos S.A., em nome dos Engenheiros:

- José Alexandre F. da Silva
- Silas Sallem Filho
- Fernando Dias Pereira

pelo fornecimento das ortofotos digitais utilizadas nesse trabalho, bem como outras informações.

À empresa ITIS Informática Industrial Ltda de Florianópolis -SC, em nome do Engenheiro Maurício Kuster, pela disponibilização da utilização nesse trabalho do “software” MicroStation 95.

À Fundação de Amparo ao Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (FATMA), pelo empréstimo dos equipamentos GPS's e “software”.

À empresa ELETROSUL S.A., pela disponibilização do “scanner” e dos equipamentos GPS's .

Ao Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, pela disponibilização das bases cartográficas utilizadas, bem como de outros documentos.

Ao Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil, em nome do coordenador Prof. Carlos Alberto Szücs e da Chefe de Expediente Irizete Odete Meneses, pelo apoio e atenção recebida.

Ao Departamento de Geociências do Centro Universitário de Aquidauana - MS, que possibilitou meu afastamento durante esses dois anos.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em nome da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, pelo empenho da efetivação e condução do afastamento.

Ao Prof. Mauricio Galo da Universidade Estadual Paulista - Campus de Presidente Prudente - S.P., pela utilização do “software”, de transformação de coordenadas tridimensionais.

Ao Professor Norberto Hochheim, que de forma ética e profissional soube trabalhar com minha dificuldades e limitações.

Ao Engenheiro Cartógrafo Cezário de Oliveira Lima Jr., pela sua contribuição e apoio.

Enfim a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	I
SUMÁRIO	II
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	IX
LISTA DE MAPAS	XII
RESUMO	XIII
ABSTRACT	XIV
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 Considerações preliminares	01
1.2 Justificativas	02
1.3 Objetivos	04
1.3.1 Objetivos gerais	04
1.3.2 Objetivos específicos	04
1.4 Estrutura da dissertação	05
1.5 Limitações do trabalho	06
2 CONSIDERAÇÕES SOBRE BASES CARTOGRÁFICAS	07
2.1 Base cartográfica como suporte ao Sistema Cadastral	07
2.2 Qualidade das bases cartográficas	08
2.2.1 Avaliação da exatidão de bases cartográficas	10
2.2.1.1 Estimativa da precisão	11
2.2.1.2 Estimativa da acurácia	12
2.3 Base cartográfica em formato digital	13
2.3.1 Formas de aquisição de dados	14
2.3.1.1 Aquisição de dados na forma “raster”	14
2.3.1.2 Aquisição de dados na forma “vector”	17
2.3.2 Conversão de dados	18
2.3.2.1 Vetorização manual	18
2.3.2.2 Vetorização semi-automática	19
2.3.2.3 Vetorização automática	20
2.4 Referenciamento à rede geodésica fundamental	21
2.4.1 Sistema de Posicionamento Global (NAVSTAR GPS)	22
2.4.1.1 Pseudo-distâncias	23
2.4.1.2 Observação da fase das portadoras	24
2.4.1.3 O posicionamento relativo	24
2.4.1.4 As técnicas de posicionamento	25
2.4.1.5 Procedimentos a serem adotados no pós-processamento	27
2.5 Sistemas de projeções cartográficas	28
3 ATUALIZAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS	29
3.1 O mapeamento em nível mundial	29
3.1.1 Escalas menores e iguais que 1:25.000	29
3.1.2 Escalas maiores que 1:25.000	30
3.2 O mapeamento em nível nacional	31
3.2.1 O mapeamento Sistemático	31
3.2.2 O mapeamento em escalas grandes	32

3.3 A definição de uma metodologia de atualização	35
3.4 Tipos de atualizações	37
3.5 Fases da atualização	38
3.5.1 Detecção de mudanças	38
3.5.2 Extração e adição de feições	39
3.5.3 Acomodação dos erros do mapa existente	39
3.5.4 Conversão de formato analógico para digital	39
3.6 Atualização por métodos fotogramétricos	40
3.6.1 Aquisição de dados para mapeamento e atualização	41
3.6.1.1 Levantamentos terrestres	41
3.6.1.2 Fotogrametria Convencional	42
3.6.1.3 Fotogrametria proveniente do espaço	42
3.6.1.4 Uso de sistemas “scanners” passivos	42
3.6.1.5 Usos de sistemas “scanners” ativos (radares)	44
3.6.2 Formas de restituições de imagens	44
3.6.2.1 Método gráfico simples	44
3.6.2.2 Método ótico simples	45
3.6.2.3 Retificação	46
3.6.2.4 Monorestituição Digital	46
3.6.2.5 Estereorestituição Convencional	48
3.6.2.6 Ortofotografia	50
3.6.2.7 Ortofoto digital	53
4 MATERIAIS E MÉTODOS	62
4.1 Desenvolvimento prático	62
4.2 Materiais	64
4.2.1 Levantamento dos pontos em campo e obtenção de coordenadas	64
4.2.2 Obtenção dos pontos nos originais cartográficos	65
4.2.3 Obtenção das imagens “raster”	65
4.2.4 Obtenção das ortofotos e rasterização dos diapositivos	65
4.2.5 Vetorização e atualização	66
4.3 Métodos	67
4.3.1 Seleção da área de estudo	67
4.3.2 Levantamento dos pontos de apoio em campo	69
4.3.2.1 Planejamento prévio	69
4.3.2.2 Levantamento de campo	70
4.3.2.3 Pós-processamento dos dados levantados	71
4.3.2.4 Ajustamento dos dados pós-processados	72
4.3.3 Avaliação das bases cartográficas utilizadas	72
4.3.4 Elaboração das ortofotos digitais	73
4.3.4.1 Orientação interior	74
4.3.4.2 Geração do MDT (Modelo Digital de Terreno)	74
4.3.4.3 Retificação diferencial	75
4.3.5 Conversão analógico/digital	77
4.3.5.1 Varredura - obtenção das imagens “raster”	77
4.3.5.2 Conversão “raster/vector”	79
4.3.5.3 Edição dos dados “raster”	80
4.3.5.4 Georreferenciamento das imagens	80
4.3.5.5 Definição e seleção das categorias e feições	80
4.3.5.6 Vetorização	82

4.3.6	Avaliação do arquivo vetorial convertido	84
4.3.7	Atualização das bases cartográficas convertidas	84
4.3.7.1	Georreferenciamento das ortofotos digitais	85
4.3.7.2	Adição de novas feições (vetorização manual “on-screen”)	85
4.3.7.3	Edição das bases cartográficas atualizadas	85
5	APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E ANÁLISES	86
5.1	Avaliação técnica das etapas	86
5.1.1	Acurácia dos pontos de apoio levantados em campo	86
5.1.2	Resultados da poligonal ajustada e dos pontos irradiados	90
5.1.3	Coordenadas ajustadas e transformadas	93
5.1.4	Avaliação das bases cartográficas utilizadas	96
5.1.5	A exatidão das ortofotos digitais	102
5.1.5.1	Precisão das ortofotos	102
5.1.5.2	A acurácia das ortofotos digitais	105
5.1.6	Resultados da conversão analógico/digital	108
5.1.6.1	Rasterização	108
5.1.6.2	Conversão “raster/vector”	109
5.1.7	Avaliação das bases cartográficas atualizadas	113
5.2	Avaliação econômica das etapas desenvolvidas	119
5.2.1	“Software” e “hardware”	119
5.2.2	Custo de produção das ortofotocartas digitais	120
5.2.2.1	Comparação de custos ortofocarta digital e restituição em formato digital	121
5.2.3	Custos da varredura (rasterização)	123
5.2.4	Custos da vetorização	123
5.2.5	Custos da atualização	124
5.2.6	Síntese e comparação de resultados para as escalas utilizadas	125
5.3	Aspectos operacionais do processo de atualização	128
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	139
6.1	Conclusões	139
6.2	Recomendações	142
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
	APÊNDICE 1	151
	APÊNDICE 2	153
	APÊNDICE 3	161
	APÊNDICE 4	168
	APÊNDICE 5	175

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BARL - Barra da Lagoa
 C/A - "Coarse Aquisition code"
 CIT - Um tipo de formato de dados binário
 CCD - "Charge-Coupled Device"
 COCAR - Comissão de Cartografia
 CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia
 dpi - pontos por polegadas (Dots per Inch)
 DEM - "Digital Elevation Model"
 DGPS - "Differential GPS"
 DPW - "Digital Photogrammetric Workstations"
 DOP - "Dilution of Precision"
 DSG - Diretoria de Serviço Geográfico
 DVP - Digital Vídeo "Plotter"
 EMFA - Estado Maior das Forças Armadas
 FATMA - Fundação de Amparo ao Meio Ambiente
 IFS - "International Federation of Suveyors"
 GPS - "Global Positioning System"
 GSD - "Ground Sample Distance"
 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 IGEOVEC - "Software Intergraph", usado para converter dados "raster" em "vector"
 I/RAS B - "Software Intergraph", usado para apresentar, editar e manipular imagens binárias (preto e branco).
 I/RAS C - "Software Intergraph", usado para importar, apresentar, realçar e plotar imagens em tons de cinza.
 ISPRS - "International Society for Photogrammetry and Remote Sensing"
 JOAQ - Joaquina
 LIS - "Land Information Systems"
 LTM - Projeção Local Transverso de Mercator
 MDT - Modelo Digital de Terreno
 MSFC - "MicroStation Feature Colletion"
 MSS - "Multispectral Scanner Subsystem"
 P - "Precison code"
 PEC - Padrão de Exatidão Cartográfica
 ppm - partes por milhão
 PRN - "Pseudo Randon Noises codes"
 RAM - "Random Access Memory"
 RIOV - Rio Vermelho
 RTM - Projeção Regional Transversa de Mercator
 RMS - Erro médio quadrático
 RNN - Referências de Nível
 SAD-69 - Sistema Geodésico Sul-Americano de 1969 (Elipsóide Inetrnacional de 1967)
 SAR - Radar de Abertura Sintética
 SAT5 - Ponto do IBGE (SAT-SC-15)
 SIG - Sistemas de Informação Geográfica
 SLI - "Straight Line Imager"
 STAN - Santo Antonio de Lisboa

TCD - Transformação de Coordenadas Digitais

TIFF - "Tagged Imaged File Format"

TM - Projeção Transversa de Mercator

TM - "Thematic Mapper"

VGAN - Vargem Grande

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UTM - Projeção Universal Transversa de Mercator

WGS-84 - "World Geodetics System de 1984"

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: “Scanner” de mesa	15
FIGURA 2.2: “Scanner” de tambor	15
FIGURA 2.3: “Scanner” de rolo	16
FIGURA 2.4.: Formas de obtenção e de conversão de dados digitais	21
FIGURA 3.1: Total de áreas em Km ² restituídos no período 85/95	34
FIGURA 3.2: Projeção perspectiva central (transformação de coordenadas de pontos no terreno P (X, Y, Z), para coordenadas de foto P'(x, y)	47
FIGURA 3.3: Esquema de geração de ortofoto digital	54
FIGURA 3.4: Esquema básico de produção de ortofoto digital, método indireto	55
FIGURA 3.5: Obtenção da ortofoto digital pelo método indireto “bottom-up”	56
FIGURA 3.6: Esquema de produção de ortofoto digital, método direto	57
FIGURA 3.7: Transformação de pixel da forma indireta (a) e direta (b)	58
FIGURA 4.1: Esquema da metodologia adotada	63
FIGURA 4.2: Ortofoto digital da área I	76
FIGURA 4.3: Ortofoto digital área II	77
FIGURA 4.4: Representação de linha com mais de três pixel e resolução de 500 dpi	78
FIGURA 4.5: Representação de linha com menos de três pixel e resolução de 500 dpi	79
FIGURA 4.6: Esquema representando as características das feições no “MSFC”	81
FIGURA 4.7: Esquema da caixa de dialogo do Editor de Feições do MSFC	82
FIGURA 4.8: Representação de parte do arquivo “raster”, já vetorizado (área I)	83
FIGURA 5.1: Pontos irradiados para a área I	92
FIGURA 5.2: Pontos irradiados para a área II	93
FIGURA 5.3: Superposição das curvas de nível (área I)	117
FIGURA 5.4: Superposição das curvas de nível (área II)	118
FIGURA 5.5: Superposição dos arquivos vetoriais da base existente e o arquivo vetorizado sobre a ortofoto digital	129
FIGURA 5.6: Superposição do arquivo vetorial da base antiga sobre a ortofoto digital	130
FIGURA 5.7: Superposição de dois arquivos “raster”, georreferenciados de forma distinta e o arquivo vetorial da base antiga (área I)	131
FIGURA 5.8: Porção da ortofoto digital área I(encosta do morro densamente ocupada)	132
FIGURA 5.9: Arquivo vetorial da base antiga sobreposta à ortofoto digital (área I)	133

FIGURA 5.10: Porção da ortofoto digital área I (região central da Ilha com altos edifícios)	134
FIGURA 5.11: Arquivo vetorial da base antiga sobreposta a ortofoto digital (área II)	135
FIGURA 5.12: Vetorização “on-screen” sobre a ortofoto digital (área II)	136
FIGURA 5.13: Porção da ortofoto digital, área II (escala 1:2.000)	137
FIGURA 5.14: Sobreposição dos arquivos vetoriais da base antiga e do atualizado para a área II	137

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1: Padrões de Exatidão Cartográfica (PEC) e Erros Padrões para escalas 1:10.000 e 1:2.000	10
TABELA 2.2: Componentes de um mapa digital	14
TABELA 2.3: Comparação entre formatos “raster” e “vector”	17
TABELA 2.4: Vantagens e desvantagens da vetorização manual	19
TABELA 2.5: Comparação das técnicas de digitalização	20
TABELA 3.1: Total em Km ² de autorizações concedidas pelo EMFA para execução de serviços de restituição e ortofoto nos períodos de 1985/1995	33
TABELA 5.1: Resultados do pós-processamento dos vetores da poligonal	86
TABELA 5.2: Fechamento relativo planialtimétrico da poligonal	87
TABELA 5.3: Seções da poligonal e seus DX, DY, DZ	87
TABELA 5.4: Vetores dos pontos irradiados para a área I, e seus respectivos RMS, “Ration”, distâncias e “solution”	89
TABELA 5.5: Vetores dos pontos irradiados para a área II, e seus respectivos RMS, “Ration”, distâncias e “solution”	90
TABELA 5.6: Coordenadas geográficas, altitude geométrica (h) e desvios padrões dos pontos da poligonal, no sistema WGS-84	91
TABELA 5.7: Coordenadas geográficas e altitude geométrica (h) dos pontos irradiados para a área I, no sistema WGS-84	91
TABELA 5.8: Coordenadas geográficas e altitude geométrica (h) dos pontos irradiados para a área II, no sistema WGS-84	92
TABELA 5.9: Coordenadas geográficas, UTM e altitude ortométrica (H) dos pontos da poligonal (SAD-69)	94
TABELA 5.10: Coordenadas geográficas, UTM e altitude ortométrica (H), obtidos a partir do ponto SAT5, área I	94
TABELA 5.11: Coordenadas geográficas, UTM e altitude ortométrica (H), obtidas a partir dos pontos UFSC, área I	95
TABELA 5.12: Coordenadas geográficas, UTM e altitude ortométrica (H), obtidas a partir dos pontos VGAN, área II	95
TABELA 5.13: Coordenadas geográficas, LTM e altitude geométrica (H), para a área II	96
TABELA 5.14: Coordenadas dos pontos de testes planimétricos para a área I, e	

seus respectivos erros planimétricos	97
TABELA 5.15: Cotas altimétricas e suas respectivas diferenças	100
TABELA 5.16: Coordenadas dos pontos de testes planimétricos e suas diferenças	101
TABELA 5.17: Coordenadas dos pontos lidos na ortofoto digital e no terreno e suas diferenças, área I	105
TABELA 5.18: Coordenadas dos pontos de campo e seus correspondentes lidos na ortofoto digital e suas diferenças, área II	106
TABELA 5.19: Resultados obtidos com os três tipos de equipamento “scanner”	108
TABELA 5.20: Comparação das coordenadas UTM dos pontos lidos no original e no arquivo “vector”, área I	110
TABELA 5.21: Comparação das coordenadas levantadas no campo em LTM e seus correspondentes lidos no arquivo “vector”, área II	112
TABELA 5.22: Diferença de coordenadas dos pontos de campo e do seu arquivo vetorial atualizado, área I	114
TABELA 5.23: Diferença de coordenadas dos pontos de campo e dos seus correspondentes no arquivo vetorial atualizado, área II	115
TABELA 5.24: Estimativa de preços dos “software”	119
TABELA 5.25: Estimativa de custo para a elaboração de ortofotocartas digitais para a escala 1:10.000	120
TABELA 5.26: Estimativa de custo de produção de ortofotocartas digitais para a área II, escala 1:2.000	121
TABELA 5.27: Comparação do custo unitário em R\$/Km ² de produção de ortofotocarta digital e restituição em formato digital (escala 1:10.000)	122
TABELA 5.28: Comparação do custo total em R\$ de produção de ortofotocarta digital e restituição em formato digital (escala 1:10.000)	122
TABELA 5.29: Comparação do custo unitário em R\$/Km ² , entre uma ortofotocarta digital e uma restituição em formato digital (escala 1:2.000)	122
TABELA 5.30: Comparação do custo total de produção de ortofotocarta digital e restituição em formato digital (escala 1:2.000)	123
TABELA 5.31: Estimativa média de tempo e preço para processo de vetorização de bases cartográficas para as escalas 1:10.000 e 1: 2.000, em (R\$/folha)	123
TABELA 5.32: Estimativa de custo por folha, do processo de atualização planimétrica das bases cartográficas na forma vetorial	125

TABELA 5.33: Comparação de custo entre o processo de atualização por ortofoto digital ortofotocartas digitais e restituição em formato digital. (área I escala 1:10.000)	126
TABELA 5.34: Custo total estimado para atualizar por ortofoto digital, ortofotocarta digital ou restituir em formato digital os 450 Km ² da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis (escala 1:10.000)	126
TABELA 5.35: Comparação de custo entre o processo de atualização por ortofotos digitais, ortofotocartas digitais e restituição em formato digital, (escala 1:2.000)	127
TABELA 5.36: Estimativa de custo para atualizar bases cartográficas que recobrem os 250 Km ² da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis	127

LISTA DE MAPAS

MAPA 01: Área de estudo I e II, poligonal e pontos irradiados

MAPA 02: Folha SG-22-Z-D-V-2-NE-F (área I)

MAPA 03: Folha SG-22-Z-D-III-3-SO-C-II-4 (área II)

MAPA 04: Arquivo vetorial convertido área I, escala 1:10.000

MAPA 05: Arquivo vetorial convertido área II, escala 1:2.000

MAPA 06: Arquivo vetorial atualizado área I, escala 1:10.000

MAPA 07: Arquivo vetorial atualizado área II, escala 1:2.000

RESUMO

Preocupado com o problema da atualização das bases cartográficas já existentes com fins cadastrais, nas quais foram investidos significativos recursos públicos, e com a crescente necessidade de informações rápidas e acuradas, realizou-se um trabalho que pudesse conciliar a questão técnica e econômica possibilitando a atualização desses documentos cartográficos.

O presente trabalho utiliza-se de uma metodologia fotogramétrica, a ortofoto digital, para atualizar documentos cartográficos em escala grande.

Com o intuito de avaliar a viabilidade técnica e econômica de tal metodologia, foram escolhidas duas áreas de estudos na Ilha de Santa Catarina (Florianópolis - S.C.), sendo a primeira correspondente à região central da ilha, numa escala 1:10.000, e a segunda correspondente a uma parte do Balneário de Canasvieiras, em escala 1:2.000.

Para que as bases cartográficas das duas áreas pudessem ser utilizadas neste trabalho, houve a necessidade de se fazer uma conversão dos produtos já existentes em base analógica, para o formato digital, utilizando-se de procedimentos de rasterização e posterior vetorização dos mesmos (conversão analógico/digital), utilizando-se de "softwares" comerciais (MicroStation - I/GEOVEC - I/RAS B - I/RAS C).

Em seguida, foram feitas atualizações dos arruamentos e algumas edificações para a escala 1:10.000. Para a escala 1:2.000 atualizou-se as edificações, os arruamentos, os limites dos lotes, utilizando-se a ortofoto digital como pano de fundo (back-ground).

Por fim, fez-se uma avaliação técnica e econômica de cada etapa envolvida no processo.

Os resultados obtidos no presente trabalho permitiram constatar as potencialidades técnicas e econômicas da metodologia proposta, bem como as reais limitações da conversão raster/vector de bases cartográficas já existentes, e sua posterior atualização, em áreas urbanas.

ABSTRACT

Concerned with the problem of updating the already existing cartographic bases, in which significant public resources have been invested, both for cadastral purposes and due to the growing need for accurate and rapid information, a project was carried out that could conciliate the technical and economic question, by making possible the updating of these cartographic documents.

A photogrametric methodology, with digital orthophotographs, was utilized, to update cartographic documents on a large scale.

With the aim of testing the technical and economic viability of this methodology, two areas of study were chosen on Santa Catarina Island (Florianópolis-SC), the first corresponding to the central region of the island, on a scale 1:10.000, and the second, corresponding to a part of the bathing area of Canasvieiras, on a scale 1:2.000.

To be able to utilize the cartographic bases of these two areas, it was necessary to make a conversion of the data already existing in analogic bases, to a digital format, through procedures involving rasterization and subsequent vectorization (analogic/digital conversion), utilizing the commercial software (MicroStation, I/Geovec, I/RASC e I/RASB).

The next step involved updating the information regarding the arrangement of the streets and some constructions on a scale 1:10.000. On a scale 1:2.000, updated the information about constructions, arrangement of streets, boundaries of lots, utilizing the digital orthophotograph as a background.

Finally, a technical and economic assessment is made for each stage involved in the process.

The results obtained in this study have made it possible to show the technical and economic potentialities, as well as the real limitations of the raster/vector conversion of already existing cartographic bases, and of subsequent modernization of the bases, in urban areas.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Preliminares

A atualização de bases cartográficas é uma tarefa um tanto quanto complexa, e para o mapeamento em escala grande, no Brasil, ela é ainda maior, devido principalmente à falta de padronização dos dados à inexistência de uma normatização específica a ser seguida pelos contratantes desses serviços, fazendo com que haja uma grande heterogeneidade nos dados levantados e nas bases produzidas.

No Brasil o grande acervo de bases cartográficas existentes ainda se encontra em meio analógico, sendo que uma boa parte desse acervo reclama por algum tipo de atualização, para não ficar apenas como documento histórico.

Além do mais, a falta de cultura cartográfica no país faz com que uma boa parte da população não sinta necessidade de mapas em seu cotidiano, quadro que cabe aos profissionais da área reverter.

Isso, entretanto, não inviabiliza a idéia de se aproveitarem os produtos existentes, mas sim lança um desafio a ser enfrentado com soluções técnicas e econômicas compatíveis com as realidades nacional e regional

Dentro desse preceito, e com os recursos disponíveis fornecidos pelo desenvolvimento tecnológico, alcançado pela informatização, pensou-se em um trabalho que pudesse aproveitar as existentes bases cartográficas de escalas grandes, convertendo-as para o formato digital, utilizando-se para isso a conversão “raster/vector”. Em seguida, atualizá-las, utilizando-se de ortofotos digitais como suporte, em “hardwares” e com “softwares” disponíveis comercialmente.

1.2 Justificativas

Dos diversos trabalhos publicados e consultados, tais como SKALET, et. al. (1992), HOOD, et. al. (1989), BONIFACE, (1992), ECKER, (1992), STEINER, (1992), NOVAK (1992), QUEIROZ FILHO (1993), pode-se perceber que o desenvolvimento técnico-científico tem revolucionado diversas áreas do conhecimento humano, dentre as quais encontra-se a de mapeamento.

Esse desenvolvimento tem possibilitado o surgimento de satélites de observação da terra, por exemplo os LANDSAT, SPOT, JERS-1; o surgimento do Sistema de Posicionamento Global (NAVSTAR-GPS); evoluções na fotogrametria, tais como as "Digital Photogrammetric Workstations"- DPW; evoluções nos equipamentos de medições (estações totais) e surgimento e evolução dos Sistemas de Informações Geográficas e/ou da Terra (SIG/LIS).

Isso tem permitido que o problema da atualização receba uma maior atenção por parte dos pesquisadores envolvidos na área de mapeamento, em todo o mundo, possibilitando assim encontrarem-se soluções compatíveis com as necessidades e realidades de seus territórios, quer sejam elas em escalas grandes, médias ou pequenas.

Embora alguns países mais desenvolvidos já tenham finalizado o mapeamento de todo o seu território, o que enseja o direcionamento dos esforços em atividades de atualização e manutenção, isso não quer dizer que a preocupação com tarefas de atualização devam ocorrer apenas ao término de todo o mapeamento territorial; pelo contrário, deve ser uma atividade paralela a esse mapeamento (ALI & DOWMAN, 1988).

Estas argumentações podem ser justificadas pela seguinte colocação:

"A demanda por atualização vem crescendo progressivamente, à medida que vem aumentando as áreas cobertas por Documentos Cartográficos, quer seja em escalas do mapeamento sistemático quer seja em escalas maiores" (LUGNANI, 1985).

O mesmo autor afirma que as constantes e ligeiras transformações a que estão sujeitas determinadas áreas, decorrente da ocupação do espaço tanto rural como urbano, tendem a aumentar tal demanda e a reduzir o tempo de intervalo de atualização dos documentos cartográficos existentes.

Desse modo, para determinadas áreas em que a ocupação territorial for mais intensa, e uma necessidade de escalas maiores se fizer presente, é imprescindível a elaboração de programas de atualizações sistematizadas, a fim de que as transformações possam ser conhecidas de forma rápida e precisa.

Recentemente a REVISTA FATOR GIS publicou um artigo ressaltando a necessidade de procedimentos de atualização para os produtos cartográficos, afirmando:

O mapeamento independente custa caro e a falta de manutenção da base cartográfica pelos usuários leva a remapeamentos. Isto dilapida os cofres públicos e multiplica mapas com padrões diferentes. Além disso, o orçamento do projeto deve prever gastos com a preservação e a atualização dos dados (REVISTA FATOR GIS, 1995).

Percebe-se que, há uma necessidade premente principalmente no âmbito das administrações públicas, de mudanças de posturas com relação a investimentos em bases cartográficas, bem como também das empresas prestadoras de serviços de mapeamento, no sentido de oferecerem serviços alternativos mais baratos e de boa qualidade.

Evitando-se-ia, com isso, investir-se em bases cartográficas, sem antes levar-se em consideração uma estratégia de planejamento de atualização dessas bases, bem como a viabilidade de aproveitá-las.

Dos diversos procedimentos metodológicos que podem ser implementados de forma a sistematizar as tarefas de atualização de bases cartográficas com fins cadastrais, destacam-se os métodos por levantamentos em campo e os por levantamentos aerofotogramétricos.

Sem querer polemizar sobre qual dos dois procedimentos deva ser adotado, entende-se que o método escolhido para atualizar bases cartográficas com fins cadastrais deva permitir que os procedimentos sejam sistematizados conforme as necessidades locais e disponibilidades de recursos.

Dessa forma, adotou-se para o desenvolvimento do presente trabalho uma metodologia que em parte pudesse incorporar os avanços tecnológicos disponíveis, conciliando-os com aspectos econômicos. Para isso considerou-se:

- a necessidade de se apresentar alternativas que possam aproveitar as bases cartográficas em meio analógico (papel), as quais perfazem a grande maioria das bases cartográficas disponíveis no Brasil, conforme já mencionado;
- a necessidade de se apresentarem alternativas que possam diminuir os custos, para se ter bases cartográficas em condições de serem utilizadas como suporte às tarefas de planejamento;
- a crescente necessidade de se obterem dados em formato digital;

Além desses fatores, também foram consideradas as seguintes tendências:

- a evolução de algoritmos que possibilitam a extração automática de feições de imagens digitais, e
- o barateamento e evolução dos “hardwares” e “softwares”;

1.3 Objetivos

Dentro dessa ótica, o presente trabalho possui os seguintes objetivos gerais e específicos:

1.3.1 Objetivos Gerais

- Avaliar técnica e economicamente a utilização de ortofotos digitais, como suporte para atualização de bases cartográficas existentes e convertidas para o formato digital.

1.3.2 Objetivos específicos

- Apresentar as metodologias mais utilizadas em processos de atualização de bases cartográficas em escalas grandes.
- Converter de analógico para digital documentos cartográficos já existentes.
- Apresentar uma alternativa que possa ser utilizada de forma sistemática em tarefas de atualizações periódicas.
- Testar a metodologia proposta para duas áreas distintas.
- Avaliar a acurácia cartográfica do produto final atualizado.
- Avaliar o custo da adoção dessa metodologia.
- Fornecer subsídios por tomadas de decisão, quanto a optar por um novo mapeamento ou atualizar o existente.

1.4 Estrutura da dissertação

Este trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma:

➔ Capítulo 1 (Introdução): em que se aborda contextualmente a importância e necessidade de se atualizarem bases cartográficas existentes.

Apresentam-se também os objetivos e a estrutura da dissertação, bem como suas limitações.

➔ Capítulo 2 (Considerações sobre bases cartográficas): em que se aborda a base cartográfica, procurando destacar sua importância em um sistema cadastral, sua exatidão, seu referenciamento ao sistema geodésico fundamental e os sistemas de projeções mais utilizados.

Também são apresentados seus formatos, enfatizando-se a conversão analógico/digital.

➔ Capítulo 3 (Atualização de bases cartográficas): em que se contextualiza a atualização de bases cartográficas, tanto em relação mundial quanto nacional.

Em seguida são apresentados os métodos de atualizações mais utilizados na prática, procurando-se abordar seus principais aspectos, enfatizando-se o método fotogramétrico por ortofoto digital.

➔ Capítulo 4 (Materiais e métodos): em que se apresentam os equipamentos e a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho, partindo da obtenção dos pontos de campo por GPS, passando pela conversão “raster/vector” das bases cartográficas e finalizando com a atualização “on-screen” dos mesmos.

➔ Capítulo 5 (Apresentação de resultados e análises): em que se avaliam os dados obtidos em cada etapa do processo, posteriormente analisados:

- do ponto de vista técnico, verificando-se a exatidão dos produtos;
- do ponto de vista econômico, apresentando-se os custos do processo, e
- do ponto de vista operacional, apresentando-se as dificuldades e as facilidades encontradas no processo de atualização,

➔ Capítulo 6 (Conclusões e recomendações): em que se apresentam as conclusões extraídas deste trabalho, bem como recomendações que possam vir a ser utilizadas no desenvolvimento de trabalhos futuros.

1.5 Limitações do trabalho

Como este trabalho procura aproveitar bases cartográficas existentes em formato analógico (papel), convertendo-as para o meio digital, a fim de serem atualizadas por uma metodologia fotogramétrica, em ambiente computacional; as limitações inerentes ao processo estão diretamente relacionadas à qualidade do produto existente.

Dessa forma, verifica-se que:

- essa proposição foi idealizada para procedimentos de atualizações periódicas ou cíclicas; portanto, não resolvem por completo a problemática da desatualização, exigindo a adoção conjunta de outros procedimentos.
- a falta de informações sobre a execução e acurácia dos produtos cartográficos existentes, tais como relatórios dos pontos de apoio e da restituição e dos equipamentos utilizados podem vir a inviabilizar a tarefa de atualização, do ponto de vista econômico.
- a não utilização da visão estereoscópica prejudica a vetorização sobre as ortofotos digitais.
- as fotografias utilizadas não são apropriadas à elaboração de ortofotos digitais, fazendo com que as imagens do topo dos edifícios apresentassem grandes deslocamentos.
- as curvas de nível não foram restituídas, impossibilitando a atualização altimétrica.

CAPITULO 2

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE BASES CARTOGRÁFICAS

2.1 Base cartográfica como suporte ao Sistema Cadastral

Segundo a “International Federation of Surveyors” - IFS (1995) “*Um cadastro baseia-se em parcelas (lotes), sendo um sistema informativo da terra, determinando os direitos, as restrições e as responsabilidades dos indivíduos*”.

Geralmente incluem uma descrição geométrica das parcelas, conjuntamente com outros registros que procuram descrever as propriedades, seu valor, seus proprietários e suas benfeitorias.

Dessa forma, pode-se dizer que um cadastro é estabelecido para fins fiscais (avaliação e impostos de propriedades), fins legais (transferências de propriedades) e para fins de fornecimento de suporte ao planejamento, permitindo um desenvolvimento sustentado.

Para HENSSEN (1996) um cadastro 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.

A representação gráfica dessas parcelas(lotes) devem ser realizadas através de mapas (plantas) cadastrais que, de maneira geral, possuem escalas entre 1:10.000 a 1:500 (DALE & 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.

DALE & McLAUGHLIN (1990), destacam que o passo mais importante e fundamental na construção do cadastro multifinalitário consiste na ligação dos detalhes topográficos do terreno com os limites das parcelas (lotes) conforme definido em Leis, sendo que o desenvolvimento em mapeamento digital e a extensão dos sistemas de controle de levantamentos geodésicos, tais como GPS, têm reduzido o disparate entre os mapas topográficos e cadastrais.

LIMA (1978), afirma que, na elaboração de um Sistema Cartográfico Municipal, alguns procedimentos devem ser considerados, tais como:

- a) definição das folhas dos seus mapeamentos, referenciados ao Sistema Cartográfico Nacional,
- b) sistema de projeção cartográfica a ser adotado e suas precisões,
- c) a monumentação e densidade dos seus apoios básicos, horizontal e vertical, fornecendo suporte a qualquer trabalho de engenharia, possibilitando a manutenção e atualização do Sistema Cadastral,
- d) a definição da(s) escala(s) do(s) mapeamento(s) convencional(is) básico(s), considerando-se o custo-benefício,
- e) os levantamentos a serem realizados, devendo seguir métodos aerofotogramétricos, sendo que a escala das fotos deve ser compatível com a disponibilidade de instrumental restituidor e com a escala do documento cartográfico a ser produzido.

Objetivando que os serviços contratados possam atender às necessidades dos usuários, devem-se, previamente, estabelecer normas claras para sua execução, considerando-se indispensável seu acompanhamento e sua avaliação por técnicos especializados.

2.2 Qualidade das bases cartográficas

Para BLACHUT (1976), a implantação de um sistema de informações cadastrais deve ser fundamentada em justificativas técnicas e econômicas, além de haver uma acurada especificação dos levantamentos cadastrais. A acurácia não deve estar estritamente fechada com o que é tecnicamente possível e sim com o que pode ser justificado economicamente.

O mesmo autor acrescenta que a sociedade não está interessada na definição meticulosa dos limites individuais, satisfazendo-se com uma acurácia suficiente para possibilitar a cobrança adequada das taxas e conduzir de forma coerente o planejamento territorial, possibilitando uma melhoria da qualidade de vida da população.

Para reforçar esse raciocínio DALE & McLAUGHLIN, (1990), afirmam:

Há naturalmente, certas circunstância em que medidas precisas para levantamentos detalhados são convenientes e pertinentes. Debater que todo levantamento necessita, conseqüentemente ter tais padrões é ilógico e conduz a um sério desperdício de recursos e falta de produtividade.

Com isso, entende-se que um sistema cadastral deva ter um mínimo de acurácia, a fim de que possa atender aos objetivos para o qual foi implantado, porém exigir altos padrões de acurácia pode inviabilizá-lo econômica e funcionalmente.

Não se pode, entretanto, permitir a banalização de tal questão.

No Brasil, a classificação de um documento cartográfico quanto à exatidão é regida pelo Decreto nº 89.817, publicado no Diário Oficial da União, em 22 de junho de 1984. Ele estabelece o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), assim definido:

“O Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro-Padrão (EP) \Rightarrow (PEC = 1,6449 \times EP), e que o Erro Padrão isolado num trabalho cartográfico não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.”

Deve-se ressaltar que o Decreto considera equivalentes as expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático. Assim, 90% dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico estabelecido, e 90% dos pontos isolados de altimetria, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrico estabelecido.

Apartir do exposto acima, elaborou-se a TABELA 2.1, que apresenta os valores dos Padrões de Exatidão Cartográfica e Erros Padrões para as escalas 1:10.000 e 1:2.000.

BRITO (1987), entretanto, questionam a aplicação desse critério da proporção amostral pura e simples. Entendem que outros critérios menos rígidos e igualmente válidos em termos estatísticos poderiam ser utilizados, entre eles o da distribuição “t” de Student, que é um estimador intervalar.

Os mesmos autores definem também que:

a qualidade de um documento cartográfico é função principalmente do custo associado às decisões baseadas no documento, e que um documento, pode não atender às tolerâncias estatísticas e ainda assim, ser considerado de boa qualidade.

À luz do exposto acima, e sem querer polemizar a questão, adotar-se-á neste trabalho o estimador estatístico intervalar “t” de Student, já que a quantidade de elementos da amostra (pontos levantados em campo) é pequena.

TABELA 2.1.- Padrões de Exatidão Cartográfica (PEC) e Erros Padrões para escalas 1:10.000 e 1:2.000

ESCALA	CLASSE	PEC				ERRO - PADRÃO			
		Planimétrico		Altimétrico		Planimétrico		Altimétrico	
		Carta (mm)	Terreno (m)	Carta (Fração da Eqd.)	Terreno (m)	Carta (mm)	Terreno (m)	Carta (Fração da Eqd.)	Terreno (m)
1:10.000	A	0,5	5	1/2	2,5	0,3	3	1/3	1,67
	B	0,8	8	3/5	3,0	0,5	5	2/5	2,0
	C	1,0	10	3/4	3,75	0,6	6	1/2	2,5
1:2.000	A	0,5	1	1/2	0,5	0,3	0,6	1/3	0,33
	B	0,8	1,6	3/5	0,6	0,5	1,0	2/5	0,4
	C	1,0	2	3/4	0,75	0,6	1,2	1/2	0,5

Outro fato importante que merece ser mencionado é que o mesmo Decreto, no Artigo 10º, destaca a necessidade de colocação da “Classe” das cartas nos seus respectivos rodapés. Isso, entretanto, raramente é feito, causando uma enorme dificuldade para identificar se o produto cartográfico enquadra-se dentro do PEC, prejudicando e onerando sua atualização futura. Assim, cabe ao contratante exigir que as empresas contratadas na execução de serviços de mapeamento cumpram esse artigo.

Em caso de não registro da “Classe” no rodapé do documento cartográfico, cabe a seguinte situação, antes de utilizá-lo para a atualização:

- fazer uma avaliação do mesmo, ou
- aceitar que o produto seja de boa qualidade, acreditando na idoneidade da empresa contratada para realizar o serviço.

2.2.1 Avaliação da exatidão de bases cartográficas

Para iniciar esse assunto deve-se fazer uma distinção entre os termos exatidão, precisão e acurácia de uma base cartográfica.

Segundo ANDRADE (1976) e BRITO (1987):

⇒ Precisão :é a dispersão dos pontos de uma carta em relação aos seus valores médios ou “mais prováveis”, podendo ser caracterizado pela dispersão estatística dos pontos, traduzindo assim a confiabilidade da carta, em termos de possibilitar ao usuário da mesma avaliar o erro médio cometido ao tomar direções e distâncias entre os diversos pontos nela representados.

⇒ Acurácia: é a “não-tendenciosidade” dos pontos de uma carta em relação os seus pontos verdadeiros no terreno.

⇒ Exatidão: consiste em avaliar as bases cartográficas tanto no tocante a sua precisão quanto a sua acurácia.

2.2.1.1 Estimativa da precisão

Diante desses conceitos, TORRES (1989) e BRITO (1987), afirmam que, para estimar a precisão de uma carta, deve-se utilizar o Erro Médio Quadrático Total Previsível para seus pontos planialtimétricos, representados pelas seguintes equações:

a) EMQ Total Planimétrico (M_p)

$$M_p = \sqrt{M_{pc}^2 + M_{pt}^2 + M_{pp}^2 + M_i^2 + M_{d_1}^2 + M_{d_2}^2} \quad (2.1)$$

Onde:

M_{pc} = Erro cometido na determinação planimétrica dos pontos de apoio de campo.

M_{pt} = Erro cometido na orientação absoluta, usando-se pontos de aerotriangulação.

M_{pp} = Erro devido às deformações na projeção e na observação do modelo estereoscópico.

M_i = Erro de colimação ou erro de pontaria.

M_{d_1} = Erro do operador ao retocar a restituição.

M_{d_2} = Erro do operador durante a gravação ou erro de desenho.

b) EMQ Total Altimétrico (M_h)

$$M_h = \sqrt{M_{hc}^2 + M_{hi}^2 + M_{ht}^2 + (M_p \tan \alpha)^2} \quad (2.2)$$

Onde:

M_{hc} = Erro cometido na determinação altimétrica dos pontos de apoio. (1/20 da Eqüidistância da Carta).

M_{hi} = Erro altimétrico do instrumento restituidor.

M_{ht} = Erro devido à aerotriangulação.

M_p = Erro Médio Quadrático Total Planimétrico, excluindo o erro de pontaria.

α = Inclinação média do terreno.

2.2.1.2 Estimativa da acurácia

Um estimador para a acurácia, segundo BRITO (1987), pode ser feito através da verificação preliminar da precisão da carta e da posterior execução de testes de campo, objetivando inferir a magnitude dos erros absolutos de posicionamento de seus pontos.

Conforme já mencionado anteriormente, a distribuição “t” de Student será o estimador intervalar utilizado no presente trabalho.

Essa estimativa consiste em construir um intervalo de confiança (com 90 ou 95% de certeza) para a média populacional (μ), a partir da média amostral \bar{X} e da variância amostral “s²”, através da utilização da distribuição “t” de Student.

Assim sendo, tem-se:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.3)$$

Onde: X_i = erro médio amostral

n = tamanho da amostra; e

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (2.4)$$

O intervalo de confiança para a média populacional será dado por:

$t_\alpha = (\alpha, gl)$ Ver Tabela no APÊNDICE (1).

$\alpha = (1 - \text{nível de confiança})/2$

$$gl = n-1 \quad (2.5)$$

Logo:

$$\mu = \bar{X} \pm t_\alpha \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2.6)$$

Construído o intervalo de confiança, bastará verificar onde sua extremidade superior se encaixa, isto é, qual o PEC que não é por ela ultrapassado.

Os mesmos autores apontam também que um número mínimo de 10 (dez) pontos de testes planialtimétricos, bem distribuídos em toda a folha, é um bom começo para a utilização dessa metodologia de avaliação.

Isso se justifica, em função de não onerar demasiadamente o custo de produção do documento cartográfico.

Ainda com respeito a avaliação de bases cartográficas MERCHANT (1982) apud TOMMASELLI, MONICO e CAMARGO (1988), afirma que testes podem ser realizados, com o intuito de detectar tendências significativas nas coordenadas (E , N) de um documentos cartográfico, isto é, erros sistemáticos. “*Esse teste é efetuado comparando-se a estatística teórica ($t_{n-1, \alpha}$) com a estatística amostral.*”

$$T_E = \frac{1}{s_E} \left(\overline{\Delta E} \right) n^{1/2} \quad (2.7)$$

onde:

$$\overline{\Delta E} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta E_i}{n}, \text{ e} \quad (2.8)$$

são as médias das discrepâncias das coordenadas E, e da mesma forma para N;

$$SE = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\Delta E_i - \overline{\Delta E} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2.9)$$

são os desvios-padrão de E, e da mesma forma para N.

Estes testes serão aplicados no desenvolvimento do referido trabalho.

2.3 Base Cartográfica em formato digital

DALE & McLAUGHLIN (1990) definem que o mapeamento digital “*é o processo de produção de mapas por dados espaciais em forma numérica ao invés da forma gráfica, isto é, em papel.*”

Dentro dessa concepção, os mesmos autores destacam que o mapeamento digital compreende, essencialmente, três operações:

- 1) captura ou aquisição de dados, isto é, conversão de dados para o formato digital;
- 2) processamento dos dados, isto é, os dados são transformados dentro de estruturas diferentes para servirem a diferentes funções;

3) apresentação dos dados, usando técnicas computacionais gráficas para a apresentação visual ou métodos eletrônicos, transmitindo os dados para outros usuários.

Os componentes de um mapa digital são apresentados na TABELA 2.2:

TABELA 2.2: Componentes de um mapa digital

AÇÕES	EXEMPLOS
aquisição de dados	digitalização ou vetorização de linhas
classificação dos dados	alocação de códigos e feições
estruturação dos dados	vector, raster e topologia
reestruturação dos dados	“vector ↔ raster”
edição dos dados	correção e esquadramento das construções
transformação dos dados	projeção dos mapas
seleção dos dados	“overlays” de feições
generalização dos dados	compilação de mapas em escalas pequenas
realçamento dos dados	simbolização e apresentação gráfica
análise dos dados	cálculo de áreas e distâncias

Fonte: (DALE & McLAUGHLIN, 1990)

A importância das bases cartográficas em formato digital consiste na facilidade do processo de atualização das mesmas, já que as informações ficam armazenadas em níveis diferentes, facilitando a manipulação dos elementos.

Outro fator que deve ser considerado é a possibilidade de inter-relação com bancos de dados gráficos ou não gráficos (alfa-númericos).

2.3.1 Formas de aquisição de dados

DALE & McLAUGHLIN (1990), afirmam que os dados de um mapa digital podem estar na forma “raster” ou “vector”.

2.3.1.1 Aquisição de dados na forma “raster”

Na aquisição dos dados na forma “raster”, o documento fonte, tais como as fotografias aéreas e mapas, entre outros documentos, são rasterizados em uma série de pixels, como se os documentos fossem feitos de uma rede de pequenos quadriculados (células).

TEIXEIRA & SCARIN (1994) destacam que a rasterização é a discretização do mapa em unidades retangulares homogêneas ou pixels, utilizando-se um “scanner”.

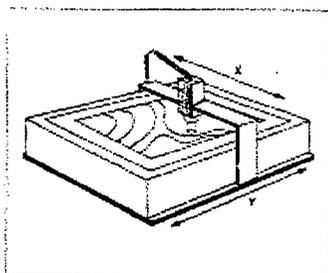
Os mesmos autores afirmam também que “o “*scanner*” é um dispositivo ótico-eletrônico, composto por uma fonte de luz e um sensor ótico (fotocélula) geralmente um detetor CCD (*Charge Coupled Device*).”

Os pixels detectados possuem tamanho, cor e características que variam conforme a resolução espacial e radiométrica do sistema sensor usado.

Atualmente podem ser encontrados os seguintes tipos de “scanner”:

➡ “Scanner” de Mesa (“flat bed “scanner”): é aquele que permite a fixação do mapa sobre uma superfície plana, sobre a qual se move o sistema sensor nas direções X e Y (FIGURA 2.1).

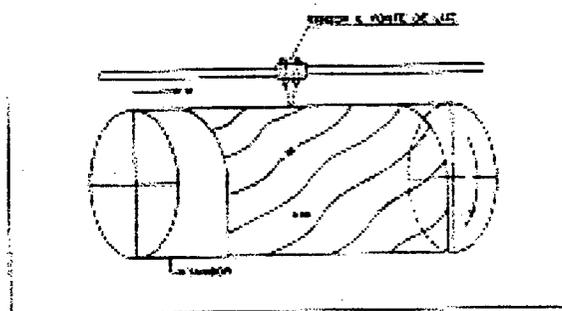
FIGURA 2.1: “Scanner” de Mesa



Fonte: BURROUGH (1986)

➡ “Scanner” de Tambor (“drum scanner”): o mapa é fixado na superfície de um cilindro que, ao girar, produz o movimento no eixo Y, sendo que o sensor e a fonte de luz movem-se conjuntamente na direção transversal, produzindo o movimento em X. Esses “scanner” são os mais utilizados em trabalhos de cartografia (FIGURA 2.2).

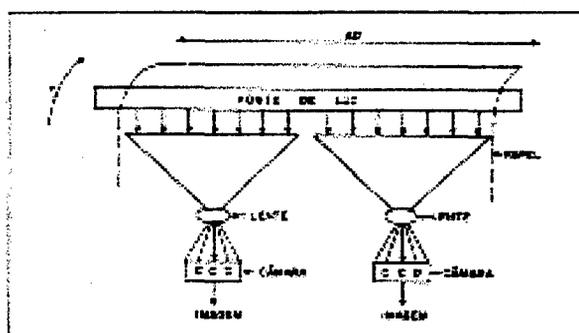
FIGURA 2.2: “Scanner” de Tambor



Fonte: TEIXEIRA & SCARIN (1994)

➔ **“Scanner” de Rolo (“pinch roller scanner”)**: o feixe de luz emitido pela fonte é refletido pela superfície do mapa, em seguida, é focalizado por um conjunto de lentes de alta resolução sobre um conjunto de câmaras CCD, sendo que cada câmara é composta por um conjunto de outras pequenas câmaras que, excitadas pela luz, geram uma pequena corrente elétrica. Tais impulsos são então transformados num valor numérico correspondente à intensidade de luz incidente e armazenadas numa estrutura de arquivo matricial (FIGURA 2.3) (TEIXEIRA & SCARIN, 1994).

FIGURA 2.3: “Scanner” de Rolo



Fonte: TEIXEIRA & SCARIN (1994)

Pode-se dizer que um “scanner” possui resoluções espaciais e radiométricas:

- ➔ **Resolução espacial:** é a capacidade que um sensor tem de individualizar elementos gráficos. Essa resolução é medida pelo número de pontos registrados num intervalo linear (pontos por polegada), podendo variar de 25 a 2.000 ppp, conforme o equipamento utilizado.
- ➔ **Resolução Radiométrica:** é o número de tons de cinza ou cores que um sensor que equipa o “scanner” pode distinguir, sendo que os monocromáticos distinguem até 256 tons de cinza, e os policromáticos diferenciam até 16,7 milhões de cores.

A vantagem de um documento em formato “raster” reside no fato de que a varredura é rápida e automática, produzindo dados na forma mais adequada para certos tipos de processamentos, como a determinação de áreas de interseção entre dois polígonos.

Sua desvantagem, porém, reside no fato de que para o cálculo de áreas, perímetro, volume, os mesmos são mais complexos, além do tamanho dos arquivos gerados serem muito maiores.

2.3.1.2 Aquisição de dados na forma “vector”

Na aquisição dos dados no formato “vector” os pontos podem conter números que representem as suas coordenadas; uma linha é representada por uma série de coordenadas e uma área é representada por uma série de pontos ou linhas.

DALE & McLAUGHLIN (1990), destacam que *“os dados espaciais devem ser adquiridos de origens primárias, tais como levantamentos diretos em campo ou por restituição aerofotogramétrica”*.

BURROUGH (1986), afirma que uma das formas de aquisição de dados vetoriais é empregando-se a mesa digitalizadora. Ele destaca, ainda, que a aquisição de dados vetoriais automaticamente é mais difícil, se comparada com as formas de aquisição de dados “raster”.

Os dados vetoriais, entretanto, são compatíveis com técnicas de levantamento de campo; conseqüentemente, mais fáceis de manusear. Os tamanhos dos arquivos gerados são menores, em relação ao arquivo “raster”, fornecendo uma maior acurácia na determinação de áreas e distâncias.

Na TABELA 2.3 apresentam-se as principais diferenças entre esses dois formatos.

TABELA 2.3: Comparação entre formatos “raster” e “vector”

	“Raster”	“Vector”
Captura de dados	rápida	lenta
Volume dos arquivos	grande	pequena
Qualidade gráfica	média	boa
Estrutura dos dados	simples	complexas
Acurácia geométrica	baixa	alta
Análise de rede linear	pobre	boa
Análise de polígonos e áreas	boa	pobre
Comb. de dados em níveis	boa	pobre
Generalização	simples	complexa

Fonte: DALE & McLAUGHLIN (1990)

2.3.2 Conversão de Dados

DALE & McLAUGHLIN (1990), afirmam que:

os dados gráficos de um mapa podem ser convertidos em forma numérica, pelo processo conhecido como digitalização, mas apesar do poder de apresentação em um computador, aparentemente com altos níveis de precisão, sua acurácia geométrica atual não pode ser melhor que do material original.

A conversão de dados “vector” para “raster” é relativamente direta; entretanto essa conversão inevitavelmente perderá uma pequena quantidade de informações. Já a conversão “raster” para “vector” é mais complicada.

TEIXEIRA & SCARIN (1994), afirmam que a conversão “raster” para “vector” pode ser executada utilizando-se os seguintes métodos:

- manual (“on-screen”)
- semi-automático, ou
- automático.

Os mesmos autores afirmam que os dois primeiros processos de vetorização permitem um maior controle do processo e são menos cansativos que a execução de tal tarefa em mesa digitalizadora.

Dessa forma, alguns fatores devem ser considerados na escolha por um dos métodos, tais como:

- o tipo de documento cartográfico a ser vetorizado;
- o estado de conservação dos documentos;
- o tempo gasto na vetorização;
- o grau de edição necessário após a vetorização;
- a exatidão proporcionada pelos métodos;
- o custos de “software”, treinamento e equipamentos.

2.3.2.1 Vetorização manual

Segundo TEIXEIRA & SCARIN (1994), “*esse tipo de vetorização consiste basicamente em seguir cada feição “raster” com o cursor e escolher os pontos que melhor modelem a estrutura vetorial.*”

Os mesmos autores destacam as seguintes vantagens e desvantagens para tal método (TABELA 2.4):

TABELA 2.4: Vantagens e desvantagens da vetorização manual

Vantagens	Desvantagens
- vetorização seletiva, permitindo a definição de atributos das entidades.	- tempo gasto no processo.
- possibilidade de registro de apenas vértices principais.	- dificuldade de vetorização das entidades raster, pelo centro do pixel.
- uso de “software” de baixo custo.	

Fonte: TEIXEIRA & SCARIN (1994)

Os mesmos autores afirmam, ainda, que em comparação com os processo de digitalização, o processo de vetorização manual pode ser de 40 a 20% mais veloz, dependendo do tipo de documento cartográfico utilizado e da habilidade do operador.

2.3.2.2 Vetorização semi-automática

Conhecida também, por vetorização supervisionada, conjuga o método automático com o manual, de forma interativa com o operador.

Neste método, o operador identifica o ponto inicial de uma linha “raster” a ser vetorizada, em seguida a linha vai sendo percorrida automaticamente pelo sistema, utilizando técnica de processamento digital de imagem.

Quando um obstáculo, tal como um cruzamento de linha, é encontrado, o processo é automaticamente interrompido. Com isso, o operador precisa intervir no processo para reorientar o cursor sobre a linha, a região em torno do ponto é ampliada e mostrada numa janela auxiliar no vídeo.

TEIXEIRA & SCARIN (1994) colocam que *“este método pode ser usado na vetorização de mapas com uma alta densidade de linhas.”*

Esse método consiste nas seguintes etapas:

- preparação do documento cartográfico, isto é, adequação ao processo de vetorização utilizado;
- rasterização: definição do limiar e a resolução espacial ;
- edição “raster”: eliminação de ruídos, símbolos, textos, linhas indesejadas;
- retificação da imagem: referenciar o mapa em formato “raster” a um sistema de coordenadas;

Além desses fatores, devem ser definidos ainda os seguintes parâmetros de vetorização:

- espessura das linhas;
- parâmetros de entidades (atributos com nível e estilo);
- folga entre traços;
- distância entre pontos, isto é, distância entre os pontos a serem capturados, em função da escala do desenho e tipo de feição.

TEIXEIRA & SCARIN (1994) destacam que, em comparação com a digitalização esse método pode apresentar um ganho de 50% em tempo, caso o mesmo documento seja utilizado para ambos os processos.

2.3.2.3 Vetorização automática

Esse método procura usar técnicas de processamento digital de imagem para rastrear pixels de uma imagem “raster” binária, convertendo-os em uma estrutura vetorial.

A principal vantagem desse método é o tempo de vetorização de linhas que não se cruzam, tais como curvas de nível, entretanto, não é recomendada a utilização desse método para vetorizar mapas topográficos planialtimétricos, já que a grande quantidade de informações e cruzamentos de linhas pode prejudicar sua performance.

TEIXEIRA & SCARIN (1994) destacam que o tempo gasto nesse processo pode variar de 20 a 25% do tempo gasto num mesmo documento utilizando-se a vetorização manual.

Na TABELA 2.5 faz-se uma comparação entre os métodos anteriormente citados,

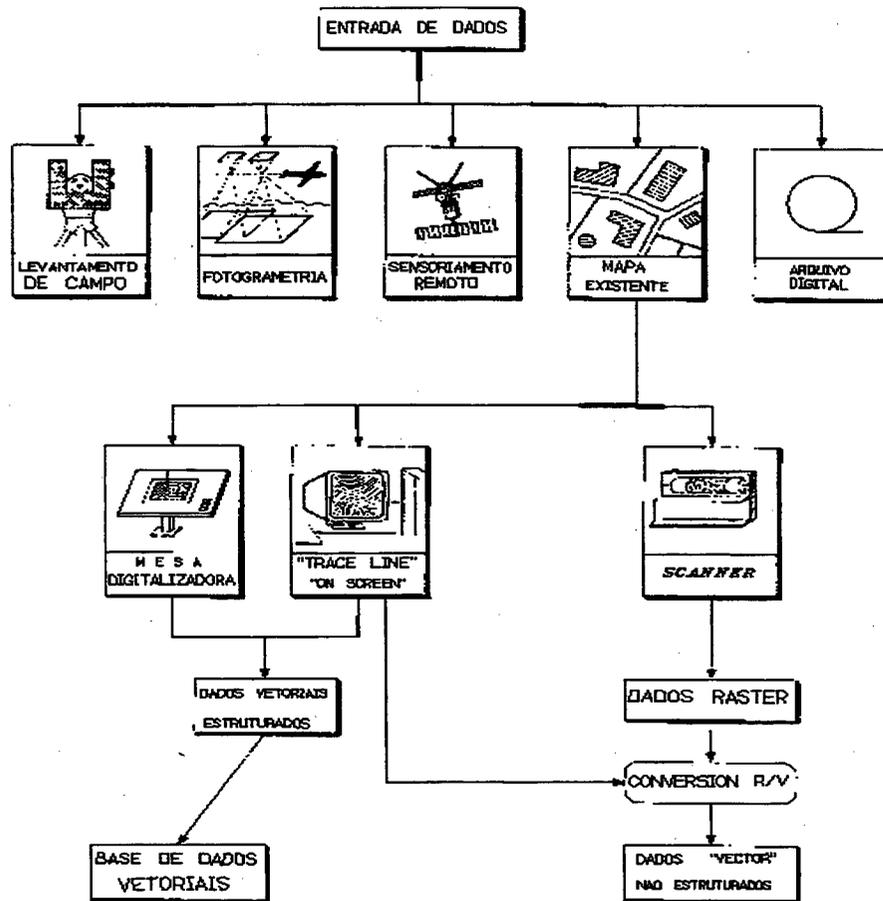
TABELA 2.5: Comparação das técnicas de digitalização

Técnica	Precisão	Conformidade	Tempo de execução	Custo
Mesa digitalizadora	baixa/média	baixa/média	longo	alto
Vetorização Manual	média	média	longo	alto
Vetorização Semi-automática	alta	alta	médio	médio
Vetorização Automática	baixa/média	baixa/média	curto	baixo

Fonte: TEIXEIRA & SCARIN (1994).

A FIGURA 2.4 procura representar as formas de obtenção e de conversão de dados digitais.

FIGURA 2.4: Formas de obtenção e de conversão de dados digitais.



Fonte: SURACE (1988)

2.4 Referenciamento à rede geodésica fundamental

É de fundamental importância que os pontos levantados em campo, para dar suporte a execução das bases cartográficas, estejam referenciados à rede geodésica básica.

Esse procedimento possibilita o estabelecimento de um sistema cartográfico uniforme, facilitando a identificação e localização correta dos objetos no espaço, com coordenadas geográficas (latitude(φ) e longitude(ϕ)) e altitude(H) ou coordenadas espaciais(X, Y, Z) ou planas(E, N, H). Para a obtenção dessas coordenadas existem diversos procedimentos metodológicos.

Segundo DALE & McLAUGHLIN (1990), esses procedimentos vão desde os tradicionais levantamentos por triangulação e poligonação, até os modernos levantamentos por satélites GPS.

2.4.1 Sistema de Posicionamento Global (NAVSTAR - GPS)

Segundo LEICK (1989), “o sistema subdivide-se em três segmentos: espacial, de controle e do usuário”, sendo que:

➔ O segmento espacial é composto pela constelação dos satélites, 24 ao todo, em uma órbita aproximada de 20.000 km, em 6 planos orbitais com inclinação de 55° , com um período de revolução de 12 horas siderais.

Isso permite que em qualquer lugar do mundo, e a qualquer momento, existam pelo menos cinco satélites acima do plano do horizonte do observador, garantindo a mínima condição geométrica necessária à navegação em tempo real.

O segmento espacial gera e transmite os sinais GPS (códigos, portadoras e mensagens de navegação).

Os sinais são derivados da frequência fundamental f_0 de 10,23 Mhz, apresentando a seguinte estrutura:

Ondas Portadora: $L1 = 154.f_0 = 1575,4$ Mhz

$L2 = 120.f_0 = 1227,60$ Mhz,

sendo modulados em fase com as portadoras.

Os códigos são seqüenciais de + 1 e - 1 (“Pseudo Random Noises codes - PRN” codes), sendo emitidos a frequências de:

Código C/A : $f_0/10 = 1,023$ Mhz

Código P : $f_0 = 10,23$ Mhz

O código C/A (“Coarse Aquisition code”) se repete a cada 1 milissegundo, enquanto que o P (“Precision code”), a cada 267 dias. Além desses, existem o código Y, similar ao P, (LEICK, 1989).

A portadora L1 é modulada com os códigos C/A e P (ou Y), enquanto que a L2 aparece com o P (ou Y). Ambas as portadoras carregam a mensagem de navegação, com o objetivo de informar aos usuários sobre a saúde e posição dos satélites (efemérides transmitidas).

O sistema geodésico adotado para referenciar tanto as efemérides transmitidas, quanto as precisas é o “World Geodetic System” de 1984 (WGS-84).

Os resultados obtidos com o GPS, são referenciados a este sistema geodésico, devendo ser posteriormente, transformados para o sistema SAD-69, sistema adotado no Brasil (IBGE, 1988).

➡ O segmento de controle é responsável pela operação do sistema GPS. Sua função é atualizar a mensagem de navegação transmitidas pelos satélites.

➡ O segmento dos usuários está associado às aplicações do sistema. Refere-se a tudo que se relaciona com a comunidade usuária (receptores, algoritmos, “software”, etc.) com vistas à determinação da posição, velocidade e/ou tempo.

Conforme LEICK (1989), o “ sistema GPS fornece dois tipos de observação diretamente associados à componente do sinal rastreado:

- pseudo-distâncias (obtidas à partir da observação dos códigos), e
- fases das portadoras.”

2.4.1.1 Pseudo-distâncias

A observação dos códigos, propicia a medida do tempo de propagação do sinal entre um determinado satélite e o receptor que, multiplicado pela velocidade da onda eletromagnética, ocasiona o conhecimento da distância percorrida pelo sinal.

Assim sendo, a observação de pelo menos 3 satélites proporciona a situação geométrica mínima para a determinação isolada das coordenadas do centro de fase da antena do receptor.

Como os receptores apresentam osciladores não tão estáveis como os dos satélites, inclui-se, na modelagem matemática da solução do problema, uma incógnita a mais, correspondente à correção associada ao relógio do receptor, o que eleva para 4 o número mínimo de satélites necessários à determinação, sendo a observação denominada de pseudo-distância (IBGE, 1992).

A diluição da precisão é medida pelo DOP (Dilution of Precision), que são os fatores:

- HDOP - determina o efeito da geometria dos satélites nas coordenadas planimétricas;

- VDOP - determina o efeito da geometria dos satélites nas coordenadas altimétricas;
- PDOP - determina o efeito da geometria dos satélites nas coordenadas tri-dimensionais;
- TDOP - determina o efeito da geometria dos satélites no tempo;
- GDOP - determina o efeito da geometria dos satélites no tempo e posição.
- RDOP - descreve o efeito da geometria dos satélites na qualidade do(s) raio(s) vetore(s) definido(s) pelas estações envolvidas no levantamento.

Quanto maior os valores numéricos dos fatores, pior a qualidade da determinação correspondente.

2.4.1.2 Observação da fase das portadoras

As observações das fases das ondas portadoras, analogamente àquelas obtidas a partir dos códigos, também fornecem indiretamente a medida da distância receptor-satélite.

Nesse caso específico, entretanto, como o que se mede é a diferença de fase entre o sinal que chega do satélite e o gerado pelo oscilador do receptor, existe uma incógnita adicional na observação da distância, denominada de ambigüidade, que é o número inteiro de ciclos que a onda levou para chegar ao receptor no início do período de rastreamento. São aplicadas em técnicas de posicionamento estático.

2.4.1.3 O posicionamento relativo

Tanto as observações de código como as de fase das portadoras podem ser tratadas a partir de pelo menos duas estações observadoras simultâneas dos mesmos satélites. Essa consideração proporciona a minimização ou até mesmo o cancelamento dos efeitos de alguns erros sistemáticos que incidem de forma semelhante em ambas as estações (erros das órbitas dos satélites, refração troposférica e ionosférica, etc.). No caso dos códigos, a técnica associada denomina-se DGPS (Differential GPS), sendo largamente empregada em navegação.

No caso da portadora, as observações são combinadas linearmente, dando origem às seguintes observações derivadas:

- simples diferença de fase: quando se diferenciam as observações de fase de duas estações para o mesmo satélite.
- dupla diferença de fase: quando se diferenciam as diferenças simples para dois satélites;
- tripla diferença de fase: quando se diferenciam a dupla diferença no tempo.

O objetivo da combinação linear das observações é o cancelamento de incógnitas no ajustamento, a saber:

- simples diferença: cancelam-se os erros dos relógios dos satélites;
- dupla diferença: cancelam-se os erros dos relógios dos satélites e dos receptores;
- tripla diferença: cancelam-se os erros dos relógios dos satélites, dos receptores e as ambigüidades.

Segundo IBGE (1992), a dupla diferença de fase é a mais empregada, por corresponder ao modelo matemático que fornece a melhor rigidez geométrica para a solução, no ajustamento.

2.4.1.4 - As técnicas de posicionamento

Segundo ANDRADE (1994), *“todos os métodos aplicáveis para finalidades geodésicas são diferenciais, já que o que se determina com alta precisão é a diferença de coordenadas entre dois pontos, sendo um deles de coordenadas conhecidas.”*

Assim, com dois equipamento pode-se determinar coordenadas de altíssima precisão, desde de que um dos equipamentos seja instalado sobre um ponto de coordenada conhecida.

Segundo CINTRA et al. (1996), *“os dados GPS podem ser obtidos a partir de processos estáticos ou rápidos”*.

a) Método Estático

Posicionamento Estático: dois ou mais receptores fixos observam os mesmos satélites durante uma hora ou mais, sendo determinadas as componentes do(s) raio(s) vetor(es) definido(s) pelas estações com uma precisão de 1 a 2 partes por milhão (ppm);

Indicado para:

- pontos de apoio para a aerofotogrametria;
- levantamentos de divisas;
- implantação de redes geodésicas;
- avaliação do deslocamento de placas tectônicas, etc.

b) Métodos Rápidos

Nos últimos anos, várias técnicas têm se desenvolvido no sentido de fornecer coordenadas de pontos após um breve intervalo de tempo de observação. São geralmente denominados de posicionamento cinemático, dentre os quais pode-se destacar,

- Processo cinemático (“stop-and-go”):

Inicialmente dois receptores são colocados sobre dois pontos de coordenadas conhecidas, onde são coletados dados, de quatro ou mais satélites por alguns minutos. Em seguida um dos receptores permanece fixo, enquanto o outro se movimenta ao longo da trajetória planejada.

Deve-se ter o cuidado de não perder a sintonia entre os satélites rastreados (quatro no mínimo, medindo-se a fase da portadora e/ou o código), para que o vetor entre a estação fixa e a móvel possa ser determinada com precisão.

Segundo CINTRA et al. (1996), esse método é mais apropriado em áreas desobstruídas, isto é, áreas sem a presença de construções, árvores, etc.

O problema fundamental na utilização dessa técnica é a determinação da ambigüidade antes de se iniciar a operação do levantamento.

- Processo cinemático puro (“on-the-fly”)

Segundo CINTRA et al. (1996), esse processo tem a particularidade de ser empregado em navegação marítima e aérea, sendo necessário conhecer as coordenadas da trajetória de um veículo dotado de receptor GPS. Devido ao movimento dos receptores, pode ocorrer perda de sinal, havendo necessidade de determinar as perdas de ciclo ocorrida e, conseqüentemente, de determinar novamente a ambigüidade.

Para solucionar essa questão é necessário o conhecimento de métodos de inicialização estática e que incluam a capacidade de recuperar os ciclos e/ou resolver a ambigüidade durante o movimento. Normalmente utilizam-se para isso as expressões “on the run (OTR)” ou “on the fly (OTF)” (MONICO, 1996).

- Processo rápido-estático

Esse processo usa código ou combinações das portadoras para uma rápida inicialização, isto é, para resolução da ambigüidade no modo estático, requerendo medidas realizadas em ambos os códigos e das portadoras nas duas frequências L1 e L2.

Segundo ANDRADE et al. (1994), o tempo de rastreio das bases é de 1 (um) minuto para bases de até 2 (dois) km, aumentando em 2 minutos por km.

- Processo cinemático ou pseudo-estático.

Segundo ANDRADE et al. (1994), esse processo é bastante parecido com o cinemático, no que se refere às operações de campo; entretanto, os algoritmos são totalmente diferentes.

Um par de receptores ocupa um par de pontos por dois breves intervalos de tempo, sendo reocupados depois de um período de 1 hora, quando deve-se rastrear os mesmos satélites.

ANDRADE et al. (1994), afirmam que em termos de precisão esse procedimento se equívale ao estático, com a vantagem de se poder levantar um maior número de pontos.

2.4.1.5 Procedimentos a serem adotados no pós-processamento

Segundo CINTRA et al. (1996), alguns procedimentos devem ser tomados nesta etapa, a saber:

- fazer a correção manual ou automática da perda do ciclo;
- eliminar satélites que apresentem problemas de:
 - relógio
 - baixa elevação ($\leq 15^\circ$)
 - excesso de perda de ciclo
- definir corretamente a medida da antena (vertical);
- escolher o satélite de referência (um ou mais de um);
- definir modelos matemáticos para a correção de efeitos da ionosfera e troposfera;
- verificar a importância do uso de coordenadas iniciais confiáveis, a fim de se evitarem problemas na precisão dos resultados (a influência da perda de ciclo é muito grande).
- utilizar soluções com dupla diferença de fase, para linhas de base curtas (< 15 km), pois fornecem melhor resultado, para esse caso, quando comparados com os outros tipos de soluções.

2.5 Sistemas de projeções cartográficas

É de fundamental importância a escolha de uma representação cartográfica, que possibilite a representação da porção da superfície terrestre de forma a evitar o menor grau de deformação possível.

Assim sendo, BAKKER (1965), diz que *“a construção de uma base cartográfica exige, antes de tudo, o estabelecimento de um método, segundo o qual, a cada ponto da superfície terrestre, corresponda um ponto da carta e vice-versa”*.

Existe uma infinidade de sistemas de projeções que podem ser utilizados para a construção de bases cartográficas. Essa projeção, entretanto, deve atender algumas das seguintes propriedades:

- a) de conformidade - que objetiva manter inalterada as dimensões relativas (área);
- c) de equidistância - que objetiva manter a relação de distância entre os pontos representados e seus correspondentes na superfície terrestre.
- e) representação dos círculos máximos por meio de linhas retas;
- d) facilidade de obtenção das coordenadas geográficas dos pontos, bem como sua plotagem por meio de coordenadas geográficas.

Para BLACHUT, CHRZANOWSKI e SAASTAMOINEN (1979), comparando-se com outras projeções conformes, o sistema de projeção Transverso de Mercator (TM) e suas variações Universal Transverso de Mercator (UTM) , Regional Transverso de Mercator (RTM) e Local Transverso de Mercator (LTM), são os sistemas de projeção mais adequados para representar áreas urbanas.

CAPÍTULO 3

3 ATUALIZAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS

Neste capítulo procurar-se-á fazer uma breve contextualização sobre o problema da atualização de bases cartográficas, apresentando a situação do mapeamento em nível mundial e nacional.

Apresentar-se-ão metodologias adotadas para se fazer atualização, seus tipos e suas fases.

Em seguida, apresentar-se-ão metodologias fotogramétricas de atualização, com as formas de aquisição de imagens e de restituição, procurando destacar a utilização de ortofoto digital, na atualização das bases cartográficas existentes.

3.1 O mapeamento em nível mundial

3.1.1 Escalas menores e iguais que 1:25.000

Segundo pesquisa das Nações Unidas, apud KONECNY & SCHUHR (1992), a demanda por mapas da superfície da Terra no mundo inteiro era de aproximadamente 45% para as escalas 1:25.000 e 1:50.000, e de 15% para as escalas 1:100.000 e 1:250.000. O incremento anual para a primeira faixa é de 2,5%, e para a segunda 1,5%.

Os mesmos autores afirmam ainda que, na América do Sul, apenas 30% das terras estão mapeadas, e na África, somente 34%.

Atualmente, segundo (KONECNY, 1996), “33% do mundo está recoberto por mapeamento topográfico na escala 1:25.000; 67% na escala 1:50.000 e 95% na escala 1:250.000”.

BRANDENBERGER & GHOSH (1990) apud JACOBSEN (1992), afirmam que, no período compreendido entre 1974 e 1980, aproximadamente 14% das folhas dos mapas topográficos existentes nas escalas 1:50.000 e 1:100.000 foram atualizados. Isso corresponde a menos de 3% da quantidade de folhas produzidas por ano em todo o mundo,

sendo que, para essas escalas, a evolução da revisão das folhas do mapeamento já executado é de apenas 2% ao ano.

Com isso, pode-se dizer que, além da necessidade de políticas de mapeamento, principalmente para os países em desenvolvimento, é também premente discutir conjuntamente uma política de atualização dos documentos existentes e daqueles a serem produzidos.

3.1.2 Escalas maiores que 1:25.000

Com relação ao mapeamento em escalas maiores que 1:25.000, BRANDERBERGER & GHOSH (1985), apresentam o quanto cresceu em porcentagem o total de área coberta pelas escalas 1:1.000 e 1:25.000 em todo mundo:

- no período compreendido entre 1968 a 1974 houve um acréscimo de 0,65%;
- no período compreendido entre 1974 a 1980 o acréscimo foi de 0,28%.

Esses dados mostram um declínio na quantidade desses mapeamentos, quadro que não deve ter se alterado significativamente até aqui.

Estas constatações, portanto, são nada animadoras, principalmente se forem consideradas que nesse mesmo período muitas transformações ocorreram, em ambientes urbanos e rurais por todo o mundo.

Outro fator que deve ser considerado é o fato de que a atividade de mapeamento é uma fonte de investimento e é geradora de empregos direto. Para se ter uma idéia BRANDERBERGER & GHOSH (1985) dizem que *“a quantidade de trabalhadores engajados em atividades de levantamento e mapeamento para fins cadastrais no ano de 1980 foi de aproximadamente 400.000 pessoas em todo o mundo; sendo investidos cerca de \$ 2,5 bilhões de dólares americanos por ano”*.

Assim, o quadro mundial que se configura, principalmente para países em processo de desenvolvimento, é:

- carência de mapeamento nas diversas escalas;
- quantidade inexpressiva de atualizações dos documentos já elaborados, tornando-os obsoletos e desvalorizados rapidamente;
- pouca quantidade de áreas mapeadas em escalas adequadas para fins cadastrais;

- importância do levantamento e mapeamento cadastral como fonte geradora de recursos e empregos.

3.2 O mapeamento em nível nacional

3.2.1 O Mapeamento Sistemático

O INFORMATIVO COCAR (1988) considera que:

tendo o Brasil 8.511.965 km² de superfície a serem recobertas pelo mapeamento sistemático, isto é, recobrimentos feitos nas escalas 1:500.000 até 1:25.000, previa-se que até o final de 1988 cerca de 85,17%^[1] dessa superfície estivesse mapeada por pelo menos uma das escalas do mapeamento sistemático

Ainda segundo o mesmo informativo, “constata-se um sério problema quanto à falta de atualização de acervo das cartas do mapeamento sistemático já publicadas, agravada pela insuficiência quantitativa desse mesmo acervo”

Passados dez anos esse cenário pouco foi alterado (MELLO, 1996).

Atualmente os Municípios, Estados e União vêm passando por uma profunda crise de falta de recursos econômicos. Isso tem levado o setor público a investir cada vez menos em serviços de mapeamento, repassando tal função à iniciativa privada (REVISTA FATOR GIS, 1995).

É de fundamental importância, portanto, que os gestores públicos, profissionais e empresas da área, bem como as instituições de ensino ligadas a mapeamento no Brasil, procurem:

- engajar-se na elaboração de uma política de mapeamento e principalmente de atualização dos documentos cartográficos já existentes, exigindo-se sua implementação;
- buscar e propor soluções alternativas que possam viabilizar o barateamento de obtenção de produtos cartográficos e sua atualização.

^[1] Segundo MELLO (1996), atualmente estima-se em 88% o total de área do território nacional recoberto por pelo menos uma escala do mapeamento sistemático.

3.2.2 O Mapeamento em escalas grandes

Em relação ao mapeamento em escalas grandes, isto é, maiores que 1:25.000, eles ficaram condicionados às necessidades e interesses dos governos estaduais, das empresas públicas e privadas e das prefeituras municipais, mediante autorização do EMFA para a sua execução, sem os interessados se preocuparem, muitas vezes, com um planejamento de atualização.

Com a falta de recursos públicos, novas alternativas têm sido buscadas, algumas bem sucedidas.

A não fixação de uma política sistematizada para a execução dos mapeamentos, nem de normatizações, deve remeter à atual Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), buscar incluí-los na nova política cartográfica hora em curso, o que é uma tendência (MELLO,1996).

Para se fazer uma análise conjuntural da situação, há necessidade de se saber a quantidade de áreas recobertas por mapeamento em escala grande, em todo Brasil. Tais dados, entretanto, não estão facilmente disponíveis, como os do mapeamento sistemático.

Assim sendo, procurou-se adotar um período compreendido entre 1985/1995, para se fazer uma análise nos Boletins de Autorizações de Aerolevante Trimestrais do EMFA, considerando-se somente as autorizações concedidas para a realização de serviços de restituições e ortofotos (TABELA 3.1).

Analisando-se a TABELA 3.1, constata-se que nesse período de 10 (dez) anos foram mapeadas aproximadamente 501.927,17 km², comparando-se com a área total a ser mapeada no País. Isso representa aproximadamente 5,90% do total, o que não deixa de ser bastante considerável, principalmente levando-se em consideração que uma boa parte do território brasileiro, com certeza, não necessita de recobrimentos em escalas maiores que 1:25.000.

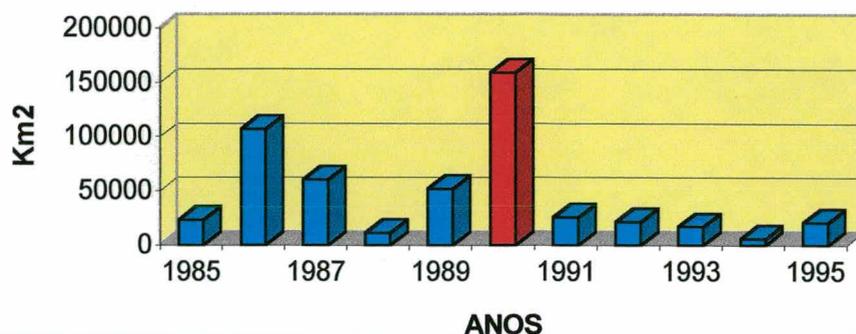
TABELA 3.1: Total em km² de autorizações concedidas pelo EMFA para execução de serviços de restituição e ortofoto nos períodos de 1985/1995.

Estados	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
AL	0	1814	0	0	0	108	0	150	1950	0	0	4022
BA	1413	2159	0	1432	1703,9	45	0	855	4098	1230	6536	19471,9
CE	0	550	420	0	360	0	0	0	0	0	340	1670
MA	10500	21880	21273	340	0	0	118	0	0	0	250	54361
MG	118	47707	20593	795,83	38236	68847	1031	1223	2346	497	756	182149,8
PI	0	250	5120	70	0	0	0	0	0	0	0	5440
PR	1044	3680	2028,75	1807,58	2343,36	1696	776,5	1672	44	285	1582	16959,19
SC	1226	225	6731	481,07	2015,93	798	591	132	376	266,5	487,5	13330
SP	4737	25113	1610	3678,36	3892,22	9544,8	14763,5	3737	4815	429	1508,5	73828,38
RS	145	91	1288	185,52	448,14	670	88	138	820	0	188	4061,66
RJ	514	47	253,5	1841,5	657	211	550	178	576	1055	4983	10866
RN	0	800	0	80	30	0	0	0	0	0	0	910
PB	75	235	70	0	0	0	0	90	0	0	0	470
PE	3353	2430	0	748	50	0	0	0	0	0	500	7081
MT	0	0	0	0	78	0	0	3900	840	264	29	5111
MS	0	0	0	0	180	0	16	925	0	1202,5	200	2523,5
GO/DF	0	0	25	60	622,21	6	7500	0	240	0	0	8453,21
TO	0	0	0	0	1045,5	0	0	0	0	0	0	1045,5
ES	12	0	674	0	3	270	64	0	413	0	0	1436
SE	46	0	0	0	330	0	0	160	70	60	0	666
BA/PE/MA	0	0	0	0	0	76479	0	0	0	0	0	76479
AM	0	0	0	0	0	0	2	11	0	0	90	103
PA	0	0	0	0	0	0	0	1141	320	0	0	1461
RO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	70
RR	0	0	0	0	0	0	0	7000	0	0	0	7000
AP	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	2800	2826
AC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6
BA/SE/AL/ PB/RN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126	126
TOTAL	23183	106981	60086,25	11519,86	51995,26	158674,8	25500	21312	16921	5378	20376	501927,1

Fonte: Boletins trimestrais de autorizações para serviços de aerolevantamentos - EMFA

Na FIGURA 3.1 nota-se que os anos de 1986 e 1990 foram aqueles em que mais se mapearam em escalas grandes, nesses últimos dez anos. Também é perceptível que, a partir de 1991, houve uma queda considerável desse mapeamento, atingindo no ano de 1994 a menor quantidade, superando até mesmo o ano de 1988.

FIGURA 3.1 - Total de áreas em km² restituídas no período 85/95



Fonte: Boletins trimestrais de autorizações para serviços de aerolevantamentos - EMFA

Dessa forma, apesar das retrações sofridas nas atividades de mapeamento, principalmente nos anos de 1988 e 1994, atividades de mapeamento continuam sendo realizadas.

Pouco ou quase nada, entretanto, tem sido feito para atualizá-los, conforme constatação feita através de consulta realizada junto às próprias empresas (EMPRESAS, 1996), levando-os a uma obsolescência muito rápida.

Com tal quadro configurado para o país, entende-se que uma das possíveis propostas que se vislumbra para aumentar a vida útil dos documentos cartográficos existentes, seria o incentivo às tarefas de atualização dos mesmos, desde que esses atendam às exigências mínimas de um bom produto cartográfico, isto é, atendam aos Padrões de Exatidão Cartográfica (PEC).

Para se ter uma idéia disso, adotando-se os dados levantados no período de 1985/95, anteriormente citados, ter-se-ia no momento da apresentação deste trabalho o equivalente, em área, a dois estados de São Paulo, necessitando desde já, ou em breve, alguma forma de atualização.

3.3 A definição de uma metodologia de atualização

LUGNANI (1985), afirma que há uma necessidade premente em se encontrar uma metodologia que seja factível de implementação no país, dada a pouca disponibilidade de recursos financeiros. Dessa forma, grandes parcelas de trabalhos são refeitos, sem ao menos se cogitar a possibilidade do aproveitamento dos já existentes.

Segundo SURACE (1988), os Países desenvolvidos apresentam as seguintes necessidades:

“a) a revisão de mapas existentes, e

b) a transição da cartografia tradicional para tecnologia de banco de dados, com a implementação de um Sistema de Informações Geográficas.”

Guardadas as devidas proporções, atualmente no Brasil enfrenta-se a mesma situação, tanto para o caso do mapeamento sistemático como para a maioria dos mapas em escala grande, conforme já mencionado.

A maior dificuldade encontrada na atualização de bases cartográficas para fins cadastrais, no Brasil, consiste no fato de que as diversas bases cartográficas foram construídas, geralmente, por diferentes metodologias e com diferentes formatos.

Essas bases, portanto, não podem receber tratamento único e uniforme. Por isso, devem ser cuidadosamente avaliadas, levando-se em consideração questões técnicas e econômicas que serão discutidas neste trabalho.

Para se ter uma noção desse problema, LUGNANI (1985) constatou, através de pesquisa realizada junto às empresas de mapeamento, que as atividades de atualização cartográfica eram bastante precárias, sendo encontrados, por isso, os mais diversos procedimentos, destacando-se:

- montagem de painéis a partir da ampliação do mapa base,
- redução de plantas,
- adição de plantas de loteamento,
- substituição de pequenas regiões no original pela sua correspondente redesenhada,
- complementação da restituição original num estereorestituidor com detecção por comparação visual.

Ressalta-se que, em consulta realizada junto a algumas empresas de aerolevantamentos do País, percebem-se que durante os últimos dez anos, com algumas exceções, pouca coisa mudou, apesar dos avanços tecnológicos disponíveis para o mapeamento (EMPRESAS, 1996).

Diante de tal quadro, a questão a ser respondida é: quais são os fatores que devam ser considerados para se optar por uma metodologia de atualização?

Segundo VIADANA (1993), os métodos utilizados na atualização de bases cartográficas caracterizam-se por utilizarem, basicamente, levantamentos de campo e/ou sensores remotos (fotografias aéreas ou imagens).

LUGNANI (1985), destaca que *“em um processo de atualização duas deficiências devem ser sanadas ou minimizados pelo processo adotado, ou seja:*

- a) procedimentos utilizados para detectar as variações ocorridas na região e*
- b) preservação dos pontos de apoio, principalmente em regiões urbanas.”*

Seja qual for a metodologia a ser adotada na atualização, portanto, ela deve fornecer subsídios que solucionem tais dificuldades, ou as minimizem.

SURACE (1988) e LUGNANI (1985) destacam que, na fixação de regras para a revisão de mapas, muitos fatores devem ser considerados, sendo que, dentre os mais importantes, encontram-se os fatores técnicos e econômicos, dentre os quais se destacam:

- a) a quantidade de variações ocorridas na superfície,
- b) a preservação do apoio de campo, principalmente em áreas urbanas,
- c) a acurácia do mapa antigo e do mapa revisado,
- d) a escala do mapa a ser atualizado,
- e) recursos humanos e técnicos exigidos,
- f) a demanda por atualizações cíclicas, contínuas ou seletiva,
- g) recursos financeiros,
- h) importância da preservação dos originais existentes.

Várias são as metodologias que podem ser adotadas na execução de tarefas de atualização do mapeamento já existente. MENEGUETTE (1991), destaca que *“consenso que o sistema que combine técnicas de processamento digital e mantenha um operador como fotointerprete, é o que oferece maior precisão e baixos custos”*.

Dessa forma, no presente trabalho procurar-se-á utilizar uma metodologia fotogramétrica, a ortofoto digital como suporte para atualizar bases cartográficas existentes convertidas de analógico para digital.

3.4 Tipos de Atualizações

WALKER (1984), ROBBI & BUENO (1994) e DALMOLIN & VILLAREAL (1991) apresentam várias sistemáticas adotadas para realizar tarefas de atualização, sendo que entre os vários termos encontrados na literatura internacional são consensuais os seguintes tipos de atualização:

- ➔ **A cíclica**: quando a revisão de cada folha de uma série de mapas é realizada dentro de um tempo pré-determinado, independentemente da quantidade de mudanças a serem feitas;
- ➔ **A seletiva e periódica**: esta sistemática tem sido usada de forma alternada, e dependerá da situação e da quantidade de mudanças detectadas na área selecionada;
- ➔ **A contínua**: as mudanças são identificadas assim que elas ocorrem, sendo a atualização realizada imediatamente. Nesse caso, os procedimentos que utilizam levantamentos de campo são os mais indicados.

Para citar um exemplo de como esses métodos são empregados, PROCTOR & NEWBY (1988), afirmam que o “Ordnance Survey”, organismo responsável pela manutenção e atualização dos mapas em escalas grandes no Reino Unido, vinha-se utilizando de processos de revisões contínuas e periódicas, sendo que, para revisões contínuas, era preferível utilizar-se os métodos de levantamentos de campo, enquanto que para atualizações periódicas e melhorias das informações o método adotado era o fotogramétrico, utilizando-se equipamentos estéreo restituidores.

3.5 Fases da atualização

TAITI (1991) destaca que: “em todo método de atualização, são distinguidas três fases, a saber:

- 1 - *detecção de mudanças ;*
- 2 - *retirada das feições antigas do mapeamento existente, e*
- 3 - *adição de novas feições no mapa existente.”*

A essas fases, podem ser acrescentadas, mais duas a saber:

- 4 - a necessidade de acomodação dos erros do mapa existente,
- 5 - a conversão do formato analógico para digital.

3.5.1 Detecção de mudanças

Em cada fase da revisão há necessidade de se fazer comparação entre o mapa existente e a imagem atual da superfície terrestre, sendo que essa comparação precisa ser contínua.

Diversas são as maneiras de se detectarem mudanças em um documento cartográfico a ser atualizado, entre as quais se destacam as:

- por constatação através de intercomunicações sistematizadas feita entre os órgãos públicos e as concessionárias públicas ou privadas (DALE & McLAUGHLIN, 1990);
- por levantamento de campo efetuados para detectar as alterações ocorridas em uma determinada área (ROBBI & BUENO, 1994);
- por comparação entre fotografias aéreas atuais e o mapa original, ou entre fotos atuais e antigas (BESENICAR, 1978);
- por comparação entre fotografias retificadas, ortofotos ou estereo-ortofoto e o mapa (ALI & DOWMAN (1988), SHIH & DERENYI (1992), MAYES & SMITH (1986));
- por transformações de feições da imagem atual para a carta (RASTATTER (1975), DERENYI & TENG (1992), KOIDE, et al. (1992));
- por combinação da percepção estereoscópica com a dinamização das diferenças, isto é, utilizando-se fotos do voo antigo e do voo atual em restituidores, ao qual é adaptado um obturador ótico de frequência variável, denominado princípio de cintilamento (LUGNANI, 1985).

3.5.2 Extração e adição de feições

A retirada de feições não mais existentes e a adição de outras pode ser feita:

- pelo desenho manual de feições levantadas no campo (THEIS, 1979);
- pelo desenho manual das feições locadas com o auxílio de um instrumentos de precisão expedita; por exemplo, do “ sketchmaster” (LUGNANI, 1985);
- pelo desenho manual ou restituição de pequenas sub-regiões do documento cartográfico, com o remendo provisório do mesmo (LUGNANI, 1985);
- pela atualização com base em estéreos modelos atuais e outras informações (SPIESS, 1982), (WALKER, 1984);
- pela atualização baseada em ortofotos (ALI & DOWMAN (1988), SHIH (1992), SPIESS (1982));
- pela atualização de arquivos de banco de dados com informações de posicionamento e atributos oriundos de fontes diversas DERENYL & TENG (1992), JÜNGEN (1991), QUEIROZ FILHO (1993).

3.5.3 Acomodação dos erros do mapa existente

Esse requisito surge da diferença entre as imagens atuais e os mapas existentes, especialmente os mapas mais antigos, em que os erros podem estar relacionados com o sistema de projeção utilizado e/ou no referenciamento geodésico (pontos de apoio de campo), talvez estando nesses dois elementos fundamentais os maiores problemas para o processo de atualização.

Essas diferenças, portanto, não estão relacionadas somente com as transformações ocorridas na superfície terrestre.

3.5.4 Conversão de formato analógico para digital

No Brasil o número de bases em formato digital vem aumentando gradativamente; entretanto é público e notório que a maior parte dos documentos cartográficos existentes encontram-se em formato analógico, isto é, em papel.

Uma possível solução que vem sendo adotada no mundo todo é convertê-los para o formato digital, utilizando-se de procedimentos de digitalização, via mesa digitalizadora ou

vetorização sobre produtos obtidos via “scanners”, objetivando facilitar sua atualização por via computacional.

3.6 Atualização por métodos fotogramétricos

A atualização, utilizando-se métodos fotogramétricos, pode ser mais adequada e rápida que um levantamento de campo, atendendo exigências técnicas e econômicas necessárias à atualização de bases cartográficas em escala grande (SURACE, 1988).

Quanto aos aspectos econômicos, WALKER (1984), coloca que *“os méritos relativos ao levantamento de campo e fotogramétrico, em uma tarefa de atualização são bem conhecidos, e no contexto da atualização a preferência normalmente será dada basicamente por questões econômicas.”*

O mesmo autor comenta ainda que considerações econômicas complexas devem ser introduzidas, as quais dependerão de fatores relacionados com:

- a natureza e extensão das mudanças a serem mapeadas,
- a escala e conteúdo dos mapas a serem revisados,
- a forma de armazenamento dos dados, analógico ou digital,
- o equipamento utilizado na revisão,
- o quadro de pessoal,
- a experiência e capacidade das empresas de mapeamento.

Quanto aos aspectos técnicos, deve-se considerar principalmente a exatidão dos produtos existentes, e dos produtos atualizados.

É fundamental avaliar as várias técnicas disponíveis na fotogrametria, antes de optar por uma delas, considerando dois fatores fundamentais:

- a aquisição da imagem, e
- restituição das imagens adquiridas.

3.6.1 Aquisição de dados para mapeamento e atualização

Existem várias formas de se adquirirem dados, seja para tarefas de mapeamento ou de atualização.

A informatização tem possibilitado grandes avanços tecnológicos, diversificando as formas de aquisição de dados, aumentando a velocidade de aquisição, diminuindo os custos e melhorando suas resoluções espacial, radiométrica e espectral.

KONECNY & SCHUHR (1992) afirmam que *“a produção e a atualização de mapas é conduzida por cinco(5) métodos alternativos de aquisição de dados:*

- 1) *Levantamentos Terrestres;*
- 2) *Fotogrametria Convencional;*
- 3) *Fotogrametria Proveniente do Espaço;*
- 4) *Uso de “scanner” e sistemas passivos;*
- 5) *Uso de “scanner” e sistemas ativos (Radares).*

3.6.1.1 Levantamentos terrestres

Apesar dos crescentes avanços alcançados na fabricação dos equipamentos de levantamento de campo, substituindo as engrenagens ótico-mecânicas por ótico-digitais por exemplo, as estações totais. O levantamento de campo convencional ainda é relativamente lento e caro.

Merecedor de maiores investigações a nível nacional são os levantamentos por GPS, que, sem duvida nenhuma, é uma alternativa em mapeamento cadastral, já aplicada em países mais desenvolvidos, principalmente naqueles que se utilizam do método **DGPS** (Diferencial GPS) (PESSOA, 1996, pg.45).

KONECNY & SCHUHR (1992), entretanto, afirmam que os métodos clássicos de levantamento de campo são indicados apenas para levantamentos de pequenas áreas e com poucas alterações, bem como quando a sistemática de atualização adotada for, por revisões contínuas e rápidas.

3.6.1.2 Fotogrametria Convencional

Pode-se dizer, por enquanto, que os levantamentos aerofotogramétricos são os mais indicados para produção de mapas e ortofotos em escala grande, bem como para aplicações em tarefas de atualizações sistemáticas periódicas e cíclicas.

Esse item será discutido em um tópico, mais adiante.

3.6.1.3 Fotogrametria Provenientes do Espaço

O uso de câmaras de quadro (“frame”), acopladas em plataformas espaciais, é uma alternativa para o mapeamento em escalas médias em todo o mundo.

Esse método utiliza câmaras com grandes distâncias focais acopladas a plataformas no espaço.

Exemplo disso são as câmaras métricas e as de grande formato, como as KFA 1000, MC, LFC, KATE 200 e MK4, todas já testadas e com bons resultados (JACOBSEN (1992), MENEGUETTE (1987), KONECNY & SCHUHR (1992)).

KONECNY & SCHUHR (1992) destacam as vantagens e desvantagens da utilização de tais sistemas.

a) Vantagens

- recobrimento de grandes áreas, isto é, com uma órbita de 250 km e distância focal da câmara de 30 cm; nesse caso a área de recobrimento da imagem no terreno é de aproximadamente (192x192 km²);
- disponibilidade de avaliação por técnica convencional;
- alta fidelidade geométrica;

b) Desvantagens

- uma das desvantagens desse produto é a dificuldade de armazenamento e manuseio de grandes quantidades de filmes no espaço e sua recuperação.

Dessa forma, JACOBSEN (1992) destaca que seus produtos são indicados para o mapeamento e atualização de mapas em escalas médias e pequenas.

3.6.1.4 Uso de Sistemas “Scanner” Passivos

São missões espaciais que usam “scanner” passivos, isto é, “scanner” que necessitam de energia eletromagnética oriunda de fontes externas, Sol ou Terra. Possuem mecanismos

de varredura automática (CCD) e “scanner” de linha (TM-MSS). Os sistemas mais conhecidos que utilizam esses “scanner” são os sistemas de satélites da série LANDSAT e SPOT (NOVO, 1989).

Com relação às imagens obtidas pelas câmaras de vídeos CCD, destaca-se que elas são apenas aceitas, para utilização em tarefas de mapeamento topográfico, se as imagens mostrarem uma resolução no terreno na ordem de 10 a 30 metros (KONECNY & SCHUHR, 1992).

Os mesmos autores destacam também que as vantagens e desvantagens da utilização desses sistemas são:

a) Vantagens

- os sensores CCD operam com sistemas digitais, portanto não necessitam de filmes;
- possibilidade e facilidade de transmissão dos dados;
- detecção de mudanças devido às imagens multitempórais;
- informações facilmente separadas dentro de diferentes bandas espectrais;
- facilidade de automação dos dados, devido a seu formato digital.

b) Desvantagens

- cara e complicada tecnologia para aquisição, transmissão, recepção, armazenamento e processamento dos dados;
- limitada resolução geométrica (por enquanto);
- necessidade de plataformas altamente estáveis;

Evidentemente, não se pode fechar os olhos para os crescentes avanços que vêm ocorrendo nessa área, CROSTA (1996) destaca que “*o sensoriamento remoto encontra-se às vésperas de dar um grande salto tecnológico em sua evolução*”, sendo que essa evolução encontra-se na introdução de novos sistemas sensores com capacidade de resoluções espaciais e espectrais bem maiores do que os em operação atualmente. Como o exemplo dessa afirmação, o mesmo autor destaca o “Earlybird” e “Quickbird”.

O mesmo autor destaca ainda que “*tais sensores são indicados para o mapeamento e a atualização de escalas médias e pequenas e num futuro próximo, também para escalas grandes*”.

3.6.1.5 Uso de sistemas “scanner” ativos (radares)

Esses “scanner” possuem a propriedade de produzirem sua própria energia; portanto não necessitam de fontes externas (NOVO, 1989).

Para o mapeamento topográfico, as vantagens dos sinais de radares penetrarem em nuvens e não necessitarem de energia eletromagnética natural não compensa sua relativa baixa resolução geométrica.

Recentemente, entretanto, os sistemas de radares incorporaram grandes melhoras em suas resoluções. Como exemplo dessas melhoras, tem-se o Radarsat, sistema de satélite equipado com um sistema SAR - Radar de Abertura Sintética, que permite a aquisição de imagens em sete diferentes modos de operação, os quais incluem resoluções espaciais entre 8 metros (“fine mode”) e 100 metros (“scansar mode”) (RADARSAT, 1994).

3.6.2 Formas de restituição de imagens

As formas de restituição de imagens, utilizadas em um processo de atualização, segundo WALKER (1984), são:

- ➔ método gráfico simples;
- ➔ método ótico simples;
- ➔ retificação;
- ➔ mono restituição digital;
- ➔ estéreo restituição convencional;
- ➔ ortofotografia (analógica e digital).

Cada uma delas será brevemente comentada, de forma a fornecer uma rápida noção de sua aplicabilidade, procurando enfatizar aquela a ser utilizada neste trabalho.

3.6.2.1 Método gráfico simples

WALKER (1984) afirma que esse método envolve a utilização de fotografias aéreas e vários pontos de detalhes comuns, tanto no mapa como na foto, sendo que os novos detalhes são desenhados no mapa. Dessa forma, a detecção de mudanças é feita por comparação visual. Pode-se dizer que o método usa uma cópia transparente do mapa existente, sobrepondo-o sobre a fotografia, com o intuito de melhorar o traçado existente e registrar os novos elementos. As fotografias utilizadas nesse método são ampliadas e/ou retificadas.

Tal método é utilizado em pequenas áreas, em que as quantidades de mudanças são poucas, e o mesmo apresenta baixa acurácia. Tem sido adotado, no entanto, para suprir necessidades mais urgentes.

Como exemplos de sua utilização podem-se destacar os trabalhos desenvolvidos pela “Ordnance Survey’s”, na Inglaterra, conforme MATTHEWS (1976), e os da “Survey”, na Índia, conforme DATTA (1980).

3.6.2.2 Método ótico simples

Podem-se destacar dois grupos de instrumentos amplamente usados para revisar parte das feições, utilizando-se mecanismos de superposição da imagem do mapa e da fotografia por processo ótico.

O primeiro grupo inclui instrumentos que se baseiam no princípio da câmara lúcida, como por exemplo o “Sketchmaster”. Dessa forma, as duas imagens são apresentadas por um artifício simples da visão e as coincidências são registradas, por meio da mudança de escala e facilidades no deslocamento da imagem. Os mesmos podem ser subdivididos em monocular e estereoscópicos (DUCHER, 1982).

Esses instrumentos permitem grandes ampliações das fotografias, sendo que alguns possuem a facilidade de eliminar a inclinação da aeronave no momento da tomada da foto. Não corrigem, entretanto, o deslocamento do relevo, a variação na direção da observação, os erros de aproximações visuais de orientação e escala; e o desenho é feito à mão (LUGNANI, 1985). Assim sendo, esses instrumentos podem ser adaptados para as tarefas de atualizações de pequenas áreas, com poucas alterações, bem como limitar-se a terrenos bem planos (DUCHER, 1982).

O segundo grupo de instrumentos inclui projetores de vários tipos, sendo mais populares nos Estados Unidos que na Europa. A fotografia aérea é simplesmente projetada no mapa; assim, a detecção de mudanças e a plotagem são diretas. Como exemplo disso há o “estereopret”(DUCHER, 1982).

As limitações de precisão do instrumento e a ineficiência dos sistemas de orientação e medição, porém, torna-o útil apenas para a locação de limitado número de feições, assim mesmo, quando a acurácia requerida for baixa (LUGNANI, 1985).

3.6.2.3 Retificação

Segundo WALKER (1984), a retificação é uma boa técnica fotogramétrica para a atualização, já bem experimentada. Colocando-se uma cópia transparente do mapa sobre uma fotografia retificada e ampliada, detectam-se as mudanças e traçam-se novos detalhes. Naturalmente, o método é limitado para terrenos planos. A desvantagem dessa aplicação está no fato de que apenas as informações planimétricas podem ser obtidas.

3.6.2.4 Monorestituição Digital

Segundo WALKER (1984), “o monorestituídor digital, consiste de um monocomparador ou uma mesa digitalizadora, interfaceada a um pequeno computador, com um “plotter” veloz”. Os pontos de controle são usados para estabelecer os parâmetros de uma transformação entre coordenadas fotográficas e de terreno, após a qual os detalhes fotográficos podem ser transformados para o sistema do terreno e plotados.

Ainda com relação a seu funcionamento, BOULOUCOS et al. (1992) afirmam que o monorestituídor digital emprega digitalização bi-dimencional de fotografias aéreas apoiadas com informações do relevo em forma de Modelo Digital do Terreno (MDT). Para isso os mesmos autores dizem, ainda, que são exigidos dois estágios computacionais, a saber:

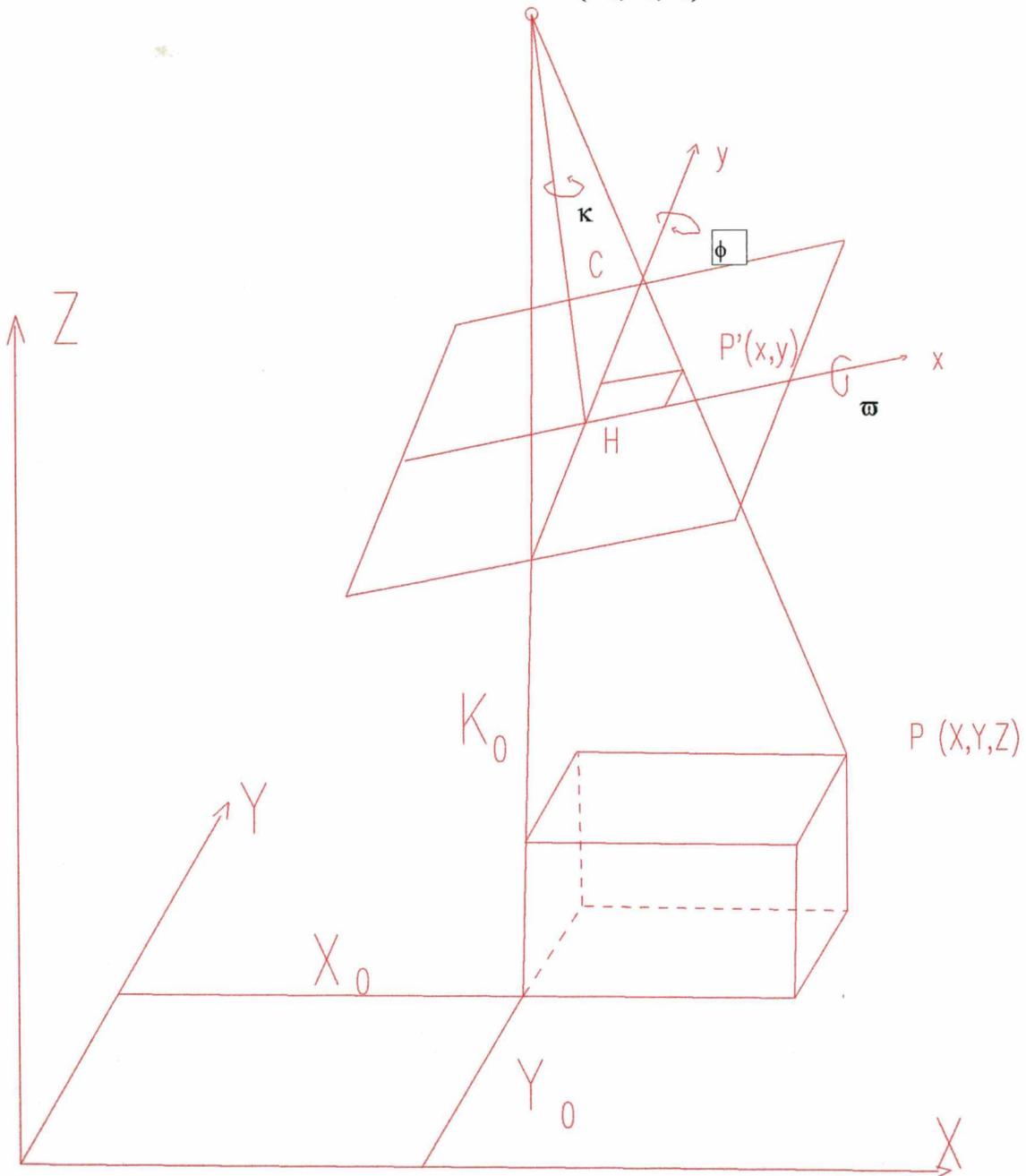
- orientação externa das fotografias por resseção espacial², e
 - transformação dos pontos do espaço objeto (terreno) para o espaço imagem (foto), projetando a imagem segundo o princípio de colinearidade, isto é, que o centro perspectivo, o ponto do espaço imagem e o ponto do espaço objeto, pertençam a uma mesma reta,
- FIGURA 3.2.

Esses equipamentos requerem operadores que possam interpretar e digitalizar fotografias, ou seja, que utilizem procedimento idêntico ao utilizado na digitalização manual de mapas existentes. Para ver as feições da imagem, tais equipamentos oferecem as seguintes opções:

- a olho nu, usando um outro original ou as fotografias ampliadas,
- com uma lente de aumento ou um estereoscópio.

² A resseção espacial, consiste em determinar analiticamente os parâmetros de orientação exterior (ω , ϕ , κ , X_0 , Y_0 , Z_0) de uma foto (LUGNANI, 1984).

FIGURA 3.2 : Projeção perspectiva central (transformação de coordenadas de pontos no terreno $P (X, Y, Z)$, para coordenadas da foto $P'(x, y)$)
 $O (K_0, Y_0, Z_0)$



Fonte: ECKER (1992)

Para detecção de mudanças, os dados digitais existentes que forem revisados são convertidos para coordenadas da foto (aplicando a transformação inversa) (DAL POZ, 1991).

Os dados digitais transformados são então apresentados no visor gráfico e visualmente comparados com os dados fotográficos levantados; as mudanças são então indicadas durante a digitalização. Também é possível plotá-los numa folha transparente e então sobrepô-lo à fotografia, para a detecção de mudanças feitas manualmente.

Os monorestituidores digitais são instrumentos baseados em computador, são analíticos e flexíveis. Usam “software” amigáveis, possibilitando o uso por outros profissionais com o mínimo de conhecimento em fotogrametria, podendo serem instalados e utilizados nos escritórios de campo, quando necessário BOULOUÇOS et al. (1992).

O monorestituidor foi desenvolvido como um método alternativo, simples e barato de extração de feições. Com o desenvolvimento da informática, os “hardware” e “software”, as mesas digitalizadoras e os “plotter” têm se tornado cada vez mais baratos e versáteis, abrindo uma grande perspectiva desse método para a revisão de mapas DAL POZ (1991).

3.6.2.5 Estereorestituição Convencional

Esses instrumentos são amplamente utilizados para construção de mapas, através de um modelo estéreo fotogramétrico perfeitamente orientado. São capaz de reunir o padrão de acurácia do mapa, produzindo informações planialtimétricas ao mesmo tempo.

Para LUGNANI (1985), a

utilização dos restituidores na atualização depende da prévia e adequada detecção das novas entidades a serem transferidas; depende dos pontos de apoio e de um paralelo controle das feições transferidas e por transferir, para que estas transferências sejam integralizadas.

Dessa forma, pode-se dizer que a utilização do restituidor na atualização consiste - dados o estereopar atual, os pontos de apoio, e o original fotogramétrico a ser atualizado,

- a) efetuar as orientações interna , relativa e absoluta;
- b) restituir as feições planimétricas a serem acrescentadas ao original;
- c) restituir as alterações ocorridas no relevo original (altimetria).

Cabe ressaltar que as feições inexistente devem ser removidas previamente.

Dessa forma, segundo LUGNANI (1985), as dificuldades na utilização de tais instrumentos encontra-se na:

- atualização somente por empresas detentoras de tais equipamentos;

- mão de obra especializada.

Para reforçar esta idéia, BOULOUCOS et al. (1992) diz que o método requer equipamento dedicado, preferencialmente restituidores analíticos e operadores experientes.

Uma forma bastante econômica utilizada na detecção de mudanças pode ser feita utilizando-se “overley” de fotos indicando a área de mudança (preparada antes da restituição), a qual é então posicionada com a foto no instrumento; entretanto esse método não oferece boa acurácia.

Inspirados nos restituidores analíticos e favorecidos pelo grande avanço tecnológico, principalmente no campo da informática, permitindo cada vez mais a possibilidade do aumento da capacidade de armazenamento de informações e, conseqüentemente, de manipulação, desenvolveu-se as “Digital Photogrammetric Workstations” (DPW).

a) “Workstations” fotogramétricas digitais (DPW)

As “workstations” fotogramétricas digitais podem ser definidas, segundo a Intercomissão Grupo de Trabalho II/III da ISPRS, e citado por DOWMAN (1991), como “*hardware*” e “*software*” derivados de produtos fotogramétricos para imagens digitais, usando técnica manual ou automática”.

Segundo BOULOUCOS, et al. (1992), as “workstations” fotogramétricas digitais oferecem as mesmas possibilidades de um restituídor analítico, com a vantagem de não necessitarem de “hardware” dedicados, a não ser para produzir a visão estereoscópica. Para o autor, apesar de permitir realizar tarefas de superposição e realçamento de imagens, a interpretação da imagem e extração de feições tem sido, ainda, confiada ao operador.

Um número crescente de pesquisas vêm sendo realizadas com o intuito de se conseguirem algoritmos com boa performance, em reconhecimento automático de padrões em imagens digitais, segundo QUAN & STRAT (1991), WEISENSSE & WROBEL (1991), QUINT & BÄHR (1994).

Como exemplo desses sistemas pode-se citar o “Digital Vídeo Plotter” (DVP), o qual, segundo TEMBA & SILVA (1996) é um “software” que permite a estruturação de arquivos gráficos e o processamento de imagens digitais obtidas, tanto por varredura de fotografias, quanto por imagens digitais obtidas por sistemas de satélites.

Dentro desse mesmo raciocínio, GAGNON, et al. (1993) apud TEMBA & SILVA (1996), destacam a versatilidade e a flexibilidade do aplicativo, o qual possibilita ao usuário, desprovido de conhecimentos específicos de fotogrametria, atuar na operação de edição e atualização de bases cartográficas, valendo-se da técnica de superposição ótica da imagem, ou de recursos das funções gráficas própria do aplicativo.

Entende-se que, apesar de sua inegável performance, o custo de tal sistema ainda o torna pouco acessível. Mas com a velocidade de evolução dessas tecnologias é bem provável que, em breve, isso seja superado.

Por enquanto, o operador continua interpretando e efetuando as orientações necessárias, isto é, transformando os pontos da imagem para o modelo e do modelo para o mapa (ou terreno) e efetuando a digitalização das informações necessárias, bem como continua editando e condicionando as informações para serem integradas ao banco de dados.

3.6.2.6 Ortofotografia

As ortofotos podem ser utilizadas como um mapa, podendo-se com elas realizar medidas de distância, ângulos e áreas, já que suas imagens são oriundas de uma projeção ortogonal como nos mapas, diferenciando-as das fotografias cujas imagens são formadas por projeção perspectiva.

WOLF (1986) define ortofoto como sendo “*uma fotografia mostrando imagens de objetos na sua verdadeira posição ortográfica*”.

O mesmo autor afirma que a maior diferença entre um mapa convencional e uma ortofoto reside no fato de que o primeiro utiliza-se de símbolos e linhas plotados em uma escala adequada, representando as feições da superfície terrestre, enquanto que, no segundo, as feições são representadas por suas próprias imagens, valendo-se do processo de retificação diferencial³.

A geração de dados para a retificação diferencial deve ser oriunda de informações altimétricas conhecidas, quer seja por curvas de níveis, planos cotados ou modelos de elevação de terreno (MDT) da área.

³ “Retificação Diferencial é o processo de eliminação do deslocamento da imagem nas fotografias aéreas, devido à inclinação da aeronave e do relevo” (WOLF, 1986 pg. 324, NOVAK, 1992 pg. 339-344).

O acréscimo de curvas de nível, da toponímia e da malha quadriculada caracterizando o sistema de projeção sobre a ortofoto, caracterizam-na como uma ortofotocarta. Que, segundo LOCH (1987), *“pode ser utilizada como carta básica de Planejamento, Estudos e Projetos nas mais diversas áreas de aplicação”*.

a) Vantagens

Em relação às vantagens de se utilizarem as ortofotografias, WOLF (1984), diz que *“as ortofotografias possibilitam mapear áreas que não tenham mapeamento sistemático bem como a atualização dos já existentes, de forma mais rápida e barata”*.

WALKER (1984) destaca que é claramente atrativo o uso de uma fotografia aérea que esteja livre de inclinação e do efeito do deslocamento do terreno e que for precisamente ampliada na mesma escala do mapa. Com isso, a detecção de mudanças é simples.

SZANGOLIES (1980) comenta que a ortofoto é o maior recurso tecnológico de automação planimétrica disponível para a cartografia. Sua eficiência em termos de custo e tempo de produção fornecem vantagens econômicas que variam entre 10% a 90%, conforme o equipamento empregado, a região levantada e a organização dos trabalhos.

LUGNANI (1985) aponta duas vantagens significativas na utilização de ortofotos para a atualização de bases cartográficas:

- a detecção de mudanças,
- o posicionamento das novas feições no produto cartográfico final.

Um outro fator que merece ser destacado é o fato de que tal procedimento possibilita aos próprios detentores do original cartográfico a realização da atualização.

b) Desvantagens

Como desvantagens da utilização de ortofotografias, podem-se destacar:

- ausência de estereoscopia;
- problemas das sombras;
- deslocamento da imagem do topo dos altos edifícios, principalmente nas áreas densamente urbanizadas, exigindo com isso planejamentos de aquisição de imagens mais específicos.

Dentro desse contexto BLACHUT, CHRZANOWSKI e SAASTAMOINEM (1976) afirmam que a *“utilização de ortofotos convencionais em trabalhos cadastrais, deve levar*

em consideração o tipo de cadastro e suas especificações". Destacam ainda que, caso as exigências sejam voltadas a uma alta acurácia numérica, a utilização das ortofotos ficam relegadas apenas como suporte pictorial, além de suas restrições em áreas densamente urbanizadas, isto é, com altas edificações, devido ao deslocamento da imagem e formação de sombras.

Os mesmos autores, entretanto, afirmam que caso as exigências de acurácia sejam mais flexíveis, as ortofotos podem ser utilizadas, principalmente se alguns cuidados extras forem tomados, tais como:

- utilização apenas da porção central da foto, para se minimizarem os efeitos de deslocamento radial na imagem;
- aumento da superposição longitudinal de 60% para 80%, nas tomadas das fotografias aéreas, para diminuir os efeitos das sombras.
- utilização de câmaras com distâncias focais de 300 mm.

Para SALLEM FILHO (1995), essas mesmas considerações são válidas na obtenção do recobrimento aerofotogramétrico para a execução de ortofotos digitais

I) A Estéreo-ortofoto

WALKER (1984) destaca que, se uma visão estereoscópica for preferida para a tarefa de atualização, o ortofotocópio pode ser usado para produzir uma segunda ortofoto, ou "stereomate", introduzindo-se artificialmente a paralaxe em x . Mais detalhes, ver DUCHER (1982), KRAUS (1980) e ALI & DOWMAN (1988).

Com relação ao instrumento utilizado para se restituírem as estéreo-ortofotos WALKER (1984), destaca a facilidade de operação por quem não é fotogrametrista, a acurácia das informações restituídas e a possibilidade de obtenção de informações planialtimétricas.

Para citar exemplos de sua utilização, PROCTOR & NEWBY (1988) afirmam que a "Ordnance Survey" incluiu o uso de ortofotografia como uma ferramenta de revisão gráfica, e com um stereomate para detectar alterações para a atualização em um instrumento especialmente construído para tais tarefas.

Os mesmos autores comentam, ainda, que tal método tem alcançado os objetivos exigidos por uma boa revisão, entretanto não sendo, o mais econômico.

3.6.2.7 Ortofoto Digital

Para SHIH & DERENYI (1992) “*uma ortoimagem é o formato mais prático da utilização digital para revisar e construir mapas.*”

Os mesmos autores dizem que uma ortoimagem é um produto muito versátil e de grande potencial para revisão de mapas.

I) Definição

Como definição de ortofoto digital encontra-se na literatura especializada o seguinte:

Segundo BÄHR & WIESEL (1991), ortofoto digital é “*uma representação digital de uma foto “retificada”, sendo sua visualização apenas uma “quick-look” de um arquivo digital*”.

HOOD, LANDER e CHAMPION (1989) destacam que:

a rasterização de uma fotografia aérea, produz um arquivo digital que representa os valores dos níveis de cinza da imagem. A técnica de retificação aplicada à imagem, remove os erros oriundos da inclinação da aeronave no momento de tomada da foto e o deslocamento do relevo, resultando numa ortofoto digital.

Com isso deduz-se que ortofoto digital é uma representação digital de uma imagem, digital ou obtida por rasterização, representada por valores de níveis de cinza e retificada diferencialmente.

II) Formação da Ortoimagem

A ortoimagem é formada utilizando-se a mesma teoria da retificação diferencial.

Dessa forma, segundo SHIH & DERENYI (1992), ortoimagem é essencialmente uma reprojeção da imagem feita pixel a pixel para uma malha regular, representando as coordenadas planas da ortofoto. Necessita-se para isso, dos elementos de orientação interior e exterior do modelo, com as elevações do terreno (MDT).

Em linhas gerais, a produção de ortofoto pode ser resumida conforme o esquema representado pela FIGURA 3.3 abaixo:

FIGURA 3.3: Esquema de geração de ortofoto digital



Fonte: ECKER (1992)

Pode-se dizer que existem duas maneiras de se construir as imagens transformadas:

a) Entrada orientada ou método indireto, sendo que as coordenadas de cada pixel formador dos objetos (espaço-objeto) são primeiramente definidos em coordenadas do espaço-imagem, utilizando-se a equação de colinearidade⁴. Em seguida, essas coordenadas são transformadas em coordenadas de máquina ("scanner"), através da transformação afim⁵. Uma reamostragem é então efetuada para obter o valor de cinza da imagem original, através das coordenadas da imagem varridas, ver FIGURAS 3.4 e 3.5.

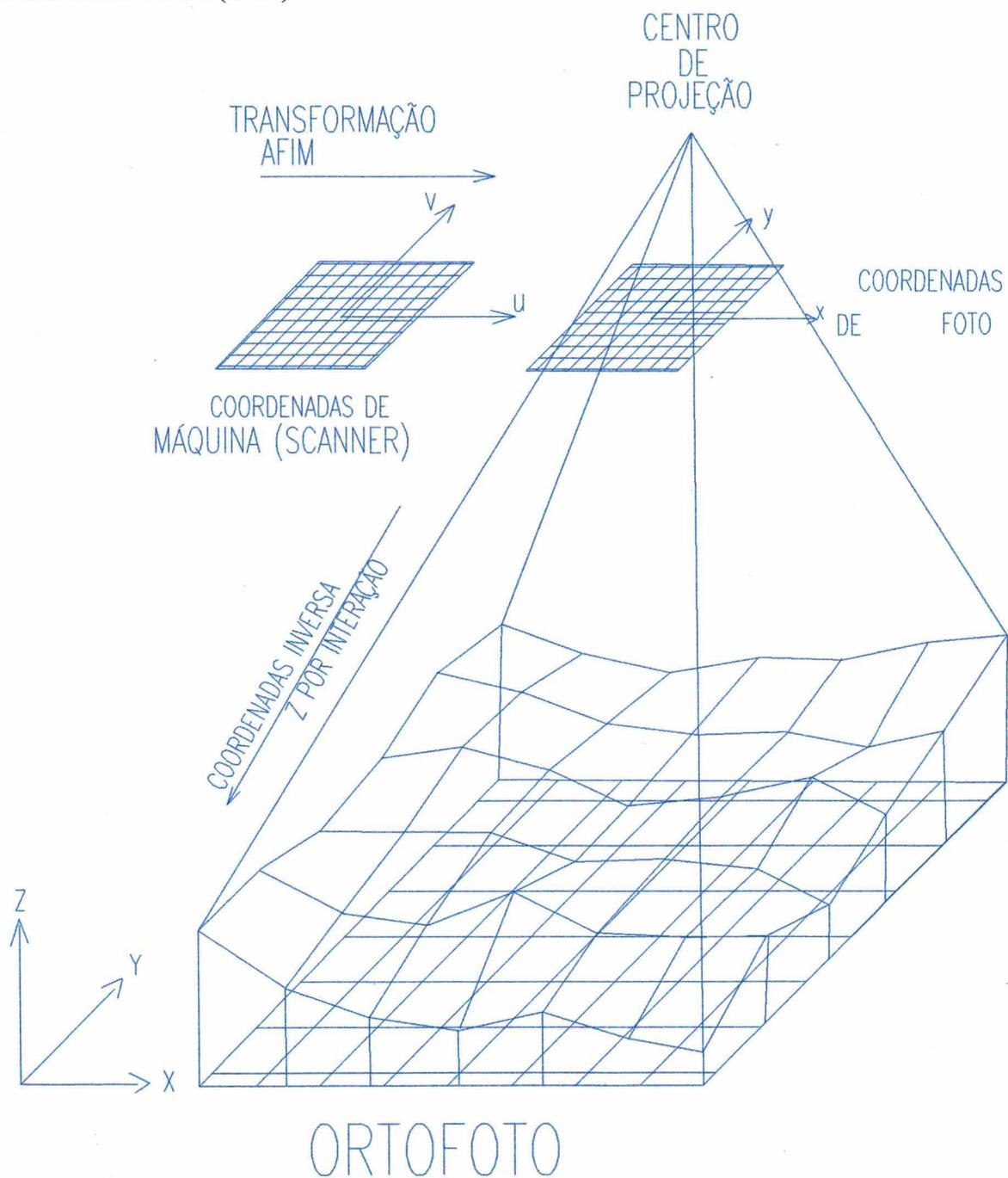
A reamostragem pode ser feita utilizando-se os métodos vizinhos mais próximos, bilinear ou bicúbica (ALMEIDA, 1989).

⁴ Segundo LUGNANI (1984), essa equação é usada para transformar as coordenadas do espaço-objeto (X, Y, Z) para o espaço-imagem (x, y).

⁵ Segundo LUGNANI (1984), esse modelo matemático permite transformar coordenadas de foto (x, y) para um sistema de máquina (u, v), em que são envolvidas uma rotação, a não perpendicularidade dos eixos, duas trocas de escala e duas translações.

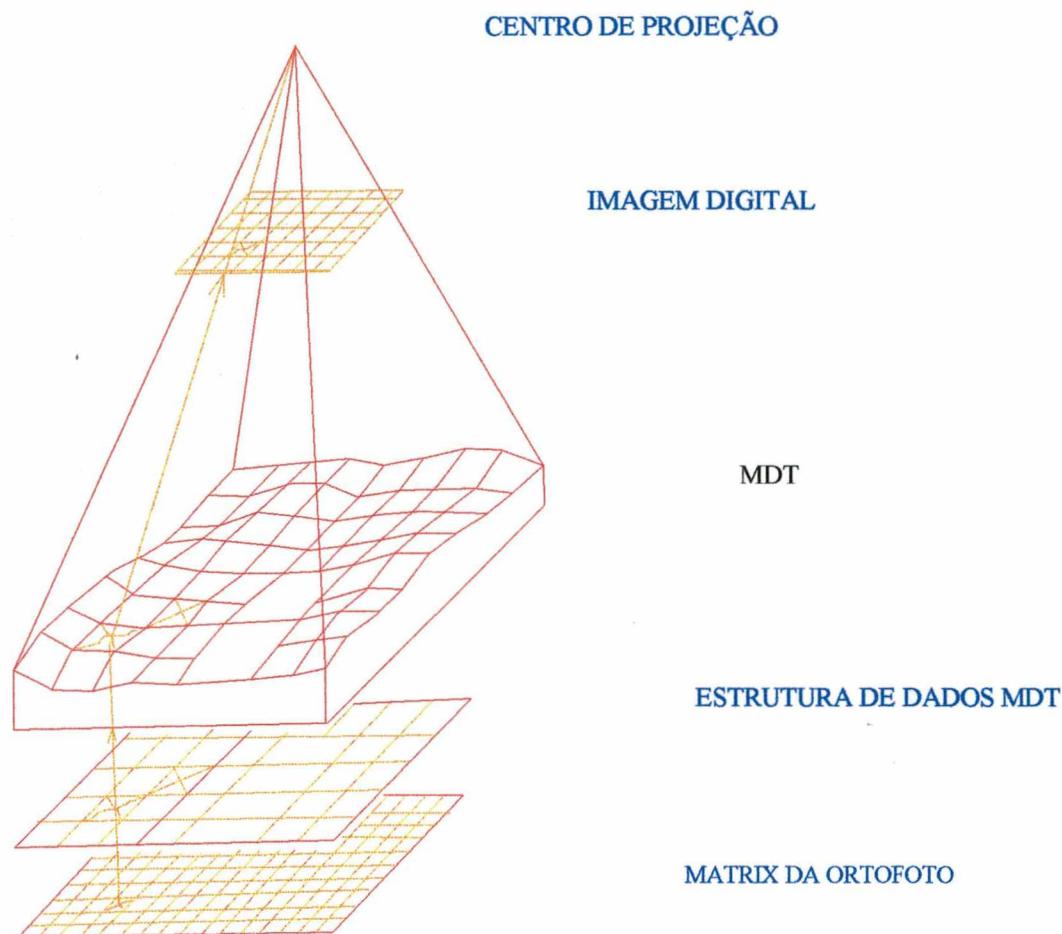
FIGURA 3.4: Esquema básico de produção de ortofoto digital, método indireto

Fonte: ALMEIDA (1989)



Deve-se destacar que um polinômio bilinear pode ser aplicado na interpolação de coordenadas altimétricas (Z), de coordenadas de foto (x, y), de coordenadas de máquina (u, v) e de valores de tom de cinza. Para mais informações, ver ECKER (1992).

FIGURA 3.5: Obtenção da ortofoto digital pelo método indireto, “bottom-up”



Fonte: MAYR & HEIPKE (1988)

b) Saída orientada ou método direto: é o oposto do método anterior; parte-se das coordenadas da imagem varridas e reprojeta o tom de cinza a elas associado, sobre uma malha regular da ortofoto.

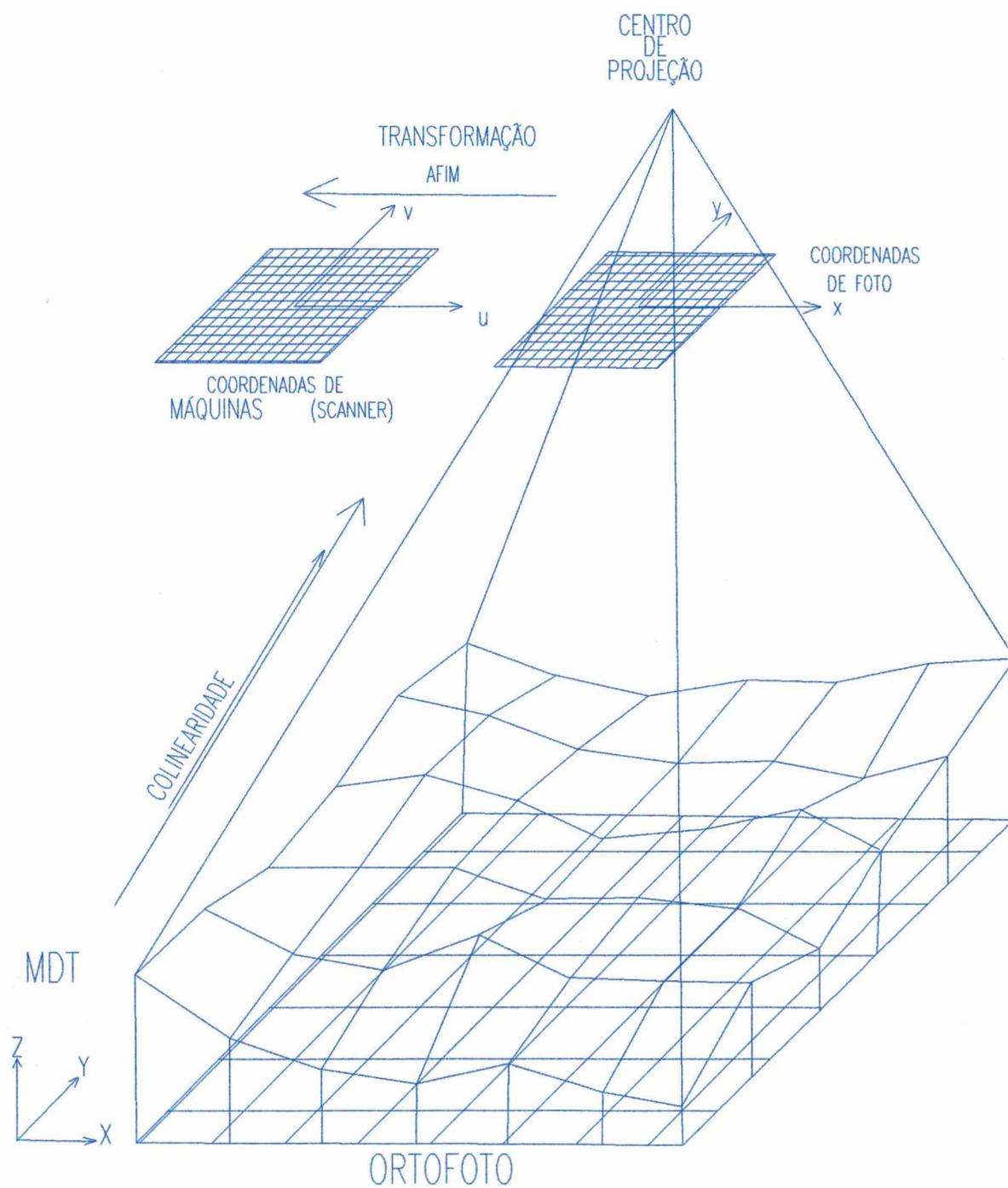
Segundo ALMEIDA (1989),

este processo necessita transformar coordenadas de máquina, obtidas pela scanerização das fotos, para coordenadas do espaço-imagem (sistemas fotográficos), utilizando-se do modelo matemático de transformação afim. Em seguida essas coordenadas são transformadas em coordenadas do espaço-objeto (sistema UTM, por exemplo), valendo-se da inversa da equação de colinearidade.

Posteriormente, numa segunda etapa, uma interpolação é feita para fornecer os valores de tons de cinzas para cada pixel na imagem de entrada, sendo dessa forma,

denominado método direto, porque os tons de cinza dos pixels da imagem original são diretamente transformados, FIGURA 3.6.

FIGURA 3.6: Esquema de produção de ortofoto digital, método direto

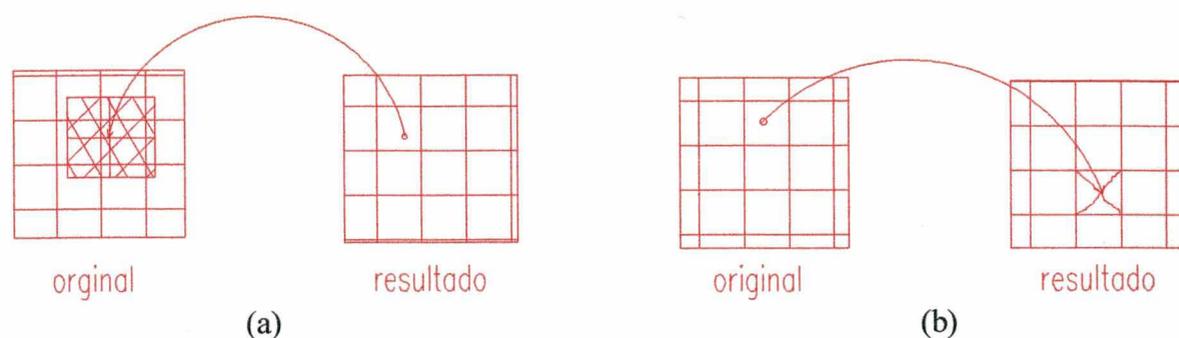


Fonte: ALMEIDA (1989)

NOVAK (1992) destaca que esse método apenas determina valores de cinza que são dados pela imagem original, transformando-as internamente e localizando o valor de cinza para o pixel inteiro mais próximo; portanto, o contraste e a densidade não são mudados pela transformação.

Pode acontecer, entretanto, que para alguns pixels não seja associado nenhum valor de cinza, necessitando-se de uma segunda passagem para obter a imagem, o que aumenta o tempo computacional, FIGURA 3.7.

FIGURA 3.7: Transformação de pixel da forma indireta (a) e direta (b)



Fonte: NOVAK (1992)

Mais informações sobre os dois processos podem ser encontradas em ALMEIDA (1989), NOVAK (1992), HOOD, LADNER E CHAMPION (1989) e KONECNY (1979).

III) Formação de Modelos Digitais de Terreno (MDT)

O Modelo Digital de Terreno (MDT), também conhecido como Modelo de Elevação Digital (DEM), é definido por BURROUGH (1986) como sendo a “*representação digital das variações contínuas do relevo, no espaço*”.

DALE & McLAUGHLIN (1990) destacam que quando a terceira dimensão em um MDT estiver relacionada com a altitude do nível médios dos mares, o termo mais apropriado é Modelo de Elevação Digital (DEM - “Digital Elevation Model”).

Para BURROUGH (1986), um DEM pode ser utilizado para várias finalidades, a saber:

- armazenamento de dados altimétricos para mapas topográficos em meio digital;

- auxílio em projetos de engenharia civil, tais como corte e aterro em projetos de rodovias;
- representação tridimensional do relevo (fins militares e civis);
- para análise estatística e comparação com diferentes tipos de terreno;
- para a elaboração de mapas de declividade, perfis topográficos e diagramas de blocos;
- como pano-de-fundo em apresentações de informações temáticas, tais como solo, vegetação, uso da terra, geomorfologia, etc.
- para fornecer dados para modelos de simulação de imagens da superfície terrestre (ortofotos ou ortoimagens);

Pode-se dizer que a aquisição de dados para a geração do DEM/MDT pode ser feita, basicamente, a partir de:

- ⊖ Levantamentos topográficos: uma rede de pontos planialtimétrica é levantada, utilizando-se para isso de teodolitos, níveis, estações totais, etc. Essa malha de pontos é conhecida como plano cotado.
- ⊖ Restituição fotogramétrica: com a utilização de um restituidor fotogramétrico, a altimetria é extraída pelo operador, utilizando-se da correlação eletrônica, ou usando um “software” que possibilita um perfilamento automático do relevo no modelo estereoscópico formado.
- ⊖ Digitalização de curvas de nível: são dados vetoriais, obtidos por meio da digitalização das curvas de níveis de documentos cartográficos existentes, através de uma mesa digitalizadora.
- ⊖ Vetorização de curvas de níveis: são dados vetoriais, obtidos através da vetorização manual, semi-automática ou automática de bases cartográficos em formato “raster”.

BURROUGH (1986) destaca que há dois métodos de se representar a superfície do terreno: os métodos matemáticos e os por imagem

- ⊖ Os Métodos Matemáticos, procuram, basicamente, aproximar a superfície do terreno por uma função contínua, tais como as séries de Fourier, as funções “spline”, “Lagrange”, bicúbica e bilinear.
- ⊖ Métodos por imagem, tais como as grades regulares, quadradas ou triangulares de pontos e linhas.

ALMEIDA (1989) destaca que são conhecidos internacionalmente os “software” CIP (Contourn Interpolation Programme) e o HIFI (High Interpolation by Finite Elements), capazes de realizarem MDT a partir de uma malha de pontos regular pouco densa.

Para a verificação da qualidade de um MDT, REINHARDT (1988) apresenta três diferentes formas:

- a) através do cálculo das diferenças de elevação entre o MDT e pontos pré-escolhidos;
- b) pelo cálculo das diferenças de elevação de pontos de controle;
- c) pela derivação e visualização de contornos sobre o modelo estereoscópico

IV) Determinação da acurácia da ortofoto digital

Segundo WIESEL (1985), a precisão geométrica da ortofoto digital depende principalmente de quatro fatores:

- tamanho do pixel da imagem digitalizada (resolução espacial);
- precisão e estabilidade do “scanner”;
- precisão dos elementos de orientação
 - interior e absoluta;
- precisão e densidade do MDT.

Com relação ao MDT, BALCE (1987) comenta que a acurácia das linhas de contorno interpoladas, são influenciadas pelos seguintes fatores:

- a) triangulação aérea;
- b) configuração do modelo;
- c) processo de reamostragem utilizado;
- d) interpolação.

V) Custos e Benefícios na produção de Ortofotos Digitais

BÄHR & WIESEL (1991) afirmam que os custos podem ser facilmente avaliados, tais como “hardware”, “software” e trabalho homem-horas. Os benefícios, entretanto, são mais complexos e difíceis de serem avaliados, já que os efeitos são indiretos, isto é, são representados e medidos pela melhoria da qualidade dos resultados e pela flexibilização no processamento dos dados.

Os mesmos autores destacam (04) quatro níveis de benefícios a serem alcançados com a implementação de tal ferramenta:

➡ **Nível um** - Melhoria na qualidade dos dados de entrada, tais como manipulação de contraste e realçamento, principalmente se se considerar que no futuro as ortofotos deverão ser coloridas.

➡ **Nível dois** - Novas possibilidades, como:

⊖ processamento digital, controlado por “software”, permitindo que o MDT e a imagem não sejam necessariamente uniformes para toda a cena;

⊖ maior facilidade na obtenção da visão estereoscópica, podendo ser apresentada diretamente no monitor, pela simples técnica de anáglifo, “técnica de janela”, permitindo o uso de um estereoscópio.

➡ **Nível três** - Integração com os Sistemas de Informações Geográficas;

➡ **Nível quatro** - Extração de informações controlada por computador, isto é, extração automática de feições de imagens.

CAPÍTULO 4

4 MATERIAIS E MÉTODOS

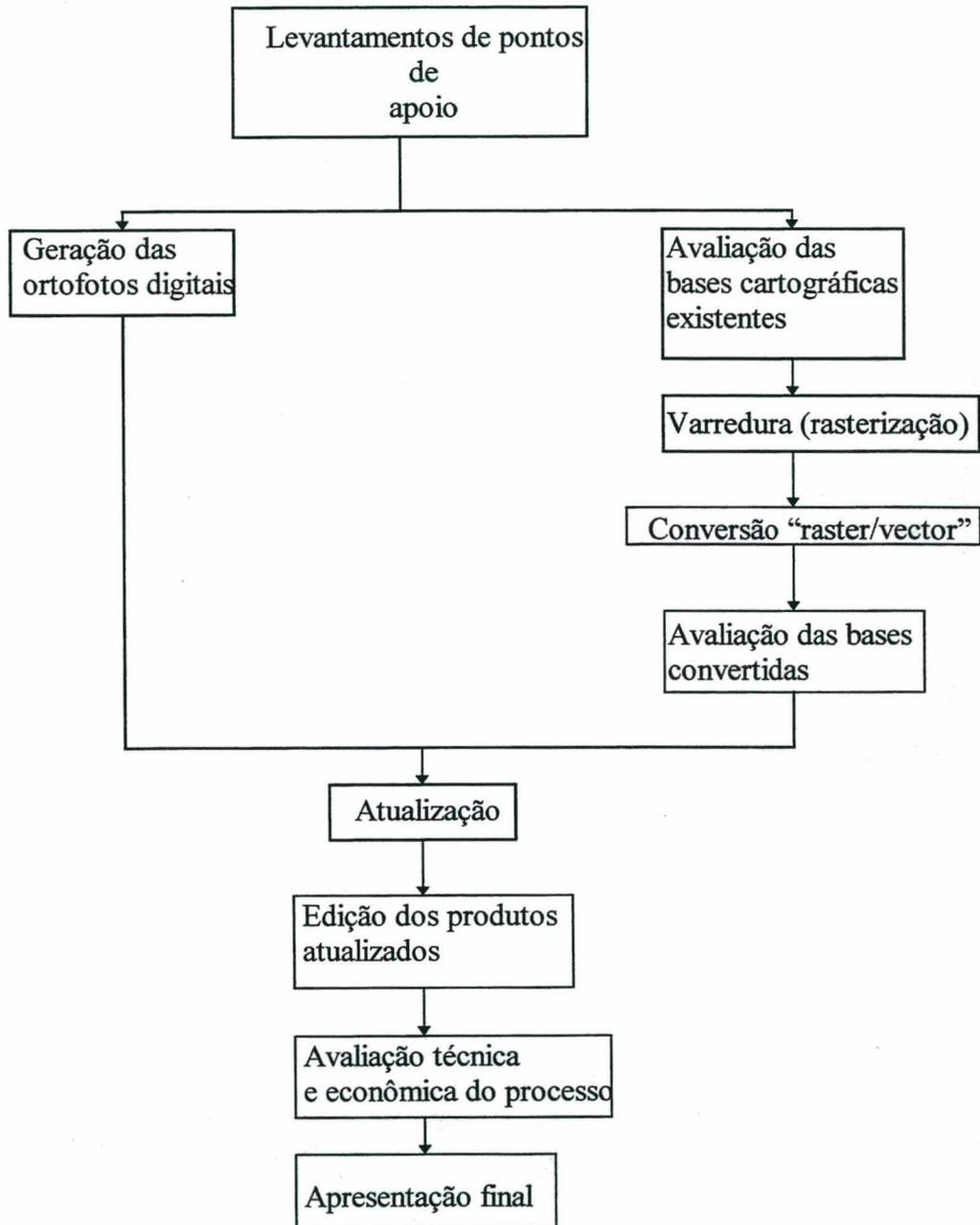
4.1 Desenvolvimento prático

Com intuito de verificar na prática a potencialidade das ortofotos digitais como suporte para se atualizar bases cartográficas cadastrais já existentes, bem como analisar os custos de sua utilização, adotaram-se os seguintes procedimentos:

- ⇒ Escolha da área de estudo, considerando-se a disponibilidade de documentos cartográficos nas escalas de interesse;
- ⇒ Levantamento de pontos de apoio em campo;
- ⇒ Avaliação das bases cartográficas a serem utilizadas;
- ⇒ Obtenção das ortofotos digitais;
- ⇒ Varredura(rasterização) das bases cartográficas a serem utilizadas;
- ⇒ Conversão “raster/vector” das bases cartográficas rasterizadas;
- ⇒ Avaliação das bases cartográficas convertidas;
- ⇒ Atualização das bases cartográficas convertidas;
- ⇒ Avaliação técnica e econômica do método utilizado na atualização das bases cartográficas;
- ⇒ Apresentação final das bases cartográficas atualizadas.

O esquema da FIGURA 4.1 procura representar sucintamente as etapas cumpridas para execução desse trabalho.

FIGURA 4.1: Esquema da metodologia adotada



4.2 Materiais

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizaram-se os seguintes materiais e equipamentos:

- Duas folhas do mapeamento cadastral da Ilha de Santa Catarina, em que se localiza Florianópolis, sendo uma na escala 1:10.000 e outra na escala 1:2.000, todas do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF)

- Fotografias aéreas do recobrimento aerofotogramétrico do município de Florianópolis, realizado em 1994, nas escalas 1:25.000 e 1:8.000, do (IPUF).

➔ Dados do levantamento aerofotogramétrico na escala 1:8.000

- vôo: sentido norte-sul;
- câmara utilizada: RMK 15/23 n^o 124.267, com distância focal de 152,742 mm.
- filme: DOUBLE X, com filtro KL
- superposição-longitudinal de 60% e lateral de 30%, com tempo de exposição 1/500 seg.
- altitude média de vôo: 1.249 m.

➔ Levantamento aerofotogramétrico na escala 1:25.000

- vôo: sentido norte-sul;
- câmara utilizada: RMK 15/23 n^o 128.318, com distância focal de 152,742 mm, objetiva PLEOGON.
- filtro: amarelo
- superposição-longitudinal 60% e lateral de 30%
- altitude média de vôo: 3.950 m.

4.2.1 Levantamento dos pontos em campo e obtenção das coordenadas

• “Hardware”

Para o levantamento dos pontos em campo e obtenção das coordenadas foram utilizados dois equipamentos GPS, modelo GP-R1, da Topcon, com 12 canais independente de recepção de sinais de satélites L1 C/A Código e Portadora, tendo segundo o fabricante uma precisão de 5 mm + 2 ppm. Equipamentos esses emprestados pela Fundação de Amparo ao Meio Ambientes (FATMA), órgão da Secretária do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina. Utilizou-se também um micro computador do tipo “Pentium-100 Mhz”, com disco rígido de 1.08 Gbyte, memória RAM(Random Access Memory) de 32 Mb, monitor colorido Samsung SuperVGA 14”, placa de vídeo de 2 Mb, utilizado no desenvolvimento de todo o trabalho.

- **“Software”**

Pós-processamento GPS: “GPPS versão 5.0.00”.

Ajustamento das observações: “FILLNET 3.0”.

Para a transformação das coordenadas ajustadas: utilizou-se os “softwares” “TCD”, elaborado pelo Prof. Maurício Galo, da Universidade Estadual Paulista de Presidente Prudente - SP, e “TurboSurvey GPS for windows”, versão 96.01.01, da empresa ELETROSUL S.A..

4.2.2 Obtenção dos pontos nos originais cartográficos

Mesa digitalizadora formato A0, marca SUMMAGRAPHICS, modelo SUMMAGRID IV, para leitura de coordenadas no original cartográfico.

4.2.3 Obtenção das imagens “raster”

Para a obtenção das imagens “raster” foram testados três tipos de equipamentos “scanner”:

- ⊖ “Scanner” do tipo rolo: “Full Scale Scanner - FSS 5000”, da Contex S.A., com resolução máxima de 500 dpi (“dots per inch”), produzindo pixel quadrado de 0,0508 x 0,0508 mm

- ⊖ “Scanner” do tipo tambor: SGI, de fabricação israelense, com precisão cartográfica, e resolução de captação de 200 dpi, produzindo pixel quadrado de 0,1270x0,1270 mm.

- ⊖ “Scanner” tipo rolo: “EAGLE SLI 3840”, com tecnologia de sensor “Straight Line Imager (SLI)”, com resolução real de 400 dpi, podendo ser ampliado até 800 dpi, precisão de varredura $\pm 0,0508$ cm em 96,5 cm, sendo que a menor detecção de uma linha é de 0,013 cm

4.2.4 Obtenção das ortofotos e rasterização dos diapositivos

- **“Hardware”**

Foi utilizado uma “Workstation” Fotogramétrica Digital (WPD) da Leica-Helava para gerar as ortofotos, cujos componentes, segundo HELAVA ASSOCIATE INCORPORATED (1995), são:

- monitor colorido 3-D (cristal líquido polarizado);
- “trackball”, “mouse” sensível, que permite o controle independente para a elevação (Z);
- óculos polarizador, que possibilita visão estereoscópica;
- segundo visor colorido, com resolução de 1052x900 pixels;

- teclado e “mouse” de comando;
- sistema de operação SUN/OS UNIX;
- unidades de disco rígidos de 23 Gbyte e 128 de RAM
- unidade de fita Dat 8 mm, padrão Exabyte;

A varredura dos diapositivos foi realizado por um “scanner” denominado “Digital Scanning Workstation”, da Leica-Helava que, segundo o manual do instrumento, possui as seguintes características técnicas:

- “scanner Kodak mega plus model 4”, com duas câmaras CCD, com capacidade de gerar pixels exatamente quadrados;
- resolução geométrica de $1\mu\text{m}$ (0,001 mm);
- acurácia melhor que 3 micrômetros (0,003 mm) rms;
- fonte de luz xenon;
- o tempo necessário para varrer um diapositivo de (9”x9”) a 1.000 dpi é de \cong 25 minutos.

Esse “scanner” está acoplado a um computador 486 com sistema operacional OS UNIX,

- **“Software”**

- Scan V132 LEICA
- SOCET SET, versão 3.1.4

4.2.5 Vetorização e atualização

- **“Hardware”**

Usou-se o mesmo micro computador já mencionado no item 4.2.1.

- **“Software”**

Utilizou-se o MicroStation 5.0, I/RAS C, I/RAS B e I/GEOVEC, todos para DOS, do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFSC.

O “software” MicroStation 5.5 (95) (Windows) foi gentilmente cedido pela empresa ITIS Informática de Florianópolis, para o desenvolvimento deste trabalho.

4.3 Métodos

4.3.1 Seleção da área de estudo

Na escolha das áreas de estudo foram considerados os seguintes fatores:

- disponibilidade dos documentos cartográficos existentes nas escalas 1:10.000 e 1:2.000;
- acessibilidade aos originais cartográficos (base estável);
- interesse dos órgãos públicos;
- disponibilidade de um recobrimento aerofotogramétrico mais atual do que os documentos cartográficos existentes;
- acessibilidade às áreas escolhidas, levando-se em consideração:
 - recurso econômico disponível;
 - tempo disponível para o desenvolvimento dos trabalhos (um ano);
 - facilidade de acesso às áreas escolhidas.
- a área escolhida deveria ter um relevo diversificado, ou seja, possuir partes planas e partes onduladas, a fim de que a metodologia pudesse ser testada em diversas situações práticas.

Considerados tais fatores, foram escolhidas duas áreas testes, que serão tratadas neste trabalho como Área I e Área II, ver MAPA 01 no encarte.

a) Área I

A área, cujo mapa se encontra no encarte, compreende a parte central da Ilha de Santa Catarina - Florianópolis - SC, representada pelo "*Levantamento aerofotogramétrico aglomerado urbano de Florianópolis*", na escala 1:10.000, Folha SG-22-Z-D-V-2-NE-F, executada em 1979, pela empresa "Aerofoto Cruzeiro S.A." (MAPA 02 no encarte).

A folha representa uma área de aproximadamente, 35,37 Km², densamente ocupada; portanto, suscetível a profundas transformações.

Essa área possui um relevo bastante heterogêneo, revezando-se em áreas planas e áreas montanhosas, sendo que as áreas planas e as encostas dos morros encontram densamente urbanizadas.

Embora seja do conhecimento que representações cartográficas de áreas urbanas na escala 1:10.000 exista tão somente para fins de planejamento, a escolha dessa escala se justifica pela fato de ser ela a única representação em ponto e linha da área, já que o outro produto existente, e da mesma época, são as ortofotos analógicas em escala 1:5.000, que não se caracterizam objeto de estudo do presente trabalho.

b) Área II

Essa área compreende parte do Balneário de Canasvieiras, Florianópolis - SC, representada pela "*Planta Cadastral dos Balneários da Costa Norte da Ilha de Santa Catarina*", na escala 1:2.000, Folha SG-22-Z-D-III-3-SO-C-II-4, executada em 1978, pela empresa "Aeromapa Brasil S.A." (MAPA 03 no encarte).

Essa é uma das poucas áreas da Ilha representadas em escala 1:2.000. Ela tem passado por um expressivo processo de urbanização, principalmente nos últimos 20 anos, por se tratar de um balneário de grande interesse imobiliário.

Apresenta, atualmente, uma ocupação composta por construções unifamiliares, comerciais e de serviços, com edifícios com gabaritos até quatro andares.

4.3.2 Levantamento dos pontos de apoio em campo

Diante da indisponibilidade de “software” para a geração das ortofotos digitais no âmbito da UFSC, utilizou-se o convênio de cooperação técnico científico existente entre essa Universidade e a Empresa de Aerolevantamentos ESTEIO S.A..

Dessa forma, foram feitos os contatos e negociações necessários para a obtenção desses produtos junto à empresa, ficando acertado que esta geraria os produtos e que caberia à Universidade fornecer os pontos de apoio para gerá-los, bem como o acesso aos resultados obtidos com o desenvolvimento do trabalho.

Assim, estabeleceram-se as seguintes tarefas para o processo de levantamento dos pontos de apoio:

- planejamento prévio;
- levantamento de campo;
- processamento dos dados;
- transformação das coordenadas.

4.3.2.1 Planejamento prévio

Para a geração da ortofoto na escala 1:10.000, a empresa forneceu as fotografias (n^o 179 fx 03/011 e n^o 181 fx 03/009) nas escalas 1:25.000, com seis áreas indicadas e identificadas com lápis dermatográfico, onde deveriam ser levantados os pontos de apoio.

Para a geração da ortofoto na escala 1:2.000, foram indicados e identificados quatro áreas diferentes nas fotos (n^o 741 fx 12/002 e n^o 739 fx 12/004).

Diante da necessidade de se ter outros pontos de apoio para a avaliação tanto das ortofotos geradas, como dos documentos cartográficos existentes e a serem atualizados, entretanto planejou-se o levantamento de outros pontos, em ambas as áreas.

A escolha dos pontos de apoio, bem como dos outros pontos levantados, basearam-se em elementos identificáveis nas fotos e compatíveis com aqueles restituídos nas cartas já existentes, possibilitando assim a avaliação dos documentos.

4.3.2.2 Levantamento de campo

Para o levantamento dos pontos de apoio em campo com o GPS, utilizou-se o método de levantamento estático, com distância das linhas bases não muito superior a 10 km e com tempo de observação de cada linha, variando de 45 minutos a 1 hora.

Os levantamentos foram realizados por duas pessoas, apoiadas por um veículo, sem comunicação entre si.

Para minimizar os possíveis problemas ocasionados pela falta de comunicação entre as estações, adotou-se um “tempo de folga” de 15 minutos entre o rastreamento de uma linha base, o qual era combinado previamente, objetivando reduzir possíveis dessincronismo entre os pontos observados. Pode-se afirmar que essa falta de comunicação entre as estações foi o maior problema enfrentado, pois houve dias em que o trabalho fora parcialmente ou completamente perdido.

Nessa condição, levantou-se uma poligonal fechada, partindo de uma base composta por dois pontos de coordenadas conhecidas, sendo um deles o ponto de satélite do IBGE, denominado SAT-SC-15, localizado no pátio de estacionamento das aeronaves em frente ao hangar, na Base Aérea de Florianópolis - SC; e o outro um ponto trigonométrico denominado SG-22-1050, também do IBGE, localizado em um morro próximo à praia da Joaquina, conforme memoriais descritivos fornecidos pelo IBGE.

No último dia de rastreamento, porém, verificou-se que o ponto SG-22-1050 não fora ocupado corretamente, e sim o seu referencial B. Feita essa descoberta, passou-se a procurar nas suas imediações o marco principal, o qual infelizmente não foi encontrado; provavelmente foi destruído ou enterrado, já que a chapa padrão IBGE fora cravada sobre pedras, a 50 cm do solo.

Dessa forma, a poligonal foi fechada sobre o ponto de saída, isto é, o SAT-SC-15, ficando com apenas um ponto de coordenada conhecida.

A poligonal ficou composta por sete (07) estações ao todo, indo da Base Aérea de Florianópolis - SC, localizada ao Sul da Ilha de Santa Catarina, até o distrito de Vargem Grande, localizado ao Norte da Ilha de Santa Catarina, e retornando ao ponto de partida, perfazendo um perímetro de aproximadamente 58 km ver MAPA 01 no encarte.

Para materializar os pontos levantados em campo, utilizaram-se:

- piquetes de madeira com pregos no topo;
- pregos cravados em vãos nos calçamentos;

- pontos pintados com tinta sobre o calçamento.

Perdeu-se, desta forma, uma oportunidade de materializá-los de maneira mais adequada e definitiva, para que pudessem ser utilizados como suporte para trabalhos de adensamento da rede de pontos, ou em futuros trabalhos de atualizações contínua e ou periódica.

Quanto à altimetria, somente foram rastreados dois pontos com cotas altimétricas conhecidas. Isso, entretanto, parece não ter comprometido a qualidade altimétrica dos levantamentos, conforme resultados apresentados no capítulo 5.

Para o levantamento de todos os pontos, adotaram-se os seguintes procedimentos:

- instalação da antena exatamente sobre o ponto materializado no terreno;
- orientação da antena (norte);
- medição da altura da antena no início e no final da observação de cada sessão e seu registro;

- evitou-se locais sujeitos a multicaminhamento do sinal.

Durante a execução da poligonal alguns desses pontos foram reocupados para a obtenção de outros pontos, utilizando-se o processo de irradiação.

Tal procedimento foi adotado na intenção de se:

- evitar o rastreo de pontos com distâncias muito superiores a 10 Km, a fim de se evitarem os efeitos da ionosfera e da troposfera e, conseqüentemente, a perda da qualidade dos pontos levantados, devido ser o equipamento, utilizado receptor de apenas sinais L1;
- diminuir as distâncias percorridas;
- reduzir o tempo gasto no levantamento dos pontos.

Dessa forma, levantaram-se mais 29 pontos, nas duas áreas de estudos.

Ao término de cada dia de trabalho, os dados levantados em campo eram transferidos para um micro computador, para serem pós-processados e analisados.

4.3.2.3 Pós-processamento dos dados levantados

Para o pós-processamento dos dados levantados foram aceitos os “default” do próprio “software”, que apresentou as seguintes características:

- definição da altura de corte (ângulo de 15^0), em que dados abaixo desse valor deveriam ser desconsiderados;
- correção automática da perda de ciclo;
- fixação de um número mínimo de satélites (04), no cômputo das coordenadas;

- verificação da qualidade dos dados recebidos de cada satélite, procurando-se eliminar aqueles com grande discrepância em relação aos demais (o que não é raro), e aqueles com excesso de perda de ciclo;

- adoção de um único satélite como referência;
- correção da medida da altura da antena, referenciando-a ao centro da mesma;
- não fixação da ambigüidade;
- referenciamento dos dados ao sistema geocêntrico WGS-84;
- adoção da “fixed double difference solution L1”;
- opção pela correção de efeitos ionosféricos e troposféricos;
- processamento dos arquivos, por meio da opção “processamento automático”, método estático.

Dessa forma, foram pós-processados os dados rastreados em campo, gerando os arquivos de saída com as coordenadas preliminares referenciadas ao sistema geocêntrico WGS-84, sendo posteriormente ajustadas pelo programa FILLNET.

4.3.2.4 Ajustamento dos dados pós-processados

Os dados pós-processados foram importados para o “software” FILLNET, versão 3.0, para serem ajustados.

Fixaram-se os seguintes parâmetros para o processamento dos arquivos:

- para a latitude, de 03 a 06 mm;
- para a longitude, de 05 a 10 mm;
- acurácia horizontal: 1 a 2 ppm;
- para a altimetria, de 05 a 10 mm;
- acurácia vertical de 1 a 2 ppm.

Assim sendo, foram gerados um arquivo POLIG1, e outros quatro arquivos compostos pelos pontos irradiados da poligonal, denominados IRRAD1, IRRAD2, IRRAD3 e IRRAD4 .

4.3.3 Avaliação das bases cartográficas utilizadas

De posse das coordenadas dos pontos levantados em campo, e no sistema de projeção adequado, passou-se para a etapa de avaliação das bases cartográficas existentes.

Orientaram-se as bases cartográficas sobre a mesa digitalizadora para realização de leituras dos pontos para serem comparados, com seus correspondes levantados em campo.

4.3.4 Elaboração das ortofotos digitais

Para a geração das ortofotos na empresa ESTEIO S.A. foram adotados os seguintes passos:

- produção dos diapositivos das fotografias aéreas a serem rasterizadas;
- marcação e transferência dos pontos de apoio nos diapositivos;
- leitura dos pontos para aerotriangulação utilizando um estéreo restituIdor analítico (PLANICOMP C 120);
- processamento da aerotriangulação, por meio do programa PAT-M;
- obtenção da malha de coordenadas planialtimétricas para a geração dos Modelos Digitais de Terreno (MDT);
- rasterização dos diapositivos;
- retificação diferencial;

a) A marcação e transferência dos pontos de passagem

Essa tarefa foi realizada utilizando-se um “PUG 04 da WILD”

b) A aerotriangulação

A leitura dos pontos para a aerotriangulação foi realizada em um estéreo restituIdor analítico (PLANICOMP C 120).

Os pontos lidos foram ajustados utilizando-se “software” PATM-GPS, que usa o processo de ajustamento de blocos por modelos independentes que para LUGNANI (1984): *“cada modelo do bloco será referido a um sistema de referência do espaço objeto e as coordenadas neste sistema a cada ponto do modelo, bem como os parâmetros (rotação, fator de escala e translação), serão simultaneamente calculados”*.

Destaca-se que o “software” PATM-GPS foi elaborado por KLEIN e ACKERMANN, sendo de propriedade da própria empresa. (Vide APÊNDICE (2), para a escala da foto 1:25.000, e APÊNDICE (3), para a escala da foto 1:8.000)

c) A rasterização dos diapositivos

Para a rasterização dos diapositivos, foram adotados os seguintes procedimentos:

- colocação do diapositivo no “scanner”, conforme a orientação do vôo;
- entrada dos dados do certificado de calibração da câmara;
- definição da câmara fotográfica utilizada;

- outras operações de rotina, tais como:
 - nome do arquivo, formato do arquivo a ser gerado, etc.

4.3.4.1 Orientação interior

A “orientação interior” é realizada juntamente com a rasterização dos diapositivos, utilizando-se opção “semi-automático”, fornecida pelo “software”, que possibilita comandar a câmara CCD (“Charge-Coupled Device”) de tal forma, que ela se desloque sobre o “scanner”, posicionando-se nas proximidades das marcas fidúcias.

Em seguida, o operador intervém, posicionando o cursor exatamente sobre a marca, aceitando o ponto ou não. Esse procedimento é executado para todas as marcas fidúcias do diapositivo.

Ao término desse procedimento são apresentados no vídeo os resíduos dos parâmetros de orientação interior ajustados.

É de praxe, na empresa, aceitarem-se resíduos iguais ou menores que 2,5 a 4 pixels.

O modelo matemático utilizado para essa rotina é de transformação afim no plano (ver LUGNANI, 1984).

Através desses procedimentos foram gerados os arquivos digitais dos diapositivos, com uma resolução de 1016 dpi, produzindo pixel de 25 μm (0,025 mm), além dos arquivos de suporte das imagens, contendo os dados da orientação interior.

4.3.4.2 Geração do MDT (Modelo Digital de Terreno)

Para a geração dos MDT foram gerados planos cotados por perfilagem dos modelos estereofotogramétricos em um restituidor analítico, referenciados aos sistemas de coordenadas utilizadas para a geração das ortofotos, devidamente orientados de norte a sul.

Em que:

- para a elaboração da ortofoto na escala 1:10.000 gerou-se um plano cotado com pontos planialtimétricos, espaçados de 50 em 50 m, referenciados ao sistema Universal Transverso de Mercator-UTM, com rede de drenagem “breaklines”, sendo que, segundo a ESTEIO, os resíduos dos pontos observados foram inferiores a 0,50 m no terreno.
- para a elaboração da ortofoto na escala 1:2.000 gerou-se um plano cotado com pontos planialtimétricos, espaçados de 20 em 20 m, referenciados ao sistema Local Transverso de

Mercator - LTM, bem como a rede de drenagem “breaklines, sendo que, segundo a ESTEIO, os resíduos dos pontos observados foram inferiores a 0,20 m no terreno.

4.3.4.3 Retificação diferencial

Para a realização da retificação diferencial foi necessários utilizarem-se os seguintes arquivos:

- das imagens varridas (rasterizadas);
- de suporte das imagens, com os dados da orientação interior;
- arquivos com parâmetros de calibração da câmara;
- dos parâmetros ajustados da orientação exterior (orientação absoluta e relativa, $X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa$), (os resultados são apresentados no APÊNDICE (4)).
- com os pontos de apoio de campo;
- arquivos das malhas regulares de pontos planialtimétricos (MDT);

Dessa forma foram geradas duas ortofotos, sendo uma na escala 1:10.000 e outra, na escala 1:2.000, ambas com resolução de saída de 300 dpi e com tamanho de arquivos de 42 Mbytes cada.

Deve-se destacar que, segundo HELAVA ASSOCIATE INCORPORATED (1995), é possível definir previamente o tamanho do pixel em unidades no terreno para as ortofotos geradas na (DPW), o qual depende da escala e da resolução de saída das ortofotos geradas.

Para este trabalho, adotaram-se os seguintes GSD (Ground Sample Distance), cuja equação (02), para a unidade em metros, é:

$$\text{GSD}_{(m)} = [\text{denominador da escala da ortofoto}/(\text{resolução} \times 12)] \times 0,3048 \quad (4.1)$$

- para a ortofoto na escala 1:10.000

$$\text{GSD}_{1/10.000} = \left[\frac{10.000}{300 \times 12} \right] \times 0,3048 = 0,85 \text{ m/pixel}$$

- para a ortofoto na escala 1:2.000

$$\text{GSD}_{1/2.000} = \left[\frac{2.000}{300 \times 12} \right] \times 0,3048 = 0,17 \text{ m/pixel}$$

Esse procedimento possibilita uma escala exata das ortofotos, no momento da sua plotagem em um “plotter” ou impressora.

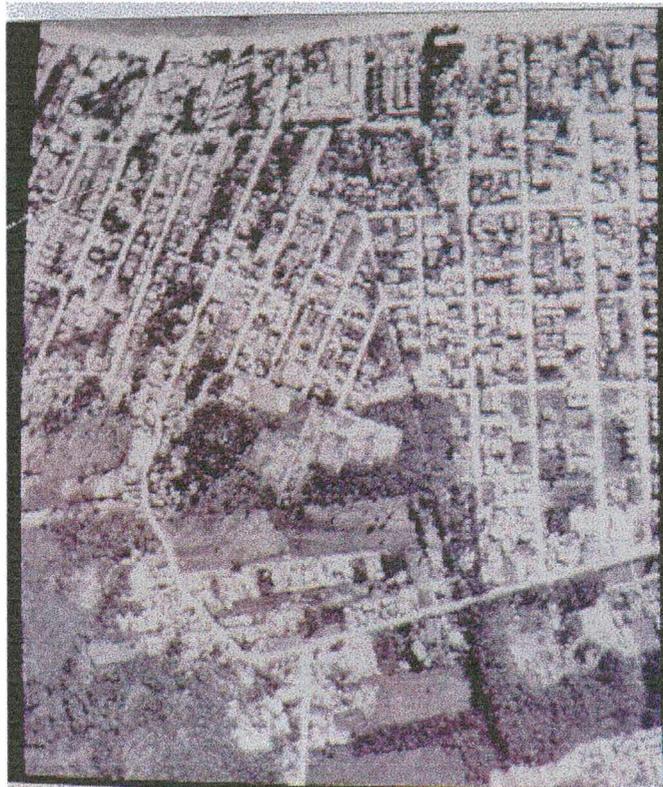
As FIGURAS 4.2 e 4.3 apresentam as duas ortofotos utilizadas neste trabalho, respectivamente para a área I e II.

FIGURA 4.2: Ortofoto digital da área I



Fonte: Foto obtida do vídeo

FIGURA 4.3: Ortofoto digital área II



Fonte: Foto de vídeo

4.3.5 Conversão analógico/digital

Como os documentos cartográficos escolhidos encontram-se em base poliéster e não em meio digital, verificou-se a necessidade de convertê-los, a fim de que a tarefa de atualização pudesse ser realizada em ambiente computacional.

Optou-se pela metodologia de varredura (rasterização) pelo fato de ser esse procedimento ser mais acurado e possibilitar, conforme os casos, maior rapidez, quando comparado ao processo de digitalização via mesa digitalizadora (FRANCISCO, 1993 e SCARIN & TEIXEIRA, 1994).

4.3.5.1 - Varredura (rasterização - obtenção das imagens “raster”)

Para a obtenção dos arquivos “raster” das bases cartográficas escolhidas, primeiramente fez-se um teste utilizando-se o “scanner”, “Full Scale Scanner - FSS5000”, fabricado pela empresa dinamarquesa Contex S.A., de propriedade da empresa ELETROSUL, que gentilmente permitiu sua utilização.

No processo de georreferenciamento, entretanto, percebeu-se que as imagens raster das bases cartográficas haviam sofrido distorções pontuais, de cerca de 5m na escala do terreno, no sentido de tracionamento do “scanner”; isso inviabilizou o seu uso para a finalidade proposta neste trabalho.

Dessa forma, houve a necessidade de ser realizada uma segunda varredura, agora utilizando-se de um “scanner” de tambor, o SGI da empresa Digitomapas, localizada no Estado de São Paulo, capital.

Para a varredura da folha na escala 1:10.000, o melhor limiar foi o de 160, com uma resolução de 200 dpi.

Para a varredura da base cartográfica na escala 1:2.000, o melhor limiar foi de 156, para uma resolução de 200 dpi.

No georreferenciamento obtiveram-se resultados aceitáveis, mas a resolução proporcionada por esse equipamento, 200 dpi, não conseguiu fornecer às linhas varridas uma representação mínima por três pixel. Ver diferença nas FIGURAS 4.4 e 4.5, prejudicando a qualidade e performance da vetorização).

FIGURA 4.4: Representação de linha com mais de três pixel e resolução de 500 dpi

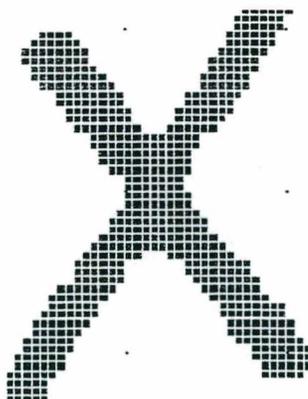
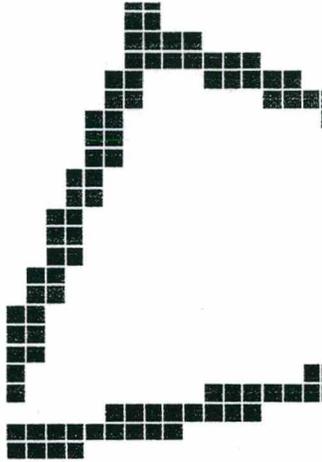


FIGURA 4.5: Representação de linha com menos de três pixel e resolução de 200 dpi



Assim, fez-se uma terceira varredura, agora utilizando-se “scanner” “EAGLE SLI 3840”, com tecnologia de sensor “Straight Line Imager SLI” e resolução de 400 dpi extensível até 800 dpi.

Varreram-se as duas bases cartográficas utilizadas nesse trabalho, com resolução de 500 dpi, produzindo pixels de 0,0508x0,0508 mm, com arquivos de 1,2 Mbytes em extensão .TIFF (“Tagged imaged file format”).

4.3.5.2 Conversão “raster/vector”

Para manipular as imagens das bases cartográficas varridas, utilizou-se o I/RAS B, que, segundo INTERGRAPH (1994), “é um “software” de edição raster que fornece todas as ferramentas necessárias para importar dados “raster” a partir do “scanner”, além de permitir editar, desenhar e criar novos dados “raster”.”

Dessa forma os arquivos gerados pelo processo de varredura das bases cartográficas, nesse caso com extensão .TIFF, foram convertidos em formato nativo .CIT - Grupo 4 (formato de compressão de imagens bidimensionais), no I/RAS B para serem manuseadas de forma mais rápida e diminuir o tamanho do arquivo.

4.3.5.3 Edição dos dados raster

Para serem vetorizadas as imagens necessitam passar por um pré-tratamento para facilitar o processo de vetorização. Para isso o I/RAS B fornece ferramentas que permitem copiar, apagar e modificar arquivos “raster”, dentre os quais pode-se destacar os comandos “holes” - “smooth” - “speckle” entre várias outras opções.

Neste trabalho utilizou-se comando “smooth”, para preencher pequenas falhas e remover pixel extras nas imagens “raster”.

4.3.5.4 Georreferenciamento das imagens

Para georreferenciar as imagens raster das bases cartográficas, utilizou-se do comando “warp” no I/RAS B, que possibilita a utilização de modelos matemáticos de transformações espaciais, tais como o de “HELMERT”, “AFIM” e “PROJETIVA”.

Foram testados os modelos:

- “HELMERT” que, segundo a INTERGRAPH (1994), “*corrige rotação, translação e escala em X e Y*”, e
- “AFIM” que, segundo LUGNANI (1984), “*corrige rotação, translação, escala e a não ortogonalidade entre os eixos*”.

Feita a edição e o georreferenciamento das imagens a serem vetorizadas, passou-se para a etapa de seleção de feições a serem digitalizadas, utilizando-se para isso da tabela de feições do MicroStation.

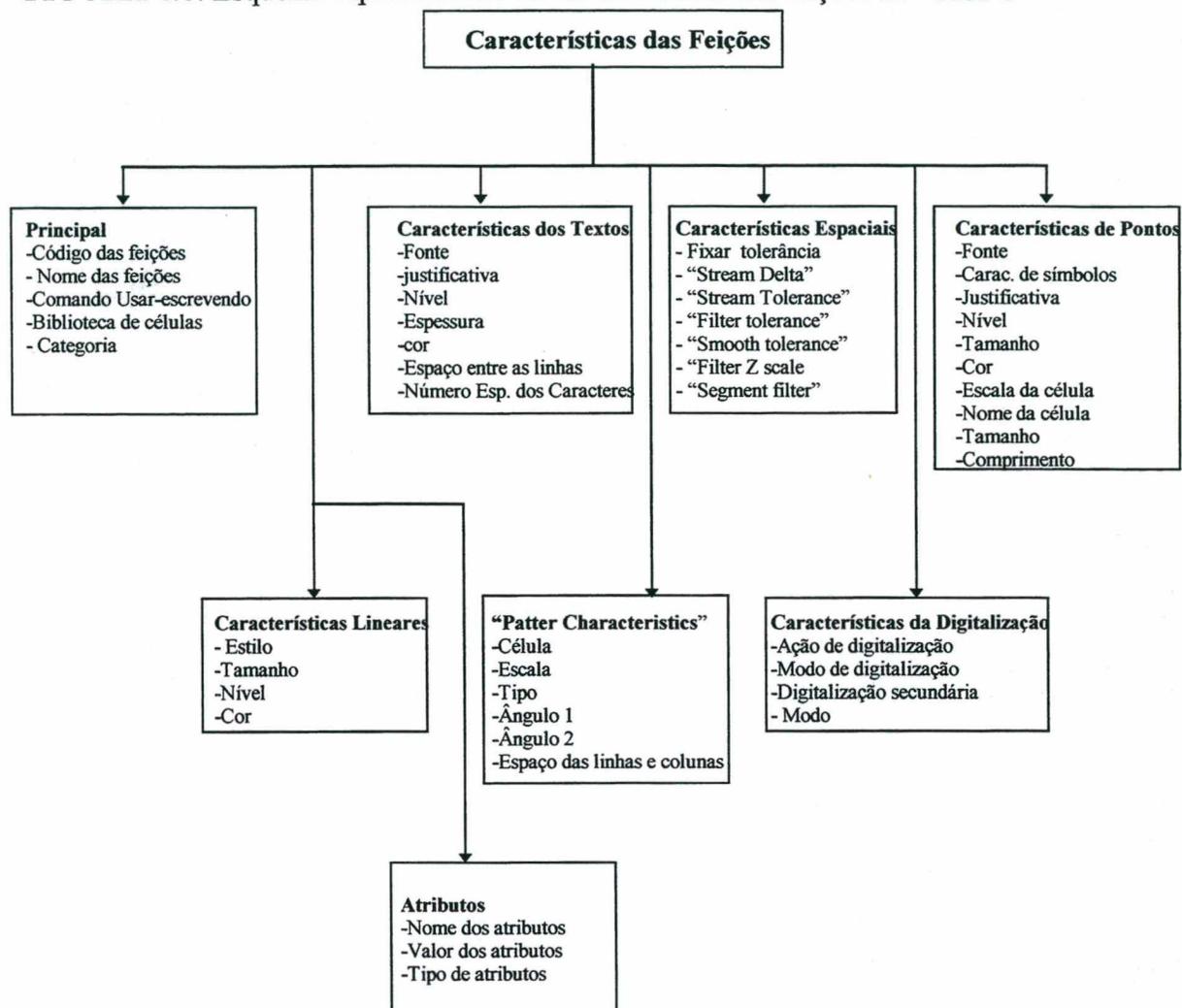
4.3.5.5 Definição e seleção de categorias e feições

Para isso utilizou-se a ferramenta “MicroStation Feature Collection (MSFC)”, que permite criar categorias e feições a serem vetorizadas, conforme a necessidade do usuário, podendo ser posteriormente interrelacionada a um banco de dados.

A interrelação poderá ser feita utilizando-se um Sistema de Informação Geográfica (SIG), por exemplo, o MGE.

Através do “MSFC Feature Table”, armazenam-se e ordenam-se os nomes das feições cartográficas e características assinaladas a uma feição, conforme esquema apresentado na (FIGURA 4.6).

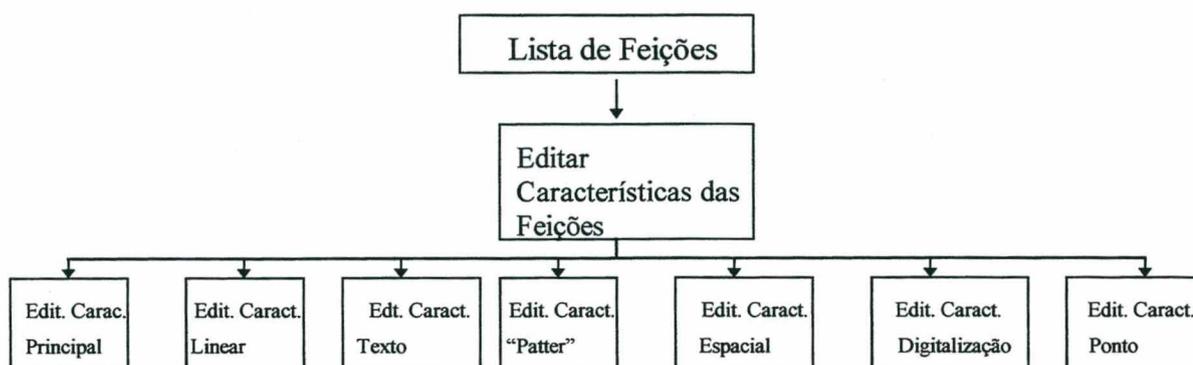
FIGURA 4.6: Esquema representando as características das feições no “MSFC”



Fonte: (INTERGRAPH, 1994)

Para interfacear a tabela de feições MSFC utiliza-se do “Feature Table Editor” que, possibilita definir a simbologia (nível, cor, peso, tamanho, fonte, etc.) dos elementos que o MSFC coloca no desenho, apresentando as seguintes características (FIGURA 4.7).

FIGURA 4.7: Esquema da caixa de dialogo do Editor de Feições do MSFC



Fonte: (INTERGRAPH, 1994)

No APÊNDICE (5) são apresentadas as categorias, os elementos e as simbologias especificadas na vetorização das bases cartográficas vetorizadas neste trabalho.

4.3.5.6 Vetorização

A vetorização das feições foram realizadas utilizando-se o I/GEOVEC.

Deve-se ressaltar que uma boa definição prévia dos procedimentos de vetorização, facilita sobremaneira a edição dos dados.

Neste trabalho foram adotados os seguintes procedimentos:

- em interseções (direção e controle): quando o processo de vetorização encontrar uma interseção, deve parar (comando “**Stop**”), para que o operador possa intervir, direcionando, com o “mouse”, a direção seguinte; em seguida, o processo automático continua.

Quando for encontrada uma interseção de uma linha vector já existente, com uma linha “raster” que esteja sendo digitalizada, a opção é conectar a feição que esteja sendo criada a um vértice já existente, sem criar um nó (função “**Snap**”).

Esse procedimento criará duas feições lineares que se interseccionarão em um vértice.

- conexão(“Gap”): esse comando permite que o I/GEOVEC reconheça linhas descontínuas ou falhadas em um arquivo “raster”, definindo-se a distância e o ângulo a ser pesquisado para que pixel isolados possam ser reconhecidos como componentes da linha “raster”.

Neste trabalho mediu-se a distância entre algumas das falhas existentes entre as linhas raster, adotando-se a maior distância encontrada, e consideraram-se pixels com até 45°.

- “smooth e filter”: a utilização desses comandos reduz os vértices e suaviza os ângulos dos mesmos, criados no processo de vetorização.

Segundo INTERGRAPH (1994), “*um bom valor para a tolerância do “filter”, é 1/3 da largura da linha “raster” (em unidade principal do desenho - metro), devendo ser levado em consideração o padrão de exatidão cartográfica*”.

Neste trabalho foram definidos os seguintes valores para “smooth” e “filter”:

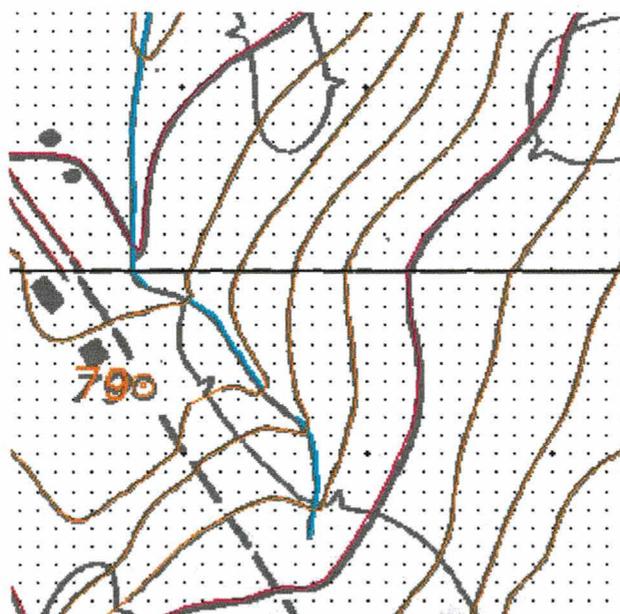
⇒ para a vetorização da imagem na escala 1:10.000, utilizou-se 1 m para “smooth” e “filter”;

⇒ para a vetorização da imagem na escala 1:2.000, utilizou-se 0.25 m para “smooth” e “filter”.

- separação “raster” (“raster separation”): essa opção foi utilizada para apagar a imagem “raster” que iria sendo vetorizada, com o intuito de facilitar o trabalho diminuindo a quantidade de informações apresentadas no vídeo.

A FIGURA 4.8 apresenta uma parte do arquivo raster da área I, já vetorizado

FIGURA 4.8: Representação de parte do arquivo “raster”, já vetorizado (área I)



Fonte: Visor do I/RAS B

Como já mencionado anteriormente, para a tarefa de vetorização das feições, utilizou-se o I/GEOVEC, um “software” que permite vetorizar imagens “raster” binárias, pelo modo semi-automático, utilizando-se a imagem “raster” como “back-ground” (pano de fundo).

Para vetorizar os arruamentos, as curvas de nível e rede de drenagem, escolheu-se basicamente a função “Trace Line String”.

Na vetorização das curvas de nível, o “MicroStation Feature Collection” (MSFC) possui um comando (“**Tagging contours**”), que permite determinar o valor da elevação e do intervalo das curvas de nível, possibilitando ao usuário aumentar ou diminuir este valor conforme o andamento da vetorização.

Na vetorização dos textos, utilizou-se a rotina “**Interactive Text Replacement (ITR)**”, que possibilita digitalizar manualmente textos com a opção de separação “raster”.

Na vetorização das construções, utilizou-se o comando “**Trace Shape**” ou “**Place orthogonal Shape**”.

Na vetorização dos postes de luz e pontos cotados utilizou-se o comando “**Place Cell**” e “**Interactive Cell Replacement**”

4.3.6 Avaliação do arquivo vetorial convertido

Após a conversão “raster/vector” das bases cartográficas envolvidas neste trabalho, procurou-se avaliá-las.

Para isso foram plotados os arquivos vetoriais correspondentes, para que pudessem ser comparados com os originais existentes em uma mesa de luz.

4.3.7 Atualização das bases cartográficas convertidas

Feita a conversão “raster/vector”, para se ter as bases cartográficas em formato digital, conforme já mencionado, e de posse das ortofotos digitais, passou-se para a etapa de atualização propriamente dita.

Essa etapa consiste em:

- georreferenciar a ortofoto digital a ser utilizada, como suporte para a atualização;
- apagar as feições não mais existentes;
- adicionar as novas feições, valendo-se da técnica de vetorização manual sobre a ortofoto digital;
- editar a base cartográfica atualizada.

4.3.7.1 Georreferenciamento das ortofotos digitais

Para georreferenciar as ortofotos digitais, utilizou-se o “software” I/RAS C, que segundo INTERGRAPH (1994), “*é uma ferramenta para importar, visualizar, manipular e plotar imagens “raster” em tons contínuos, isto é, em níveis de cinza*”.

Através do comando “**warp**”, foi possível transformar coordenadas da imagem, em coordenadas do desenho, valendo-se de modelos matemáticos, tais como Helmert, Afim, Projetiva e Polinomiais.

Para este trabalho, a aplicação do modelo afim com quatro pontos de controle, mostrou-se bastante adequado.

4.3.7.2 Adição de novas feições (vetorização manual “on-screen”)

Das categorias e feições já otimizadas na etapa de conversão “raster/vector”, utilizando-se o “MSFC Feature Table” passou-se a vetorizar as novas feições interpretadas e identificadas na ortofoto digital.

Pode-se dizer que essa etapa é uma das mais lentas em todo o processo, já que a mesma exige uma interpretação e identificação correta das feições a serem vetorizadas sobre a ortofoto, bem como cuidados extras relativos às ligações e conexões a serem feitas com as feições já existentes, a fim de se evitar uma deterioração na acurácia do produto.

4.3.7.3 Edição das bases cartográficas atualizadas

O processo de edição é uma outra etapa bastante demorada, seu grau de dificuldade torna-se maior ou menor, conforme os cuidados que foram adotados nas etapas anteriores.

Nessa etapa é utilizada uma série de funções e comandos disponíveis em todos os “softwares” utilizados e mencionados anteriormente.

Vale lembrar que o I/GEOVEC, o I/RAS C, o I/RAS B podem ser manipulados conjuntamente, utilizando-se como plataforma gráfica o MicroStation.

CAPÍTULO 5

5 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E ANÁLISES

Nessa parte do trabalho serão apresentados os resultados obtidos em cada etapa, procurando fazer uma análise quanto aos seguintes aspectos:

- técnicos, procurando medir quantitativamente a acurácia obtida nas etapas desenvolvidas;
- econômicos, procurando avaliar os custos envolvidos no processo, considerando, por exemplo, os “softwares” e “hardwares”, as horas trabalhadas nas etapas e mão-de-obra envolvida.
- operacionais, procurando apresentar as facilidades e dificuldades encontradas no desenvolvimento desse trabalho.

5.1 Avaliação técnica das etapas

5.1.1 Acurácia dos pontos de apoio levantados em campo

Levantou-se um total de 36 pontos GPS, sendo que 7 (sete) deles compõem a poligonal, 15 (quinze) são pontos levantados na área I, ou em seu entorno, e 14 (quatorze) pontos, foram levantados na área II, ou em seu entorno.

➔ Poligonal

Na TABELA 5.1 são apresentados os resultados pós-processados dos vetores que compõem a poligonal .

TABELA 5.1: Resultados do pós-processamento dos vetores da poligonal.

VETORES	RMS (m)	“Ration”	Distâncias (m)	“Solution”
SAT5 - UFSC	0.0096	100	9110.619	“Fixed”
UFSC - STAN	0.0104	100	11309.492	“Fixed”
STAN - VGAN	0.0066	100	8389.362	“Fixed”
VGAN - RIOV	0.0089	100	5032.940	“Fixed”
RIOV - BARL	0.0081	100	10730.291	“Fixed”
BARL - JOAQ	0.0091	100	5549.374	“Fixed”
JOAQ - SAT5	0.0087	100	13214.532	“Fixed”

Fonte: “software” FILLNET 3.0

A partir dos resultados obtidos com o pós-processamento, pode-se dizer que:

- a utilização do método das “fixed double difference solution” permite que os valores fixados para a ambigüidade sejam todos resolvidos.

- o fato de suas “Ration” terem sido maiores que 95%, bem como os valores dos RMS (erro médio quadrático) obtidos serem relativamente pequenos ≤ 1 cm, pode ser um indício de que os vetores foram bem determinados (TOPCON GPPS - MANUAL).

Para se fazer uma melhor avaliação da poligonal levantada, entretanto, deve-se verificar os resultados do fechamento relativo entre os vetores individualmente e do fechamento absoluto da poligonal, obtido pela soma dos DX, DY, DZ dos respectivos vetores.

A TABELA 5.2 apresenta os valores de fechamento relativo planialtimétrico dos vetores da poligonal.

TABELA 5.2: Fechamento relativo planialtimétrico da poligonal

VETORES	Distância (m)	acurácia horizontal (ppm*)	Erro relativo	acurácia vertical (ppm*)	Erro relativo
SAT5-UFSC	9110.619	1.6	1:644215	1.1	1:911062
UFSC-STAN	11309.492	1.4	1:694734	1.1	1:942458
STAN-VGAN	8389.362	1.6	1:623572	1.2	1:838936
VGAN-RIOV	5032.940	1.8	1:545896	1.4	1:718991
RIOV-BARL	10730.291	1.5	1:659155	1.1	1:894191
BARL-JOAQ	5549.374	1.9	1:521921	1.4	1:693672
JOAQ-SAT5	13214.532	1.4	1:718735	1.0	1:1016502

* ppm (partes por milhões)

Na TABELA 5.3 são apresentados os valores de fechamento absoluto da poligonal, através da soma dos DX, DY e DZ dos respectivos vetores.

TABELA 5.3: Seções da poligonal e seus DX, DY, DZ

SEÇÕES	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
SAT5 - UFSC	5858,239	293,994	6971,218
UFSC - STAN	3718,791	-3712,603	10014,572
STAN - VGAN	6165,318	1735,738	5418,246
VGAN - RIOV	1890,153	3658,574	-2893,552
RIOV - BARL	-4220,850	2859,283	-9441,832
BARL - JOAQ	-2676,936	786,298	-4797,013
JOAQ - SAT5	-10734,724	-5621,314	-5271,680
Σ	-0,009	-0,031	-0,041

Segundo o IBGE (1996), o erro padrão relativo de fechamento entre duas estações após o ajustamento, para levantamentos de alta precisão, deve ser de 1/100.000.

Comparando-se os valores apresentados na TABELA 5.2, nota-se que todos os vetores componentes da poligonal atendem folgadoamente a essa exigência, o que era de se esperar, já que a poligonal fora fixada em um ponto de satélite (SAT-SC 15).

Quanto ao erro absoluto tem-se:

- Para a Planimetria

O erro de fechamento absoluto planimétrico da poligonal, antes de ser ajustada, é dado pela equação (5.1).

$$\varepsilon_h' = \sqrt{(\sum \Delta X)^2 + (\sum \Delta Y)^2} \quad (5.1)$$

Considerando os valores obtidos na TABELA 5.3, tem-se:

$$\varepsilon_h' = \pm 0,0323 \text{ m}$$

Segundo o IBGE (1996), o erro de fechamento em coordenadas planimétricas (ε_h), é dado pela equação (5.2):

$$\varepsilon_h = 0.04 \text{ m} \times \sqrt{L} \quad (5.2)$$

onde L = comprimento da poligonal em km.

Logo:

$$\varepsilon_h = 0.32 \text{ m}$$

Comparando-se ε_h e ε_h' , nota-se que $\varepsilon_h > \varepsilon_h'$, portanto atendendo a essa exigência.

- Altimetria

Da TABELA 5.3, extrai-se que o erro absoluto altimétrico é:

$$\varepsilon_v' = -0,041 \text{ m}$$

Segundo a Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), o erro de fechamento vertical para poligonais de primeira ordem é dado pela Equação (5.3):

$$\varepsilon_v = 0,005 \text{ m} \times \sqrt{[D^2]} \quad (5.3)$$

Onde: D^2 é o somatório dos quadrados dos lados da poligonal considerados em quilômetros.

Logo,

$$\varepsilon_v = 0,005 \text{ m} \times 25,04353051 \Rightarrow \boxed{\varepsilon_v = 0,12522 \text{ m}}$$

Comparando-se $|\varepsilon_v|$ e $|\varepsilon'_v|$, nota-se que $|\varepsilon_v| > |\varepsilon'_v|$, satisfaz à exigência imposta; logo, pode ser utilizada no desenvolvimento deste trabalho.

➔ Pontos irradiados

Para avaliar os pontos irradiados de pontos da poligonal, são apresentadas as tabelas que procuram mostrar os RMS, as “Ration”, as distâncias e o tipo de solução fixada no pós-processamentos dos vetores, como na TABELA 5.4, em que são apresentados os pontos obtidos por irradiação na área I.

TABELA 5.4: Vetores dos pontos irradiados para a área I, e seus respectivos RMS, “Ration”, distâncias e “solution”.

VETORES	RMS	“Ration”	Distâncias (m)	“Solution”
SAT5 - BMAR	0.0085	100	10756.895	“Fixed”
SAT5 - CARV	0.0083	100	8386.027	“Fixed”
SAT5 - COST	0.0121	100	6397.801	“Fixed”
SAT5 - MORR	0.0086	100	7423.767	“Fixed”
SAT5 - SERR	0.0083	100	9312.793	“Fixed”
SAT5 - PART	0.0097	100	8896.175	“Fixed”
UFSC - MURO	0.0052	100	1972.605	“Fixed”
UFSC - CETR	0.0068	99.7	3408.570	“Fixed”
UFSC - ELUZ	0.0094	99.8	2853.612	“Fixed”
UFSC - PTCG	0.0056	100	1833.230	“Fixed”
UFSC - ITAC1	0.0087	100	3394.047	“Fixed”
UFSC - PTSM	0.0067	100	2352.621	“Fixed”
UFSC - TRDE	0.0053	100	2130.817	“Fixed”
UFSC - PART	0.0070	100	1455.150	“Fixed”
UFSC - ITAC2	0.0074	100	3404.064	“Fixed”

Na TABELA 5.5, são apresentados as RMS, as “Ration”, as distâncias e as “solution” dos vetores irradiados para a Área II.

TABELA 5.5: Vetores dos pontos irradiados para a área II, e seus respectivos RMS, “Ration”, distâncias e “solution”.

VETORES	RMS	“Ration”	Distâncias (m)	Solution
STAN - CAN14	0.0082	100	9509.252	“Fixed”
VGAN - CAN1	0.0087	99.6	1758.211	“Fixed”
VGAN - CAN2	0.0043	100	799.600	“Fixed”
VGAN - CAN3	0.0089	99.8	1486.617	“Fixed”
VGAN - CAN4	0.0048	100	1609.453	“Fixed”
VGAN - CAN5	0.0040	100	1789.080	“Fixed”
VGAN - CAN6	0.0048	100	2028.079	“Fixed”
VGAN - CAN7	0.0064	100	2033.197	“Fixed”
VGAN - CAN8	0.0074	100	2271.463	“Fixed”
VGAN - CAN9	0.0046	100	2517.630	“Fixed”
VGAN - CAN10	0.0043	100	2292.004	“Fixed”
VGAN - CAN11	0.0050	100	2022.506	“Fixed”
VGAN - CAN12	0.0097	99.8	1584.240	“Fixed”
VGAN - CAN13	0.0050	100	2829.592	“Fixed”

Desses resultados pode-se inferir que os vetores dos pontos irradiados foram bem determinados.

Como não houve fechamento de figuras, não foi possível ajustá-los; portanto, a avaliação restringe-se apenas a analisar os resultados pós-processados.

5.1.2 Resultados da poligonal ajustada e dos pontos irradiados

Para realizar o ajustamento da poligonal foram fixados os pontos (SAT-SC-15 \Leftrightarrow SAT5), com coordenadas planialtimétricas conhecidas e fornecidas pelo IBGE, e o ponto (VGAN), com apenas a cota altimétrica conhecida, cota essa obtida por um lance de nivelamento geométrico, realizado a partir da RN 2006 F do IBGE.

Justifica-se a necessidade de se realizar esse transporte de cota, em função de nos dias da realização do presente trabalho, estar-se iniciando a obra de construção do viaduto de acesso às praias dos Ingleses, Norte da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, que acabaria, dias depois, destruindo a referida RN. Esse transporte foi realizado pela própria empresa responsável pela obra e acompanhada pelo autor deste trabalho. Era realizado nivelamento e contra-nivelamento de uma distância de 1.345 m, com diferença entre ambos igual a 0,0023 m

Os valores das coordenadas geográficas da poligonal, referenciadas ao sistema geodésico WGS-84 e seus respectivos desvios padrões, são mostradas na TABELA 5.6.

TABELA 5.6: Coordenadas geográficas, altitude geométrica (h) e desvios padrões dos pontos da poligonal no sistema WGS-84

Estações	LATITUDE	LONGITUDE	ELEV h(m)	σ (LAT.)	σ (LONG.)	σ (ELEV.)
1 SAT5	-27° 40' 33".32657	-48° 33' 54".79225	3.218	0.000	0.000	0.000
2 UFSC	-27° 36' 17".56420	-48° 31' 07".53344	9.869	0.010	0.010	0.010
3 STAN	-27° 30' 10".30336	-48° 30' 55".62378	27.057	0.013	0.014	0.014
4 VGAN	-27° 26' 52".36274	-48° 27' 25".56238	-0.403	0.014	0.015	0.015
5 RIOV	-27° 28' 38".00047	-48° 25' 05".65328	17.702	0.014	0.015	0.015
6 BARL	-27° 34' 24".18782	-48° 25' 51".57297	0.358	0.013	0.014	0.014
7 JOAQ	-27° 37' 17".87865	-48° 26' 45".58983	127.322	0.013	0.013	0.013

As TABELAS 5.7 e 5.8 a seguir mostram as coordenadas geográficas e as respectivas altitudes geométricas dos pontos irradiados para as áreas I e II respectivamente.

TABELA 5.7: Coordenadas geográficas e altitude geométrica (h) dos pontos irradiados para a área I, no sistema WGS-84.

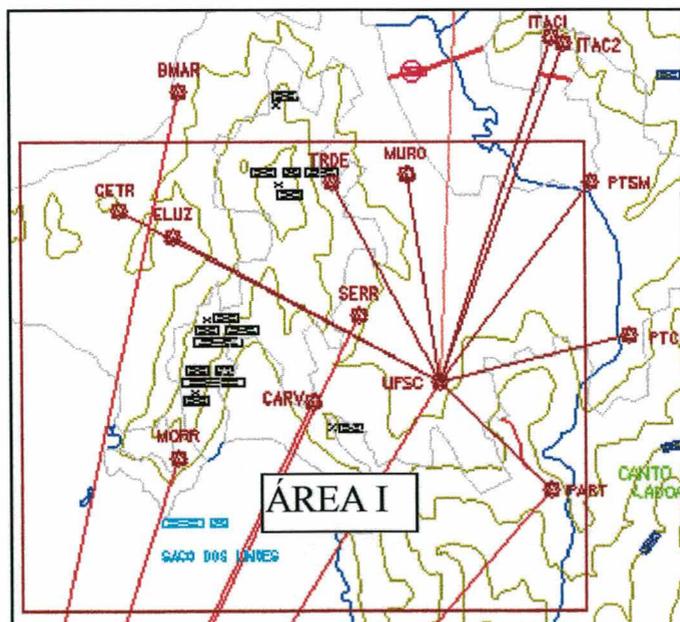
Estações	LATITUDE	LONGITUDE	ELEV. h (m)
1 BMAR	-27° 34' 50".52802	-48° 32' 38".55160	0.480
2 CARV	-27° 36' 24".38781	-48° 31' 50".51803	47.609
3 COST	-27° 37' 55".34885	-48° 31' 23".11128	7.579
4 MORR	-27° 36' 42".47704	-48° 32' 36".42467	57.314
5 SERR	-27° 35' 57".45692	-48° 31' 35".33122	49.329
6 PART	-27° 36' 49".86063	-48° 30' 29".04864	134.450
7 UFSC	-27° 36' 17".56420	-48° 31' 7".53344	9.869
8 MURO	-27° 35' 14".39872	-48° 31' 19".66505	0.050
9 CETR	-27° 35' 27".23152	-48° 32' 58".24517	14.566
10 ELUZ	-27° 35' 34".79161	-48° 32' 39".85392	7.094
11 PTCG	-27° 36' 2".14700	-48° 30' 2".96064	6.117
12 ITAC1	-27° 34' 33".37844	-48° 30' 27".01561	7.249
13 PTSM	-27° 35' 15".69179	-48° 30' 17".17050	2.447
14 TRDE	-27° 35' 17".11883	-48° 31' 45".31419	80.724
15 PART	-27° 36' 49".86076	-48° 30' 29".04888	134.421
16 ITAC2	-27° 34' 31".70737	-48° 30' 31".61577	8.622

TABELAS 5.8: Coordenadas geográficas e altitude geométrica (h) dos pontos irradiados para a área II, no sistema WGS-84.

Estações.	LATITUDE	LONGITUDE	ELEV. h(m)
1 VGAN	-27° 26' 52".36274	-48° 27' 25".56238	-0.403
2 CAN1	-27° 26' 39".00201	-48° 28' 27".81157	0.744
3 CAN2	-27° 26' 34".15206	-48° 27' 46".32693	1.601
4 CAN3	-27° 26' 10".44200	-48° 27' 52".44497	2.633
5 CAN4	-27° 26' 1".80868	-48° 27' 40".52814	2.331
6 CAN5	-27° 25' 57".15717	-48° 27' 45".94378	2.310
7 CAN6	-27° 25' 51".95882	-48° 27' 55".05899	1.995
8 CAN7	-27° 25' 48".01904	-48° 27' 42".30148	2.611
9 CAN8	-27° 25' 40".43363	-48° 27' 44".04396	2.049
10 CAN9	-27° 25' 39".18800	-48° 28' 6".52078	2.283
11 CAN10	-27° 25' 48".00289	-48° 28' 7".53583	2.555
12 CAN11	-27° 25' 56".40179	-48° 28' 4".15756	3.989
13 CAN12	-27° 26' 9".66053	-48° 27' 57".76510	7.844
14 CAN13	-27° 25' 39".25111	-48° 28' 28".01954	-0.387
15 CAN14	-27° 25' 49".73971	-48° 27' 49".55606	2.307

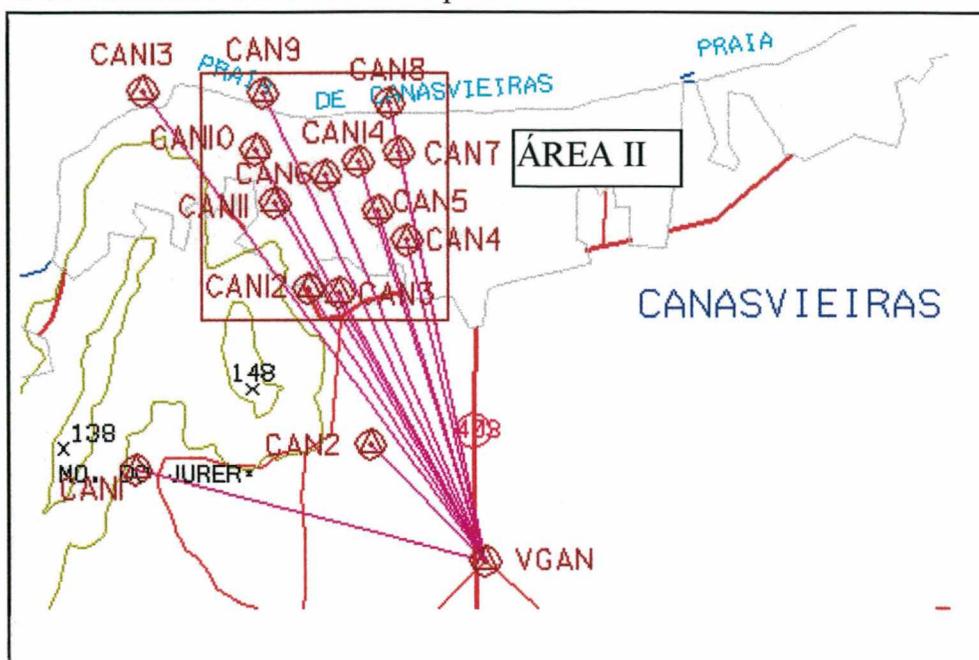
As FIGURAS 5.1 e 5.2 representam os pontos irradiados para as áreas I e II, respectivamente:

FIGURA 5.1: Pontos irradiados para a área I



Fonte: Visor do MicroStation

FIGURA 5.2: Pontos irradiados para a área II



Fonte: Visor do MicroStation

5.1.3 Coordenadas ajustadas e transformadas

De posse das coordenadas geográficas ajustadas em WGS-84, passou-se para a etapa de conversão das mesmas, para o sistema geodésico empregado no Brasil, que é o SAD-69 e, também, sua transformação para o sistema de projeção utilizado pelas bases cartográficas.

Para realizar essa tarefa, utilizaram-se de dois “softwares” que permitem a transformação tridimensional das coordenadas de WGS-84 para SAD-69 e de coordenadas geográficas para coordenadas planas de interesse (UTM), a fim de comparar os seus resultados.

Uma das transformações foi realizada utilizando-se o “software” TCD, elaborado pelo Prof. Maurício Galo, da Universidade Estadual Paulista de Presidente Prudente - SP (UNESP).

A outra transformação foi realizada junto à empresa ELETROSUL, utilizando-se o “software” que acompanha os equipamentos GPS por ela adquirido.

Confrontando ambos os resultados, pode-se dizer que não houve grandes diferenças entre eles.

Deve-se ressaltar que, para calcular as cotas altimétricas (H), não se utilizou o mapa geoidal fornecido pelo IBGE; portanto, a altimetria possui um erro referente a não consideração da ondulação geoidal (N).

Como a precisão absoluta altimétrica da poligonal foi inferior a 1cm/km, entretanto, entende-se que essa altimetria possa ser utilizada para os propósitos deste trabalho. Maiores detalhes sobre essa questão ver PESSOA (1996 pg. 36 e 37).

Nas TABELAS 5.9, 5.10, 5.11, 5.12 e 5.13 são apresentadas as coordenadas geográficas (latitude e longitude) planas (E e N) e altitude ortométrica (H) já ajustadas e referenciadas ao Sistema Geodésico SAD-69, dos pontos da poligonal e dos pontos irradiados para ambas as áreas.

TABELA 5.9: Coordenadas geográficas, UTM e altitude ortométrica (H) dos pontos da poligonal (SAD-69)

NOME..	LATITUDE	LONGITUDE	E (m)	N (m)	H (m)
SAT5	-27°40'31".51707	-48°33'53".06839	740196.6802	6936369.6112	4.5459
UFSC	-27°36'15".75508	-48°31'05".81211	744939.1233	6944152.0782	11.3000
STAN	-27°30'08".49564	-48°30'53".90430	745492.6822	6955451.8321	28.5894
VGAN	-27°26'50".55508	-48°27'23".84548	751384.0204	6961428.7372	1.2254
RIOV	-27°28'36".19194	-48°25'03".93711	755159.0863	6958097.2548	19.3303
BARL	-27°34'22".37823	-48°25'49".85493	753677.2049	6947465.4842	1.8835
JOAQ	-27°37'16".06865	-48°26'43".87058	752084.7887	6942148.8205	128.7897

TABELA 5.10: Coordenadas geográficas, UTM e altitude ortométrica (H), obtidas a partir do ponto SAT5, área I.

NOME	LATITUDE	LONGITUDE	E (m)	N (m)	H(m)
SAT5	-27°40'31".51706	-48°33'53".06839	740196.6802	6936369.6112	4.546
BMAR	-27°34'48".71956	-48°32'36".83006	742496.1297	6946881.3724	1.9159
CARV	-27°36'22".57896	-48°31'48".79646	743756.0466	6943965.6118	49.0293
COST	-27°37'53".53958	-48°31'21".38958	744451.5190	6941150.2632	8.9803
MORR	-27°36'40".66818	-48°32'34".70261	742485.9952	6943433.8228	58.7201
SERR	-27°35'55".64804	-48°31'33".60981	744189.1369	6944786.3625	50.7597
PART	-27°36'48".05145	-48°30'27".32780	745974.5319	6943136.5491	135.880

TABELA 5.11: Coordenadas geográficas, UTM e altitude ortométrica (H), obtidas a partir dos pontos UFSC, área I

NOME	LATITUDE	LONGITUDE	E (m)	N (m)	H (m)
UFSC	-27°36'15".75482	-48°31'05".81194	744939.1233	6944152.0782	11.300
PTCG	-27°36'00".33783	-48°30'01".24008	746719.6713	6944591.0151	7.5651
MURO	-27°35'12".58987	-48°31'17".94399	744645.3855	6946103.3378	1.4955
CETR	-27°35'25".42305	-48°32'56".52328	741933.525	6945762.1565	15.988
ELUZ	-27°35'32".98302	-48°32'38".13240	742433.348	6945519.4090	8.5177
ITAC1	-27°34'31".56990	-48°30'25".29533	746115.0074	6947337.1411	8.7162
PTSM	-27°35'13".88283	-48°30'15".45010	746358.8031	6946029.0576	3.9048
TRDE	-27°35'15".31013	-48°31'43".59295	743940.1553	6946033.6629	82.1635
PART	-27°36'48".05145	-48°30'27".32792	745974.5266	6943136.5492	135.8510
ITAC2	-27°34'29".89861	-48°30'29".89540	745989.8474	6947391.1338	10.0887

TABELAS 5.12: Coordenadas geográficas, UTM e altitude ortométrica (H), obtidas a partir do ponto VGAN, área II

Estações	LATITUDE	LONGITUDE	E (m)	N (m)	H (m)
VGAN	-27°26'50".55508	-48°27'23".84548	751384.0204	6961428.7372	1.2254
CAN1	-27°26'37".19456	-48°28'26".09436	749682.6886	6961874.9405	2.3634
CAN2	-27°26'32".34444	-48°27'44".61010	750825.1615	6962001.0381	3.2301
CAN3	-27°26'08".63457	-48 27'50".72811	750672.0162	6962734.3999	4.2673
CAN4	-27°26'00".00126	-48°27'38".81138	751004.7810	6962993.4983	3.9700
CAN5	-27°25'55".34969	-48°27'44".22707	750858.9401	6963139.7409	3.9492
CAN6	-27°25'50".15144	-48°27'53".34217	750611.8152	6963304.8849	3.6337
CAN7	-27°25'46".21159	-48°27'40".58487	750964.7374	6963419.0229	4.2534
CAN8	-27°25'38".62633	-48°27'42".32723	750921.6431	6963653.5162	3.6901
CAN9	-27°25'37".38075	-48 28'04".80400	750304.9720	6963704.4584	3.9229
CAN10	-27°25'46".19545	-48°28'05".81886	750271.5702	6963433.6547	4.1923
CAN11	-27°25'54".59456	-48°28'02".44068	750359.0977	6963173.1934	5.6247
CAN12	-27°26'07".85305	-48°27'56".04813	750526.3754	6962761.4384	9.4774
CAN13	-27°25'37".44392	-48°28'26".30241	749714.3580	6963714.5300	1.2485
CAN14	-27°25'47".92998	-48°27'47".83651	750764.4471	6963370.1839	3.7855

TABELA 5.13: Coordenadas geográficas, LTM e altitude geométrica (H), para a área II

Estações	LATITUDE.	LONGITUDE	E (m)	N (m)	H (m)	Conv. Meridiana
CAN1	-27°26'37".19456	-48°28'26".09436	202578.812	1963212.894	1.2254	-0.0043279
CAN2	-27°26'32".34444	-48°27'44".61010	203718.088	1963361.892	2.3634	-0.0102395
CAN3	-27°26'08".63457	-48°27'50".72811	203550.285	1964091.747	3.2301	-0.0059562
CAN4	-27°26'00".00126	-48°27'38".81138	203877.646	1964357.037	4.2673	-0.0105048
CAN5	-27°25'55".34969	-48°27'44".22707	203728.952	1964500.611	3.9700	-0.0102550
CAN6	-27°25'50".15144	-48°27'53".34217	203478.654	1964660.689	3.9492	-0.0058348
CAN7	-27°25'46".21159	-48°27'40".58487	203829.071	1964781.856	3.6337	-0.0104223
CAN8	-27°25'38".62633	-48°27'42".32723	203781.288	1965015.350	3.6901	-0.0103415
CAN9	-27°25'37".38075	-48°28'04".80400	203163.956	1965053.864	3.9131	-0.0053061
CAN10	-27°25'46".19545	-48°28'05".81886	203136.013	1964782.549	3.9229	-0.0052598
CAN11	-27°25'54".59456	-48°28'02".44068	203228.728	1964523.995	4.1923	-0.0054159
CAN12	-27°26'07".85305	-48°27'56".04813	203404.184	1964115.844	5.6247	-0.0057111
CAN13	-27°25'37".44392	-48°28'26".30241	202573.484	1965052.057	9.4774	-0.0043159
CAN14	-27°25'47".92998	-48°27'47".83651	203629.887	1964729.023	1.2485	-0.0100883

5.1.4 Avaliação das bases cartográficas utilizadas

Para avaliar as bases existentes, utilizou-se a metodologia apresentada no capítulo dois deste trabalho, obtendo-se os seguintes resultados:

➔ Para a Área I

A avaliação ficou restrita apenas em determinar sua acurácia, isto é, em procurar estimar estatisticamente o afastamento das coordenadas retiradas da carta, comparando-as com coordenadas determinadas no terreno, referenciadas ao Sistema Geodésico utilizado na carta.

• Acurácia planimétrica

Na TABELA 5.14 são apresentados os valores das coordenadas planimétricas lidas sobre a base cartográfica e seus correspondentes no terreno, bem como suas diferenças e respectivos erros planimétricos.

TABELA 5.14 : Coordenadas dos pontos de testes planimétricos para a área I, e seus respectivos erros planimétricos

Nome dos pontos	Campo		Carta 1:10.000		Diferenças (m)		Erro planimétrico (m)
	E(i) (m)	N(i) (m)	E'(i) (m)	N'(i) (m)	$\Delta E_{(i)}$	$\Delta N_{(i)}$	
					$E(i) - E'(i)$	$N(i) - N'(i)$	$\epsilon_{pli} = \sqrt{\Delta E_i^2 + \Delta N_i^2}$
UFSC	744939,1233	6944152,0782	744939,7860	6944145,2415	-0,6627	6,8367	6,8687
CARV	743756,0466	6943965,6118	743751,8576	6943966,3800	4,1890	0,7682	4,2589
MORR	742485,9952	6943433,8228	742482,9836	6943433,9625	3,0116	-0,1397	3,0148
PTCG	746719,6713	6944591,0151	746721,5430	6944589,2580	-1,8717	1,1775	2,2113
MURO	744645,3855	6946103,3378	744639,9500	6946096,6635	5,4355	6,6743	8,6076
CETR	741933,5250	6945762,1565	741931,2178	6945752,0743	2,3072	10,0822	10,3428
ELUZ	742433,3480	6945519,4090	742433,6100	6945513,3900	0,2660	6,0190	6,0245
PTSM	746358,8031	6946029,0576	746353,6296	6946027,0190	5,1735	2,0386	5,5607
TRDE	743940,1553	6946033,6629	743941,0000	6946029,6570	-0,8447	4,0059	4,094
PART	745974,5266	6943136,5492	745965,9876	6943135,7904	8,5390	0,7588	5,0904
Σ					+ 25,5427	+ 38,2215	

Continuando o procedimento de avaliação planimétrica da base cartográfica para a área I, passou-se a construir um intervalo de 90% de confiança para as médias dos erros, utilizando-se para isso das equações (2.3), (2.4), (2.5) e (2.6):

a) Cálculo do erro médio amostral, utilizando a equação (2.3), obtém-se:

$$\bar{X} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \epsilon_{pli} \Rightarrow \bar{x} = \bar{\epsilon}_{pli} = \frac{56,0737}{10} \Rightarrow \boxed{\bar{X} = 5,60737m}$$

b) Cálculo da variância amostral, utilizando a equação (2.4), obtém-se:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^{10} (\epsilon_{pli} - \bar{\epsilon}_{pli})^2$$

Logo: $s^2 = 6,200 \text{ m}$

$$\boxed{s = 2,4900 \text{ m}}$$

c) Cálculo de t, utilizando a equação (2.5), obtém-se:

$$\alpha = (1 - \text{nível de confiança})/2 = (1 - 0,90)/2 = 0,05$$

$$gl = n - 1 = 10 - 1 = 9$$

Da tabela pontos críticos da Distribuição “t” de Student (APÊNDICE (1)), tem-se:

$$t(0,05;9) = 1,833$$

Portanto da Equação (2.6), obtém-se:

$$\mu = 5,60737 \pm 1,833 \times \frac{2,4900}{\sqrt{10}} \Rightarrow \mu_{\text{sup}} = 7,0507 \text{ m}$$

Comparando-se o valor encontrado para o limite superior do intervalo, com os Padrões de Exatidão Cartográfico (PEC) apresentados na TABELA 2.1 pg. 10, verifica-se que a carta não satisfaz à CLASSE A, já que 7,0507 m é maior que 5 m.

Já para a CLASSE B, 7,0507 m é menor que 8m; portanto, satisfaz-lhe. Pode-se, portanto, dizer que, em relação à acurácia planimétrica, a carta na escala 1:10.000, não satisfaz à CLASSE A, porém, satisfaz à CLASSE B.

Cabe aqui, entretanto, fazer uma ressalva. Como as coordenadas obtidas por sistema GPS fornecem resultados superiores aos da própria rede fundamental, a ligação desses pontos à rede fundamental tem levado à degradação da qualidade dos resultados.

Para minimizar esses problemas, no final de 1996 o IBGE, finalizou o reajustamento planimétrico de toda a rede fundamental, incorporando os novos pontos de satélite.

Para se ter uma idéia da alteração proporcionada com esse procedimento, o ponto VT “Base Aérea”, localizado em um morro na Base Aérea de Florianópolis, segundo o IBGE, passou a ter as seguintes coordenadas geográficas e planas UTM,: referenciadas ao Sistema Geodésico SAD-69:

$$\text{Latitude: } -27^{\circ} 40' 41'',57355 \quad N = 6\,936\,058,1985 \text{ m}$$

$$\text{Longitude: } -48^{\circ} 33' 49'',69421 \quad E = 740\,283,0232 \text{ m}$$

Comparando-se com os valores anteriores, nota-se a seguinte diferença nas coordenadas planas:

$$\Delta E = + 0,5568 \text{ m}$$

$$\Delta N = + 4,8685 \text{ m}$$

Sendo o erro planimétrico igual a:

$$\varepsilon_{\text{pli}} = 4,9002 \text{ m}$$

Dessa forma, os serviços realizados anteriormente, utilizando-se as coordenadas anteriores desse marco geodésico, estão com no mínimo essa diferença. O que bem provavelmente impôs uma tendência de deslocamento em todo o produto referenciado a esse marco.

Comparando-se com o PEC para a escala 1:10.000, notar-se-á que quase alcança o limite para a classificação de uma carta classe A, que é 5 m.

Isso provavelmente justifica o motivo de a base cartográfica utilizada neste trabalho ter-se enquadrado na classe B e não na classe A.

Outro procedimento a ser adotado, consiste, na realização do teste para detectar tendências nas coordenadas E e N das bases cartográficas existentes, proposta por MARCHANT (1982) apud TOMMASELLI, MONICO e CAMARGO (1988).

Assim sendo da equação (2.8), que determina a média das discrepâncias, e da TABELA 5.14, obtém-se:

$$\bar{\Delta E} = \sum_1^{10} \frac{\Delta E_i}{n} \Leftrightarrow \bar{\Delta E} = 2,502m$$

$$\bar{\Delta N} = \sum_1^{10} \frac{\Delta N_i}{n} \Leftrightarrow \bar{\Delta N} = 3,726m$$

Para determinar o desvio padrão das discrepâncias (SE e SN), da equação (2.9), obtém-se:

$$SE = \pm 3,3141 \text{ m}$$

$$SN = \pm 3,5700 \text{ m}$$

Desta forma da equação (2.7), obtém-se t_E e t_N :

$$t_E = 2,3874 \text{ m}$$

$$t_N = 3,3004 \text{ m}$$

Considerando que, da estatística teórica $t(0,05;9)$ é igual a 1,833, e que em módulo t_E e t_N possuem valores maiores, conclui-se daí que, tanto as coordenadas E e N, estão influenciadas de erros sistemáticos, sendo que tal influência é maior em N que em E, o que acaba confirmando as afirmações apresentadas anteriormente.

• Acurácia altimétrica

A TABELA 5.15 apresenta os valores altimétricos dos pontos lidos na carta. Utilizando-se o processo de interpolação, os valores levantados em campo e suas diferenças são:

TABELA 5.15: Cotas altimétricas e suas respectivas diferenças

Pontos	Campo	Carta	Diferenças (m)
	H_i (m)	H'_i (m)	$\Delta_{hi} = H_i - H'_i $
UFSC	11.30	9.25	2.05
PART	135.851	134.000	1.851
MORR	58.7201	58.770	0.0499
CENT	15.988	13.667	2.321
SERR	50.7597	52.000	1.2403
CARV	49.0293	48.800	0.433
TRDE	82.1635	79.000	3.1635
MURO	1.4955	2.000	0.5045
PTSM	3.9048	4.000	0.096
PTCG	7.5651	7.000	0.5651

a) Cálculo do erro médio amostral, usando a equação (3.3), obtém-se:

$$\bar{X} = \bar{\varepsilon}_{hi} = 1,22743m$$

b) Cálculo da variância amostral, usando a equação (3.4), obtém-se

$$s^2 = 1,1410 m \Rightarrow s = 1,0681 m$$

c) Cálculo de "t" de Student, usando a equação (3.5) e (3.6), obtém-se

$$gl = 10 - 1 = 9$$

$$t(0,05;9) = 1.833$$

$$\mu = 1.22743 \pm 0.6191$$

Logo, $\mu_{sup} = 1,8465 m$

Comparando esse valor com os valores do PEC, apresentados na TABELA 2.1 pg. 10, portanto, verifica-se que a carta satisfaz à CLASSE A, já que 1,8465 m é menor que 2,5 m.

Deve-se ressaltar que os valores das cotas altimétricas obtidas em campo possuem um erro da não correção da ondulação geoidal (N) que, dependendo do seu valor, pode vir a influenciar de forma significativa na avaliação altimétrica.

Dessa forma, pode-se concluir que a base cartográfica utilizada possui uma planimetria que satisfaz às exigências de uma carta CLASSE B, e uma altimetria que satisfaz às exigências de uma carta CLASSE A.

➔ Para Área II

Para a área II procurou-se valer dos mesmos procedimentos utilizados para a área I.

Na TABELA 5.16 são apresentadas as coordenadas lidas na base cartográfica e no campo, bem como suas diferenças.

TABELA 5.16: Coordenadas dos pontos de testes planimétricos e suas diferenças

NOME	Carta		Campo		Diferenças (m)	
	E' (m)	N' (m)	E (m)	N (m)	$\Delta E = E_i - E'_i$	$\Delta N = N_i - N'_i$
CAN7	751150	6963295	750964.7374	6963419.0229	-185.2626	-124.0229
CAN8	751106	6963530	750921.6431	6963653.5162	-184.3569	-123.5162
CAN6	750796	6963180	750611.8152	6963304.8849	-184.1848	-124.8849
CAN11	750545	6963048	750359.0977	6963173.1934	-185.9023	-125.1934
CAN12	750712	6962636	750526.3754	6962761.4384	-185.6246	-125.4384
CAN10	750458	6963306	750271.5702	6963433.6547	-186.4298	-125.6547
CAN3	750856	6962610	750672.0162	6962734.3999	-184.9838	-124.3999
CAN14	750950	6963247	750764.4471	6963370.1839	-185.5529	-123.1839
CAN4	751188	6962870	751004.7810	6962993.4983	-186.0599	-124.7409
CAN5	751045	6963005	750858.9401	6963139.7409	-184.7801	-123.4983

Da TABELA 5.16, pode se notar que as diferenças entre os pontos lidos no campo e os lidos na base cartográfica são muito grandes, apesar de apresentarem uma certa constância, fazendo com que o processo de avaliação fosse interrompido.

Deve-se ressaltar que outros fatores, também, contribuíram para isso, a saber:

- a base cartográfica não identifica claramente qual o sistema de projeção utilizado;
- não é apresentado o Sistema Geodésico em que foi construída, isto é, Córrego Alegre, SAD-69 ou um outro;
- através da análise dos cantos da folha percebeu-se que as coordenadas geográficas que os definem, referenciando-as ao sistema cartográfico nacional para escala (1:2.000), não estão corretas, fazendo com que as dimensões da folha sejam maiores que o padrão.

- há impossibilidade de obter informações sobre a construção da mesma, já que a empresa executora da restituição, não existe mais.

Diante desses fatores, viu-se em um grande impasse: eliminar a área II desse estudo ou dar continuidade com ela, dentro da metodologia proposta.

Optou-se por dar continuidade aos trabalhos, justificando-se tal decisão, com base nos seguintes fatores:

- indisponibilidade de outra área, em Florianópolis, recoberta por outras bases cartográficas, na escala (1:2.000);
- possibilidade de avaliar a aplicação dessa metodologia, considerando-se um processo de atualização total da planimetria.

5.1.5 A exatidão das ortofotos digitais

Para avaliar se as ortofotos enquadram-se dentro dos PEC, fez-se uma estimativa de sua exatidão, através da metodologia já apresentada, isto é:

- avaliação da precisão, e
- avaliação da acurácia.

5.1 5.1 Precisão das ortofotos

➔ Planialtimétrica para a Área I

Para avaliar a ortofoto gerada utilizaram-se dos seguintes procedimentos:

- a) Avaliação do Erro Médio Quadrático Total Planimétrico da ortofoto (M_{po}), é obtido adaptando-se a equação (2.1) para o produto ortofoto digital:

$$M_{po_{1:10.000}} = \sqrt{M_{pc}^2 + M_{pt}^2 + M_{pp}^2 + M_i^2}$$

Onde:

M_{pc} = Erro cometido na determinação planimétrica dos pontos de apoio de campo.

M_{pt} = Erro cometido na orientação absoluta, usando-se pontos de aerotriangulação.

M_{pp} = Erro devido às deformações na projeção e na observação do modelo estereoscópico.

M_i = Erro de colimação ou erro de pontaria.

Dessa forma obtém-se os seguintes valores para a ortofoto gerada para a área I, escala 1:10.000

$$M_{pc} = 0,0323 \text{ m}$$

$$M_{pt} = 0,391 \text{ m}$$

$$M_{pp} = 20 \mu \times Ed \text{ (denominador da escala do diapositivo)}$$

$$M_{pp} = 0,50 \text{ m}$$

$$M_i = 30 \mu \times Ed$$

$$M_i = 0,75 \text{ m}$$

Logo:

$$M_{po_{1:10.000}} = \pm 0,98307 \text{ m}$$

b) A avaliação do Erro Médio Quadrático Total Altimétrico para a ortofoto (M_{ho}) é obtida adaptando-se a equação (2.2):

$$M_{ho_{1:10.000}} = \sqrt{M_{hc}^2 + M_{hi}^2 + M_{ht}^2 + (M_{po} \tan \alpha)^2}$$

Onde:

M_{hc} = Erro cometido na determinação altimétrica dos pontos de apoio de campo.

M_{hi} = erro altimétrico do instrumento restituidor.

M_{ht} = erro devido à aerotriangulação.

M'_{p} = Erro Médio Quadrático total Planimétrico, excluindo o erro de pontaria (M_i).

α = Inclinação Média do Terreno

Z = Altura média de vôo

Portanto:

$$M_{hc} = 0,041 \text{ m}$$

$$M_{hi} = 0,15\% \times Z = 0,5925 \text{ m}$$

$$M_{ht} = 0,261 \text{ m}$$

$$M'_{po} = 0,435181 \text{ m}$$

$$Z = 3.950 \text{ m}$$

Logo

$$M_{ho_{1:10.000}} = \pm 0,65326 \text{ m}$$

Comparando-se esses valores com os Erros-Padrões, apresentados na TABELA 2.1 pg. 10, obtém-se:

Para a CLASSE A:

$$\sigma_p = \pm 3,0 \text{ m} > M_{po_{1:10.000}} \qquad \sigma_h = \pm 1,67 > M_{ho_{1:10.000}}$$

Conclui-se que a ortofoto digital na escala 1:10.000, quanto à precisão satisfaz aos padrões CLASSE A.

➔ Planialtimétrica para a Área II

Foram adotados os mesmos procedimentos utilizados na avaliação da precisão da ortofoto da área I, obtendo-se os seguintes valores e resultados:

a) avaliação da precisão planimétrica

Da adaptação da equação (3.1), obtém-se:

$$M_{pc} = 0,0323 \text{ m}$$

$$M_{pt} = 0,109 \text{ m}$$

$$M_{pp} = 20 \mu \times Ed \text{ (denominador da escala do diapositivo)}$$

$$M_{pp} = 0,016 \text{ m}$$

$$M_i = 30 \mu \times Ed$$

$$M_i = 0,24 \text{ m}$$

$$M_{po_{1:2.000}} = \pm 0,26604 \text{ m}$$

b) avaliação da precisão altimétrica, adaptando-se a equação (2.2), obtém-se:

$$M_{hc} = 0,041 \text{ m}$$

$$M_{hi} = 0,15\% \times Z = 0,18735 \text{ m}$$

$$M_{ht} = 0,138 \text{ m}$$

$$M'_{po} = 0,114805 \text{ m}$$

$$Z = 1.249 \text{ m}$$

$$M_{ho_{1:2.000}} = \pm 0,23627 \text{ m}$$

Comparando com os Erros-Padrões apresentados na TABELA 2.1 pg. 10, obtém-se:

$$\sigma_p = \pm 0,6 \text{ m} > M_{po_{1:2.000}}$$

$$\sigma_h = \pm 0,33 \text{ m} > M_{ho_{1:2.000}}$$

Conclui-se que, quanto à precisão, a ortofoto satisfaz aos padrões CLASSE A.

5.1.5.2 - A acurácia das ortofotos digitais

➔ Planimetria para a área I

Para avaliar a acurácia planimétrica da ortofoto, foram lidos pontos na ortofoto digital e comparados com os valores dos pontos correspondentes obtidos no terreno.

Na TABELA 5.17 são apresentados os pontos lidos e seus respectivos valores, bem como suas diferenças.

TABELA 5.17: Coordenadas dos pontos lidos na ortofoto digital e no terreno e suas diferenças, área I

NOME	Campo		Ortofoto		Diferenças (m)		Erro Planimétrico (m)
	E (m)	N (m)	E'(m)	N'(m)	ΔE	ΔN	
CARV	743756.0466	6943965.6118	743756,0700	6943965,6900	- 0,0234	- 0,0782	0,0816
MORR	742485.9952	6943433.8228	742485,8900	6943433,7300	+ 0,1052	+ 0,0928	0,0197
SERR	744189.1369	6944786.3625	744189,5400	6944786,7300	- 0,4031	- 0,3675	0,5455
UFSC	744939.1233	6944152.0782	744939,2200	6944152,5400	- 0,0967	- 0,4618	0,4718
PTCG	746719.6713	6944591.0151	746719,3900	6944591,0400	+ 0,2813	- 0,0249	0,2824
MURO	744645.3855	6946103.3378	744645,2700	6946103,3400	+ 0,1155	- 0,0022	0,6221
CETR	741933.525	6945762.1565	741933,2300	6945762,0900	+ 0,2950	- 0,0665	0,0727
ELUZ	742433.348	6945519.4090	742433,6000	6945519,7400	- 0,2520	+ 0,3310	0,4160
PTSM	746358.8031	6946029.0576	746358,8900	6946028,9800	- 0,0869	+ 0,0776	0,1165
TRDE	743940.1553	6946033.6629	743940,5500	6946033,0500	- 0,3947	+ 0,610	0,7266
PART	745974.5266	6943136.5492	745974,3300	6943136,2300	+ 0,1966	+ 0,3192	0,4994

Da equação (2.3), obtém-se:

$$\bar{\epsilon}_{Pli} = \bar{X} = 0,3504m$$

Da equação (2.4), obtém-se:

$$s^2 = 0,2412 \text{ m} \Rightarrow s = 0,4911 \text{ m}$$

Das equações (2.5) e (2.6), obtém-se:

$$t(0,05;10) = 1,812$$

$$\mu_{sup} = 0,6187 \text{ m}$$

Comparando-se o limite superior do intervalo com os PEC, apresentados na TABELA 2.1 pg. 10, verifica-se que a ortofoto satisfaz tranquilamente à CLASSE A, pois 5m é bem maior que 0,6187 m.

Para verificar se as coordenadas E e N, não estão influenciadas de erros sistemáticos realizou-se o teste proposto por MARCHANT (1982) apud TOMMASELLI, MONICO e CAMARGO (1988), obtendo-se os seguintes resultados:

Das equações (2.8 e 2.9), obteve-se as médias das discrepâncias das coordenadas E e N com os respectivos desvios-padrão (SE e SN)

$$\bar{\Delta E} = -0,0289 \pm 0,5475 \text{ m e } \bar{\Delta N} = -0,0995 \pm 0,3234 \text{ m.}$$

Efetuada a análise de influências sistemáticas nestas coordenadas, obteve-se

$$t_E = -0,1448$$

$$t_N = -1,0204$$

comparando esses valores com a estatística teórica $t(0,05;10) = 1,812$, nota-se que em módulo t_E e t_N , são menores que 1,812; pode-se afirmar, que as coordenadas E e N não estão sujeitas a influências sistemáticas.

► Planimetria para a área II

Na TABELA 5.18 são apresentados os valores dos pontos levantados em campo e lidos na ortofoto, no sistema LTM e suas respectivas diferenças.

TABELA 5.18: Coordenadas dos pontos de campo e seus correspondentes lidos na ortofoto digital e suas diferenças, área II

Estações	Campo		Ortofoto		Diferenças (m)		Erro Planimétrico (m)
	E (m)	N (m)	E' (m)	N' (m)	ΔE	ΔN	ε_{PE}
CAN3	203550.285	1964091.747	203550,1500	1964091,8200	+ 0,135	- 0,073	0,1971
CAN4	203877.646	1964357.037	203877,6700	1964357,2000	- 0,024	- 0,163	0,6565
CAN5	203728.952	1964500.611	203728,9200	1964500,6200	+ 0,032	- 0,009	0,1018
CAN6	203478.654	1964660.689	203478,5600	1964660,6500	+ 0,0340	+ 0,0390	0,1124
CAN7	203829.071	1964781.856	203829,0500	1964781,6600	+ 0,021	+ 0,196	0,2114
CAN8	203781.288	1965015.350	203781,5854	1965015,5588	- 0,808	- 0,0600	0,7768
CAN9	203163.956	1965053.864	203163,9200	1965054,6400	+ 0,036	- 0,776	0,1165
CAN10	203136.013	1964782.549	203136,0000	1964782,7600	+ 0,013	- 0,211	0,1535
CAN11	203228.728	1964523.995	203228,6300	1964524,0500	+ 0,098	- 0,055	0,1648
CAN12	203404.184	1964115.844	203404,0700	1964115,8200	+ 0,114	+ 0,024	0,0332
CAN14	203629.887	1964729.023	203629,8400	1964728,9400	+ 0,047	+ 0,083	0,0953

Da equação (2.3), obtém-se:

$$\bar{X} = \varepsilon_{PE} = 0,2381m$$

Da equação (2.4), obtém-se:

$$s^2 = 0,05918 \text{ m} \Rightarrow s = 0,2433 \text{ m}$$

Da equação (2.5) e (2.6), obtém-se:

$$t(0,05; 10) = 1,812$$

$$\mu_{sup} = 0,3710 \text{ m}$$

Comparando-se o limite superior do intervalo com os diversos PEC da TABELA 2.1, pg. 10, verifica-se que a carta satisfaz tranqüilamente à CLASSE A, pois 1 m é bem maior que 0,3710 m.

Do exposto, pode-se concluir que, quanto à planimetria, as ortofotos digitais produzidas tanto para a área I quanto para a área II enquadram-se tranqüilamente à CLASSE A, podendo ser utilizadas para os fins propostos neste trabalho.

Para verificar se as coordenadas E e N, não estão influenciadas de erros sistemáticos realizou-se o teste proposto por MARCHANT (1982) apud TOMMASELLI, MONICO e CAMARGO (1988), obtendo-se os seguintes resultados:

Das equações (2.8 e 2.9), obteve-se as médias das discrepâncias das coordenadas E e N com os respectivos desvios-padrão (SE e SN)

$$\bar{\Delta E} = -0,027 \pm 0,2600 \text{ m e } \bar{\Delta N} = -0,091 \pm 0,2529 \text{ m.}$$

Efetuada a análise de influências sistemáticas nestas coordenadas, obteve-se

$$t_E = -0,3444$$

$$t_N = -1,1934$$

comparando esses valores com a estatística teórica $t(0,05;10) = 1,812$, nota-se que em módulo t_E e t_N , são menores que 1,812; pode-se afirmar, que as coordenadas E e N não estão sujeitas a influências sistemáticas.

➡ Altimetria para as áreas I e II

Com relação à altimetria não foi possível avaliar a acurácia para as ortofotos produzidas tanto para a área I como para a área II, devido a:

- não disponibilidade de estereoscopia, e
- não restituição das curvas de nível.

Sobrepondo, entretanto, o arquivo das curvas de nível geradas a partir da malha de pontos obtidas para elaborar o MDT, percebe-se uma grande coerência entre a imagem e as curvas geradas.

5.1.6 Resultados da conversão analógico/digital

5.1.6.1 Rasterização

Como as bases cartográficas existentes, encontram-se em formato analógico (poliéster), foi necessário transformá-las em formato digital, a fim de que lhe pudesse ser aplicada a metodologia proposta.

Para isso, foram testados três tipos de equipamento “scanner”, conforme já mencionado no Capítulo 4, obtendo-se os resultados apresentados na TABELA 5.19

TABELA 5.19: Resultados obtidos com os três tipos de equipamento “scanner”

“Scanner”		Modelo matemático utilizado para o georreferenciamento		Pontos de controle usados		RMS para toda a folha em metros (m)	
Tipo de equipamento	Resolução (dpi)	área I	área II	área I	área II	área I	área II
FSS 5000	500	HELMERT e AFIM	HELMERT e AFIM	10	8	5,04567	5,38675
SGI	200	HELMERT e AFIM	HELMERT e AFIM	20	7	0,36687	0,28345
EAGLE LSI 3840	500	HELMERT e AFIM	HELMERT e AFIM	5	7	0,05677	0,05478

Conclui-se, então, que os arquivos “raster” das bases cartográficas obtidas, utilizando-se o “scanner SGI” e “EAGLE LSI 3840”, poderiam ser utilizados para a finalidade a que se propõem este trabalho.

Com a resolução de 200 dpi fornecida pelo “scanner SGI”, entretanto, a formação das linhas rasterizadas não apresentou mais de três pixels, condição mínima para garantir

uma boa vetorização. Assim, passou-se a utilizar somente os arquivos gerados pelo “EAGLE LSI 3840”.

Para a área I, escala 1:10.000, foram gerados dois arquivos, georreferenciados da seguinte forma:

- o primeiro, utilizando-se as coordenadas dos cruzamentos do reticulado, malha UTM;
- o segundo, utilizando-se as coordenadas levantadas em campo por GPS.

Para o arquivo “raster” da área II, escala 1:2.000, o georreferenciamento foi realizado utilizando-se os pontos levantados em campo por GPS.

5.1.6.2 Conversão “raster/vector”

Os resultados obtidos na conversão “raster/vector” foram avaliados de duas formas, a saber:

- por superposição do original com uma cópia plotada do arquivo “vector”, em uma mesa de luz.

Nesse processo foram verificadas algumas discrepâncias entre as linhas traçadas, que poderiam ter ocorrido em função da deformação causada pelo “plotter”. Para dirimir essa dúvida, procedeu-se à comparação das coordenadas de pontos obtidas sobre a base cartográfica, com os pontos lidos sobre o arquivo vetorial.

Para ler as coordenadas sobre o original cartográfico utilizou-se de uma mesa digitalizadora e do “software” MicroStation 95, obtendo-se os valores e resultados apresentados a seguir:

➡ Para a Área I

• Planimetria

Na TABELA 5.20 são apresentados os valores das coordenadas lidas na base cartográfica original, e as coordenadas lidas no arquivo “raster”, para a Área I (escala 1:10.000). Com isso, fez-se uma avaliação da acurácia da base cartográfica, agora convertida para o meio digital.

Para a avaliação, foram utilizados os mesmos procedimentos adotados no item 5.1.2 deste capítulo.

TABELA 5.20: Comparação das coordenadas UTM dos pontos lidos no original e no arquivo “vector”, área I

Pontos	Base Cartográfica		Arquivo raster		Diferenças (m)		Erro Planimétrico (m)
	E _i (m)	N _i (m)	E' _i (m)	N' _i (m)	ΔE (m)	ΔN (m)	(ε _{PH})
P1	743078,012	6943793,000	743078,1218	6943793,2222	- 0,1094	- 0,2222	0,2477
P2	742199,211	6943313,050	742199,5003	6943313,4763	- 0,2893	- 0,4263	0,5152
P3	742067,801	6944974,000	742067,7082	6944974,1752	+ 0,0928	- 0,1752	0,1983
P4	740911,202	6945792,000	740911,4267	6945792,1486	- 0,2247	- 0,1486	0,2694
P5	742288,505	6946420,910	742288,7085	6946420,6095	- 0,2035	+ 0,3005	0,3629
P6	742576,601	6945812,000	742576,5174	6945811,8021	+ 0,0836	+ 0,1979	0,2148
P7	744156,521	6946040,000	744156,4503	6946039,9423	+ 0,0707	+ 0,0577	0,9126
P8	744768,108	6945066,53	744768,1176	6945066,6987	- 0,0096	- 0,1687	0,1690
P9	745891,401	6945804,522	745891,3842	6945804,383	+ 0,0168	+ 0,139	0,1400
P10	746642,321	6944933,080	746642,1460	6944933,437	+ 0,175	- 0,357	0,3976
P11	744983,508	6942569,841	744983,3392	6942569,630	+ 0,1688	+ 0,211	0,2702
P12	744651,662	6943879,620	744651,9374	6943879,401	- 0,2754	+ 0,219	0,3519
P13	746332,444	6942106,801	746332,3811	6942106,623	+ 0,0629	+ 0,178	0,1888

O erro médio amostral é igual a:

$$\bar{\varepsilon}_{PH} = 0,3260 \text{ m}$$

e a variância amostral

$$s = 0,2052 \text{ m}$$

Calculando t

$$\text{Obtém-se: } t(0,05; 12) = 1,782$$

Portanto, da equação (3.7), obtém-se o μ'_{sup} do arquivo vetorial

$$\mu'_{sup} = 0,4274 \text{ m}$$

Somando-se esse valor ao μ_{sup} da carta, obtém-se

$$\mu_{total} = \mu_{sup} + \mu'_{sup} \Rightarrow \mu_{total} = 0,4274 + 7,0563 \Rightarrow \mu_{total} = 7,4837 \text{ m}$$

Conclui-se, dessa forma, que o arquivo “raster” ainda atende às exigências da CLASSE B.

Para verificar se as coordenadas E e N, não estão influenciadas de erros sistemáticos realizou-se o teste proposto por MARCHANT (1982) apud TOMMASELLI, MONICO e CAMARGO (1988), obtendo-se os seguintes resultados:

Das equações (2.8 e 2.9), obteve-se as médias das discrepâncias das coordenadas E e N com os respectivos desvios-padrão (SE e SN)

$$\Delta\bar{E} = -0,0474 \pm 0,2890 \text{ m e } \Delta\bar{N} = -0,015 \pm 0,2631 \text{ m.}$$

Efetuada a análise de influências sistemáticas nestas coordenadas, obteve-se

$$t_E = -0,5913$$

$$t_N = -0,2056$$

comparando esses valores com a estatística teórica $t(0,05;12) = 1,782$, nota-se que em módulo t_E e t_N , são menores que 1,782; pode-se afirmar, que as coordenadas E e N não estão sujeitas a influências sistemáticas.

O MAPA 04, no encarte, representa o arquivo vetorial convertido da área I, escala 1:10.000.

- Altimetria

Para a altimetria fez-se uma plotagem do arquivo vetorial, sobrepondo-o ao original cartográfico. Verificou-se pouca discrepância entre ambos, aceitando-se o produto vetorizado.

➔ Para a área II

- Planimetria

Como foram detectados diversos problemas na base cartográfica representativa da área II, optou-se por realizar nessa área uma atualização de toda a planimetria, inclusive alterando-se o seu sistema de projeção.

Com isso o processo de avaliação utilizado nessa área foi o de comparar coordenadas obtidas no terreno (campo), com as coordenadas lidas nos arquivos vetoriais convertidos, todos no sistema LTM.

Cabem aqui duas considerações sobre os motivos que levaram à adoção do sistema de projeção LTM, e não UTM:

☉ a área escolhida encontrar-se muito próxima do extremo do fuso no sistema UTM, acarretando com isso distorções superiores às preconizadas para escalas 1:2.000 (CASTANHO, FREITAS e RAMOS, 1992).

☉ a oportunidade de se testar a utilização desse sistema na prática, já que um novo produto seria construído.

Dessa forma, georreferenciou-se o arquivo “raster”, utilizando pontos levantados em campo já no sistema de projeção LTM, e posterior vetorização, obtendo-se o arquivo vetorial de base cartográfica.

Na TABELA 5.21 são apresentados os valores das coordenadas dos pontos no sistema LTM, obtidas no terreno e do arquivo “vector”.

TABELA 5.21, Comparação das coordenadas levantadas no campo em LTM e seus correspondentes lidos no arquivo “vector”, área II

Pontos	Campo		Arquivo “vector”		Diferenças (m)		Err. Planimétrico (m) (ϵ_{Pl})
	E (m)	N (m)	E'(m)	N'(m)	ΔE	ΔN	
CAN3	203550.285	1964091.747	203550,6043	1964091,0223	- 0,3193	+ 0,7247	0,7919
CAN4	203877.646	1964357.037	203877,5223	1964357,1420	+ 0,1237	- 0,105	0,1623
CAN5	203728.952	1964500.611	203728,4446	1964500,8855	+ 0,4804	- 0,2745	0,5533
CAN6	203478.654	1964660.689	203478,5887	1964660,8610	+ 0,0653	- 0,172	0,1840
CAN7	203829.071	1964781.856	203829,6158	1964781,7445	- 0,5448	+ 0,1115	0,5561
CAN8	203781.288	1965015.350	203781,3769	1965015,1859	- 0,0889	+ 0,1641	0,1866
CAN10	203136.013	1964782.549	203136,2370	1964782,9729	- 0,224	- 0,4239	0,4794
CAN11	203228.728	1964523.995	203228,8647	1964523,8402	- 0,1367	+ 0,1548	0,2475
CAN12	203404.184	1964115.844	203404,2189	1964115,9745	- 0,0349	- 0,1305	0,1351
CAN14	203629.887	1964729.023	203629,6770	1964729,2342	+ 0,210	- 0,2112	0,2978

Assim, pela equação (2.3) conclui-se que o erro médio amostral é:

$$\bar{\epsilon}_{Pl} = 0,3594m$$

Da equação (2.4) obtém-se, que a variância amostral é:

$$s = 0,2256 m$$

Da equação (2.5) e (2.6) obtém-se, que o valor de t e μ são:

$$t = (0,05; 9) = 1,833$$

Logo:

$$\mu_{sup} = 0,4902 m$$

Dessa forma, comparando-se o limite superior do intervalo com os PEC apresentados na TABELA 2.1 pg. 10, verifica-se que o arquivo “vector” satisfaz à CLASSE A, já que 0,4902 m é bem menor que 5 m.

Apesar de ter sido encontrada uma série de problemas no original cartográfico representativo da área II, já mencionado neste capítulo, o fato de o arquivo “vector” enquadrar-se dentro da CLASSE A pode ser justificado, devido ao fato de que no georeferenciamento do arquivo “raster” ter-se utilizado de 6(seis) desses pontos de controle levantados em campo.

O MAPA 05 no encarte, representa o arquivo vetorial convertido da área II, escala 1:2.000.

- Altimetria

São válidas as mesmas considerações feitas para a área I.

5.1.7 Avaliação das bases cartográficas atualizadas

Para avaliar as bases cartográficas atualizadas, utilizou-se a metodologia que vem sendo empregada para avaliar os produtos gerados neste trabalho.

Dessa forma, os resultados são apresentados a seguir:

➡ Acurácia planimétrica (área I)

A TABELA 5.22 representa os valores das coordenadas lidas sobre o arquivo vetorial atualizado, comparando-os com seus correspondentes levantados em campo, e seus respectivos erros planimétricos.

TABELA 5.22: Diferença de coordenadas dos pontos de campo e do seu arquivo vetorial atualizado, área I

NOME	Campo		Arquivo "vector" atualizados		Diferenças (m)		Erro Planimétrico (m) ϵ_{pi}
	E (m)	N (m)	E'(m)	N'(m)	ΔE	ΔN	
CARV	743756.0466	6943965.6118	743755,5597	6943965,5761	+ 0,4869	+ 0,0357	0,4882
MORR	742485.9952	6943433.8228	742484,4758	6943433,1608	+ 1,5194+	+ 0,662	1,6573
SERR	744189.1369	6944786.3625	744189,1989	6944786,3070	- 0,062	+ 0,0555	0,0832
UFSC	744939.1233	6944152.0782	744939,1458	6944151,777	- 0,225	+ 0,3012	0,3760
PTCG	746719.6713	6944591.0151	746719,6544	6944590,8292	+ 0,0169	+ 0,1859	0,0348
MURO	744645.3855	6946103.3378	744645,1174	6946104,7097	+ 0,2682	- 1,3719	1,3979
CETR	741933.525	6945762.1565	741932,3419	6945762,5977	+ 1,1831	- 0,4412	1,2627
ELUZ	742433.348	6945519.4090	742433,3935	6945519,4348	- 0,0455	- 0,0258	0,0523
PTSM	746358.8031	6946029.0576	746358,4172	6946029,1988	+ 0,3859	- 0,1412	0,4109
TRDE	743940.1553	6946033.6629	743940,6629	6946035,5435	- 0,5076	+ 1,8806	1,9479
PART	745974.5266	6943136.5492	745974,5851	6943136,4823	- 0,0532	+ 0,0668	0,0854

Da equação (2.3), obtém-se:

$$\epsilon_{Pli} = X = 0,7088m$$

Da equação (2.4), obtém-se:

$$s^2 = 0,51303 \text{ m} \Rightarrow s = 0,7163 \text{ m}$$

Das equações (2.5) e (2.6), obtém-se:

$$t(0,05;10) = 1,812$$

$$\mu_{sup} = 1,1001 \text{ m}$$

Comparando-se o limite superior do intervalo com os PEC apresentados na TABELA 2.1 pg. 10, verifica-se que a ortofoto satisfaz tranquilamente à CLASSE A, pois 5m é bem maior que 1,1001 m. O MAPA 06 no encarte, representa o arquivo vetorial atualizado da área I, escala 1:10.000.

Para verificar se as coordenadas E e N, não estão influenciadas de erros sistemáticos realizou-se o teste proposto por MARCHANT (1982) apud TOMMASELLI, MONICO e CAMARGO (1988), obtendo-se os seguintes resultados:

Das equações (2.8 e 2.9), obteve-se as médias das discrepâncias das coordenadas E e N com os respectivos desvios-padrão (SE e SN)

$$\bar{\Delta E} = + 0,2697 \pm 0,5514 \text{ m e } \bar{\Delta N} = + 0,12076 \pm 0,5460 \text{ m.}$$

Efetuada a análise de influências sistemáticas nestas coordenadas, obteve-se

$$t_E = +1,6222$$

$$t_N = +0,7335$$

comparando esses valores com a estatística teórica $t(0,05;10) = 1,812$, nota-se que em módulo t_E e t_N , são menores que 1,812; pode-se afirmar, que as coordenadas E e N não estão sujeitas a influências sistemáticas.

➔ Acurácia planimétrica (área II)

Na TABELA 5.23 são apresentados os valores dos pontos levantados em campo e lidos no arquivo vetorial atualizado, no sistema LTM e suas respectivas diferenças.

TABELA 5.23: Diferença de coordenadas dos pontos de campo e dos seus correspondentes no arquivo vetorial atualizado, área II

Estações	Campo		Arquivo vetorial atualizado		Diferenças (m)		Erro Planimétrico (m)
	E (m)	N (m)	E' (m)	N' (m)	ΔE	ΔN	ϵ_{PE}
CAN3	203550.285	1964091.747	203550,6043	1964091,0223	- 0,3193	+ 0,7247	0,7920
CAN4	203877.646	1964357.037	203877,6223	1964357,0420	+ 0,0237	- 0,005	0,0242
CAN5	203728.952	1964500.611	203728,4446	1964500,8855	+ 0,5074	- 0,2745	0,5769
CAN6	203478.654	1964660.689	203478,5887	1964660,661	+ 0,0653	+ 0,028	0,0710
CAN7	203829.071	1964781.856	203829,6158	1964781,7445	- 0,5448	+ 0,1115	0,5561
CAN8	203781.288	1965015.350	203781,3769	1965015,1859	- 0,0889	+ 0,1641	0,1579
CAN9	203163.956	1965053.864	203163,5241	1965054,8112	+ 0,4319	- 0,9472	1,041
CAN10	203136.013	1964782.549	203136,2370	1964782,9729	- 0,224	- 0,4239	0,4794
CAN11	203228.728	1964523.995	203228,8647	1964523,8402	- 0,1367	+ 0,1545	0,2065
CAN12	203404.184	1964115.844	203404,2189	1964115,9745	- 0,0346	- 0,1305	0,1350
CAN14	203629.887	1964729.023	203629,3980	1964729,2342	+ 0,011	- 0,2112	0,2115

Desta forma, da equação (2.3), obtém-se:

$$\bar{X} = \epsilon_{Pli} = 0,3865m$$

Da equação (2.4), obtém-se:

$$s^2 = 0,10757 \text{ m} \Rightarrow s = 0,3280 \text{ m}$$

Da equação (2.5) e (2.6), obtém-se que:

$$t(0,05; 10) = 1,812$$

$$\mu_{sup} = 0,5657 \text{ m}$$

Comparando-se o limite superior do intervalo com os diversos PEC da TABELA 2.1 pg. 10, verifica-se que a carta satisfaz tranqüilamente à CLASSE A, pois 1 m é bem maior que 0,3710 m.

Dessa forma, pode-se concluir que, em termos planimétricos, a base cartográfica satisfaz tranquilamente à CLASSE A.

Para verificar se as coordenadas E e N, não estão influenciadas de erros sistemáticos realizou-se o teste proposto por MARCHANT (1982) apud TOMMASELLI, MONICO e CAMARGO (1988), obtendo-se os seguintes resultados:

Das equações (2.8 e 2.9), obteve-se as médias das discrepâncias das coordenadas E e N com os respectivos desvios-padrão (SE e SN)

$$\bar{\Delta E} = 0,01544 \pm 0,3374 \text{ m e } \bar{\Delta N} = -0,0736 \pm 0,4283 \text{ m.}$$

Efetuada a análise de influências sistemáticas nestas coordenadas, obteve-se

$t_E = + 0,1514$ $t_N = - 1,4205$

comparando esses valores com a estatística teórica $t(0,05;10) = 1,812$, nota-se que em módulo t_E e t_N , são menores que 1,812; pode-se afirmar, que as coordenadas E e N não estão sujeitas a influências sistemáticas.

O MAPA 07, no encarte, representa o arquivo vetorial atualizado da área II, escala 1:2.000.

➔ Acurácia Altimétrica para a área I e II

Com relação à altimetria, não foi possível atualizá-la, já que ela não foi restituída.

Foram gerados, entretanto, arquivos com curvas de nível, a partir dos perfis gerados pela varredura do modelo estereoscópico, em um restituidor analítico.

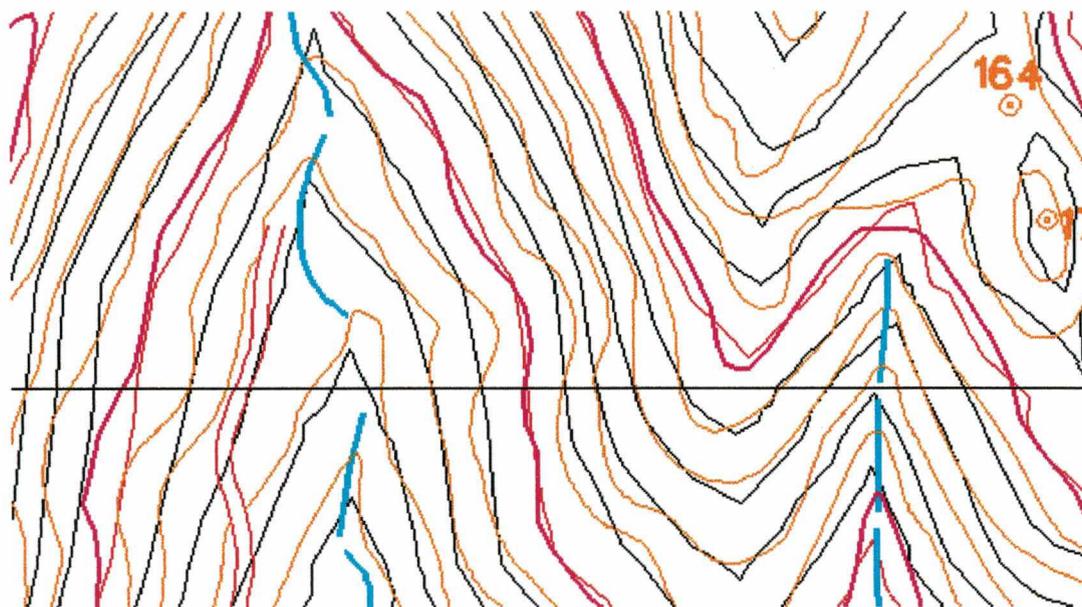
Assim sendo, para a área I geraram-se arquivos com curvas de nível de 5 em 5 m, a partir de uma malha planialtimétrica quadrada, com pontos espaçados de 50 em 50m .

E, para a área II, geraram-se arquivos com curvas de nível de metro em metro, a partir de uma malha planialtimétrica quadrada, com pontos espaçados de 20 em 20m.

Comparando-se visualmente no vídeo do computador esses arquivos das curvas de nível, com as altimetria das bases cartográficas existentes, percebe-se que:

☉ Para área I, apesar de algumas discrepância em pontos isolados, de um modo geral há bastante coerência entre ambos FIGURA 5.3.

FIGURA 5.3: Superposição das curvas de nível (área I)

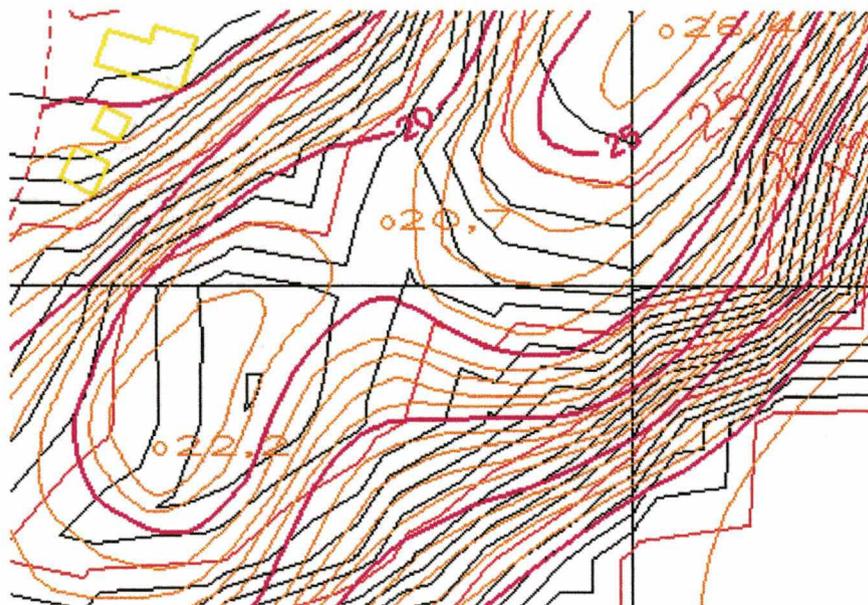


Obs.: em preto encontram-se as curvas obtidas da malha gerada para obter o DTM, utilizado na ortofoto digital. O colorido representa as curvas vetorizadas da base existente.

Fonte: Visor do MicroStation

☛ Para área II valem as mesmas observações realizadas anteriormente para a área I. Ver (FIGURA 5.4).

FIGURA 5.4: Superposição das curvas de nível (área II)



Obs.: Em preto encontram-se as curvas obtidas da malha gerada para obter o DTM, utilizado na ortofoto digital; o colorido representa as curvas vetorizadas da base cartográfica existente.

Fonte: Visor do MicroStation

5.2 Avaliação econômica das etapas desenvolvidas

Apesar da dificuldade em se avaliar os custos, de forma precisa, para cada etapa envolvida no trabalho, devido principalmente às particularidades e variáveis que podem ser incorporadas nessa quantificação, procurar-se-á fazer uma abordagem quanto aos custos de “software” e “hardware” utilizados no processo de atualização, do número de horas de trabalho e da mão-de-obra envolvida.

5.2.1 “Software” e “hardware”

Apresenta-se os seguintes valores:

➡ “Hardware”

Como já mencionado no capítulo 3, o principal “hardware” utilizado no presente trabalho possui a seguinte configuração:

- micro computador mutimídia Pentium 100 Mhz, com 32 Mbytes de RAM, 1.08 Gbytes de disco rígido e placa gráfica de 2 Mbytes e cujo valor empregado na sua aquisição foi de:

R\$ 2.200,00.

- uma impressora “Hewlett Packard Deskjet 820 Cxi for Windows”, no valor de:

R\$ 700,00.

➡ “Software”

Segundo cotação realizada junto a empresa Sisgraph, os custos estimados dos “software” utilizados neste trabalho são TABELA 5.24:

TABELA 5.24: Estimativa de preços dos “software”

“SOFTWARES”	Preço comercial em US\$ (FOB) ⁶	Preço acadêmico em US\$ (FOB)
- MicroStation para PC (WINDOWS 3.11 e 95)	4.200,00	650,00
- I/GEOVEC para PC	7.000,00	300,00
- I/RAS C para PC	2.700,00	300,00
- I/RAS B para PC	2.700,00	300,00
TOTAL	16.600,00	1.550,00

Fonte: SISGRAPH Ltda (16/01/97)

⁶ sem a inclusão de taxas aduaneiras

Esses “hardware” e “softwares” formam a base para o desenvolvimento do presente trabalho.

5.2.2 Custo de produção das ortofotocartas digitais

Para a quantificação dos custos de produção das ortofotocartas digitais, utilizou-se dos preços fornecidos pela empresa que as produziu, considerando um processo de produção real para a Ilha de Santa Catarina, Florianópolis (área de estudo), no qual já está embutido o custo da depreciação dos equipamentos.

Os custos de produção das ortofotocartas digitais, na escala 1:10.000 são apresentados na TABELA 5.25, e para a escala 1:2.000, na TABELA 5.26.

Deve-se destacar que para essa estimativa foi considerada a produção de ortofotocartas digitais na escala de 1:10.000, com curvas de nível eqüidistantes de 10 metros, para uma área de 450,00 Km², a partir de um recobrimento aerofotogramétrico de 1:30.000, usando-se câmara com distância focal de 153,00 mm.

➔ Para a escala 1:10.000

TABELA 5.25: Estimativa de custo para a elaboração de ortofotocartas digitais para a escala 1:10.000

ETAPAS	QUANT. Km ²	Preço Unit. R\$/Km ²	TOTAL R\$
1 - Cobertura Aerofotogramétrica 1:30.000	450,00	150,00	67.500,00
2 - Apoio terrestre por rastreamento GPS	450,00	65,00	29.250,00
3 - Aerotriangulação	450,00	25,00	11.250,00
4 - Ortofotocartas digitais 1:10.000 com curvas de nível eqüidistantes de 10 metros	450,00	390,00	175.500,00
5 - Emissão do produto final	450,00	20,00	9.000,00
VALOR TOTAL	450,00	650,00	292.500,00

Fonte: ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S. A. (03/12/1996)

Deve-se ressaltar que, caso a opção for de não restituição das curvas de nível, o custo em R\$/Km², segundo a ESTEIO, fica em (R\$ 450,00). Considerando a área média de 450 Km², para a Ilha de Santa Catarina, o custo total de obtenção de ortofotos digitais é de R\$ 202.500,00, isto é, 31% mais econômico.

➔ Para a escala 1:2.000

Na TABELA 5.2 é apresentada estimativa fornecida pela empresa, considerando a elaboração de ortofotocartas digitais na escala 1:2.000, com restituição de curvas de nível de metro em metro, para uma área de aproximadamente 250,00 Km² (área urbana da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis), a partir de um recobrimento aerofotogramétrico de 1:8.000, usando câmara aérea com distância focal de 300,00 mm.

TABELA 5.26: Estimativa de custo de produção de ortofotocartas digitais para a área II, escala (1:2.000)

ETAPAS	QUANT. km ²	Preço Unit. R\$/km ²	TOTAL R\$
1 - Cobertura aerofotogramétrica 1:8.000	250,00	700,00	175.000,00
2 - Apoio terrestre por rastreamento GPS	250,00	350,00	87.500,00
3- Aerotriangulação	250,00	200,00	50.000,00
4 - Ortofotocartas digitais 1:2.000 com curvas de nível equidistantes de metro em metro	250,00	4.500,00	1.125.000,00
5 - Emissão do produto final	250,00	330,00	82.500,00
TOTAL	250,00	6.080,00	1.520.000,00

Fonte: ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A. (03/12/96)

Caso a opção, seja por não restituição das curvas de nível, o custo em R\$/Km², fica em (R\$ 3.200,00). Considerando uma área de 250 Km², o custo total de obtenção de ortofotos digitais é de R\$ 800.000,00, isto é, 47% mais econômico.

5.2.2.1 Comparação de custos: ortofotocarta digital e restituição em formato digital

Tendo conhecimento de toda a qualidade apresentada por uma restituição em formato digital, visando a busca de soluções que possam conciliar os aspectos técnicos e econômicos, em tarefas de atualizações, procurar-se-á fazer uma comparação entre os custos de obtenção desses produtos, considerando-se a área mencionada.

➔ Para a escala 1:10.000

Comparando-se o preço unitário em R\$/Km² apresentado na TABELA 5.25, com o valor do preço unitário em R\$/Km² de uma restituição em formato digital, valor médio de cotação, apresentado na REVISTA FATOR GIS (1996) e pela empresa ESTEIO, ter-se-á que o custo de

produção de uma ortofotocarta digital na escala 1:10.000 é cerca de 30% mais econômica que uma restituição em formato digital (TABELA 5.27 e 5.28).

TABELA 5.27: Comparação do custo unitário em R\$/km² de produção de ortofotocarta digital e restituição em formato digital (escala 1:10.000)

Custo Unit. (ortofotocarta digital) (R\$/km ²)	Custo Unit. (restituição em formato digital) (R\$/km ²)
650,00	930,00

Fonte: ESTEIO (03/12/96) e Revista FATOR GIS (set/out./96)

Considerando que a área total a ser mapeada é de aproximadamente 450 Km², ter-se-á um custo total de (TABELA 5.28):

TABELA 5.28: Comparação do custo total em R\$ de produção de ortofotocarta digital e restituição em formato digital (escala 1:10.000)

(ortofotocarta digital) (R\$)	(restituição em formato digital) (R\$)
292.500,00	419.850,00

Fonte: ESTEIO (03/12/96) e Revista FATOR GIS (set/out./96)

➔ Para a escala 1:2.000

Comparando-se o preço unitário de elaboração de uma ortofotocarta digital em R\$/km², apresentado na TABELA 5.26, com o preço unitário de elaboração de uma restituição em formato digital, também em R\$/km², nota-se que a ortofotocarta digital é 42% mais econômica que a restituição em formato digital (TABELA 5.29 e 5.30).

TABELA 5.29: Comparação do custo unitário em R\$/km², entre uma ortofotocarta digital e uma restituição em formato digital (escala 1:2 000)

Custo Unitário da ortofotocarta digital R\$/km ²	Custo unitário da restituição em formato digital em R\$/km ²
6.080,00	10.350,00

Fonte: ESTEIO (03/12/96) e Revista FATOR GIS (set/out./96)

Considerando que a área urbana total a ser mapeada é de aproximadamente 250 Km², ter-se-á um custo total de (TABELA 5.30):

TABELA 5.30: Comparação do custo total de produção de ortofotocarta digital e restituição em formato digital (escala 1:2.000)

(ortofotocarta digital) (R\$)	(restituição em formato digital) (R\$)
1.520.000,00	2.587.500,00

Fonte: ESTEIO (03/12/96) e Revista FATOR GIS (set/out./96)

5.2.3 Custos da varredura (rasterização)

Para a tarefa de varredura (rasterização) das bases cartográficas, entende-se que não há necessidade de adquirir o equipamento “scanner” a ser utilizado, já que a grande disponibilidade de empresas prestadoras desse serviço permite de forma rápida e econômica terceirizá-lo.

Apresentar-se-á tão somente, portanto, os valores estimados desses serviços que para este trabalho, foram de R\$ 12,00 por folha, valor de mercado.

Deve-se ressaltar que esse preço pode variar para menos, conforme a quantidade e qualidade dos originais a serem varridos (rasterizados).

5.2.4 Custos da vetorização

Para avaliar os custos desse processo, fez-se consultas a empresas prestadoras desses serviços, obtendo-se os seguintes valores médios em R\$ (reais) por folha, já editadas e prontas para serem integradas a um Sistema de Informações Geográficas TABELA 5.31.

TABELA 5.31: Estimativa média de tempo e preço para processo de vetorização de bases cartográficas para as escalas 1:10.000 e 1:2.000, em (R\$/folha)

Escala 1:10.000		Escala 1:2.000	
tempo estimado (horas)	preço médio estimado(R\$)	tempo estimado (horas)	preço médio estimado (R\$)
50 a 60	980,00	60 a 100	1.600,00

Fonte: Digitomapas (11/11/96), Esteio (25/01/97), Mapa Digital (04/02/96), Temap (04/02/97)

Deve-se ressaltar que os preços aqui apresentados são uma estimativa média entre os preços obtidos junto a essas empresas, isto é, de serviços terceirizados, nos quais já se encontram embutido os custos de depreciação dos equipamentos

Conforme experiência obtida nesse trabalho, esses custos podem ser 20% a 30% menores, caso o processo de conversão venha a ser realizado pelo proprietário dos originais cartográficos, terceirizando-se apenas a rasterização das bases cartográficas e, se necessário, a plotagem dos arquivos convertidos.

5.2.5 Custos da atualização

Para quantificar os custos do processo de atualização dos arquivos convertidos das duas bases cartográficas utilizadas, adotou-se o valor de 12 R\$/homem hora, bem como os seguintes valores para a depreciação de “hardwares” e “softwares”, conforme as equações (5.1) e (5.2):

$$\text{Depreciação}_{\text{hardware}} = \frac{V_a - V_r}{V_u} \quad (5.1)$$

Onde:

V_a = Valor de aquisição

V_r = Valor residual (20 % do valor de aquisição)

V_u = Vida útil estimada (horas de trabalho)

$$\text{Depreciação}_{\text{software}} = \frac{V_a + (\text{Upgrade} + \text{manut.})}{V_u} \quad (5.2)$$

Onde:

V_a = Valor de aquisição

“Upgrade” e manutenção = 20% do valor de aquisição

V_u = Vida útil estimada (horas de trabalho)

Para a determinação da vida útil do “hardwares”, considerou-se sua utilização por 6 horas/dias, por 5 dias semanais, durante 03 (três) anos.

Logo, nesse trabalho a V_u do “hardware”, será de:

$$V_u = 4.320 \text{ horas}$$

Desta forma, da equação (5.1) pode-se obter a depreciações dos “hardwares” utilizado:

$$\text{Depreciação}_{\text{hardware}} = \frac{2.900 - 580}{4.320} = 0,54 \Rightarrow \text{Depreciação}_{\text{hardware}} = 0,54 \text{ R\$/hora}$$

Para a determinação da vida útil dos “softwares”, considerou-se as mesmas 6 horas/dia de trabalho, durante 5 dias semanais, porém para 5 anos.

Assim, da equação (5.2), obtém-se:

$$\text{Depreciação}_{\text{software}} = \frac{16.600 + 3.320}{7.200} = 2,77 \Rightarrow \text{Depreciação}_{\text{software}} = 2,77 \text{ R\$/ hora}$$

Somando-se as depreciações, obtém-se:

$$\text{Depreciação}_{\text{Total}} = 3,31 \text{ R\$/hora}$$

A TABELA 5.32 apresenta os valores de custo por folha do processo de atualização da planimetria das bases cartográficas vetorizadas.

TABELA 5.32: Estimativa de custo por folha, do processo de atualização planimétrica das bases cartográficas na forma vetorial

Etapas	Escala 1:10 000		Escala 1:2 000	
	tempo estimado (horas)	custo estimado (R\$)	tempo estimado (horas)	custo estimado (R\$)
Atualização Planimétrica	30	360	46	552
Edição	20	240	22	264
Sub-total	50	600	68	816
(+) Depreciação (3,31 R\$/hora)		165,50		225,08
TOTAL	50	765,50	68	1041,08

A grande quantidade de horas necessárias para fazer a atualização refletiu nos custos dessa etapa. Isso, entretanto, pode ser justificado em função do fato de que em ambas as bases houve necessidade de se fazer uma atualização de quase toda a planimetria, já que a maioria das feições não se sobrepuseram.

5.2.6 Síntese e comparação de resultados para as escalas utilizadas

Feita a estimativa de custo de todas as etapas, pode-se quantificar os custos do processo proposto para atualizar bases cartográficas já existentes em formato analógico, convertidas para o formato digital.

➔ **Para a escala 1:10.000**

Comparando-se o processo de atualização utilizando-se ortofotos digitais, ortofotocarta digital e a restituição em formato digital, considerando-se os valores apresentados na TABELA 5.27, e somando-se ao custo de obtenção de ortofotos e ortofotocartas, os custos estimados para varrer (rasterizar), vetorizar e atualizar, apresentados nas (TABELAS 5.31 e 5.32), obtém-se os seguintes resultados (TABELA 5.33):

TABELA 5.33: Comparação de custo entre o processo de atualização por ortofoto digital ortofotocartas digitais, e restituição em formato digital (área I, escala 1:10.000)

Fator (por folha*)	atualização por ortofoto digital	atualização por ortofotocartas digitais	restituição em formato digital
Custo em (R\$)	10.690,20	15.441,40	22.093,08
Scannerização (R\$)	12,00	12,00	
Vetorização (R\$)	980,00	980,00	
Atualização (R\$)	765,50	765,50	
Total (R\$)	12.448,70	17.199,90	22.093,08

* Considerando uma folha recobrimdo uma área de 23,756 Km²
 Fonte :ESTEIO S.A. e autor

Fazendo uma projeção desses valores para se atualizar as bases cartográficas que recobrem os 450 Km² da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, ter-se-á (TABELA 5.34):

TABELA 5.34: Custo total estimado para atualizar por ortofoto digital, ortofotocarta digital ou restituir em formato digital os 450 Km² da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis (escala 1:10.000)

Atualizar por ortofoto digital	Atualizar por ortofotocarta digital	Restituição em formato digital (R/\$)
235.810,53	R\$ 325.810,53	R\$ 419.850,00

Comparando-se o processo de atualização por ortofotocarta com uma restituição em formato digital, percebe-se que, apesar do acréscimo nos custos, acarretado pelo incremento dos custos das etapas envolvidas na atualização, essa atualização por ortofotocartas digitais continua cerca de 22% mais econômica que restituir em formato digital.

E, caso a opção seja por atualizar apenas a planimetria, a atualização utilizando ortofotos digitais é 28% mais econômica que a atualização utilizando ortofotocartas digitais e 44% mais econômica que a restituição em formato digital.

➔ **Para a escala 1:2.000**

Comparando-se o processo de atualização utilizando-se ortofoto e ortofotocarta digital, com a restituição em formato digital, considerando os valores apresentados na TABELA 5.29, e somando-se a ele os custos estimados para a varredura (rasterização), vetorização e atualização (TABELAS 5.31 e 5.32), obtém-se os seguintes resultados (TABELA 5.35):

TABELA 5.35: Comparação de custo entre o processo de atualização por ortofotos digitais, ortofotocartas digitais e restituição em formato digital (escala 1:2.000)

Fator (por folha*)	atualização por ortofotos digitais	atualização por ortofotocartas digital	restituição em formato digital
custo em (R\$)	3.830,40	7.277,76	12.388,95
Scannerização (R\$)	12,00	12,00	
Vetorização (R\$)	1.500,00	1.500,00	
Atualização (R\$)	1.041,08	1.041,08	
Total (R\$)	6.383,48	9.830,84	12.388,95

* Considerando uma folha recobrimdo uma área de 1,197 Km²

Fonte :ESTEIO S.A. e autor

Fazendo uma projeção desses valores para se atualizar as bases cartográficas que representam os 250 Km² da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, ter-se-á TABELA 5.36.

TABELA 5.36: Estimativa de custo para atualizar as bases cartográficas que recobrem os 250 Km² da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis

Ortofoto Digital	Ortofotocarta digital	Restituição em formato digital (R/\$)
1.333.224,73	R\$ 2.053.224,73	R\$ 2.587.500,00

Comparando-se os dois processos, nota-se que, apesar do acréscimo nos custos, acarretado pelo incremento dos custos das etapas envolvidas na atualização, essa atualização por ortofotocartas digitais é 21% mais econômica.

E, caso a opção seja por atualizar apenas a planimetria, a atualização utilizando ortofotos digitais é 35% mais econômica que a atualização utilizando ortofotocartas digitais e 49% mais econômica que a restituição em formato digital.

Evidentemente, esses resultados estão sujeitos a variações, já que muitos são os fatores influenciadores na composição desses cálculos. Duas constatações, entretanto, merecem ser mencionadas:

1^o) mesmo que o detentor das bases cartográficas existentes opte por terceirizar a tarefa de atualização, ele deverá adquirir os “softwares”.

2^o) os custos dos “softwares” e “hardwares” representam uma pequena parcela do custo total de atualização, principalmente se for considerado o fato de que tanto os “softwares” como os “hardwares”, sempre serão empregados em outras tarefas, diluindo seus custos.

Um dos fatores fundamentais que contribui para aumentar o custo da atualização foi o fato de que, tanto para a área I, como para a área II, quando sobrepostos os arquivos vetoriais das bases cartográficas existentes, com a ortofoto digital, a maioria das feições não se sobrepuseram, fazendo com que fosse realizada uma nova vetorização manual “on screen” sobre as ortofotos digitais.

5.3 Aspectos operacionais do processo de atualização

Com respeito aos aspectos operacionais envolvidos no processo de atualização, pode-se dizer que uma das etapas mais trabalhosas é a da vetorização manual (on-screen) sobre a ortofoto digital, fato agravado pela não utilização da visão estereoscópica.

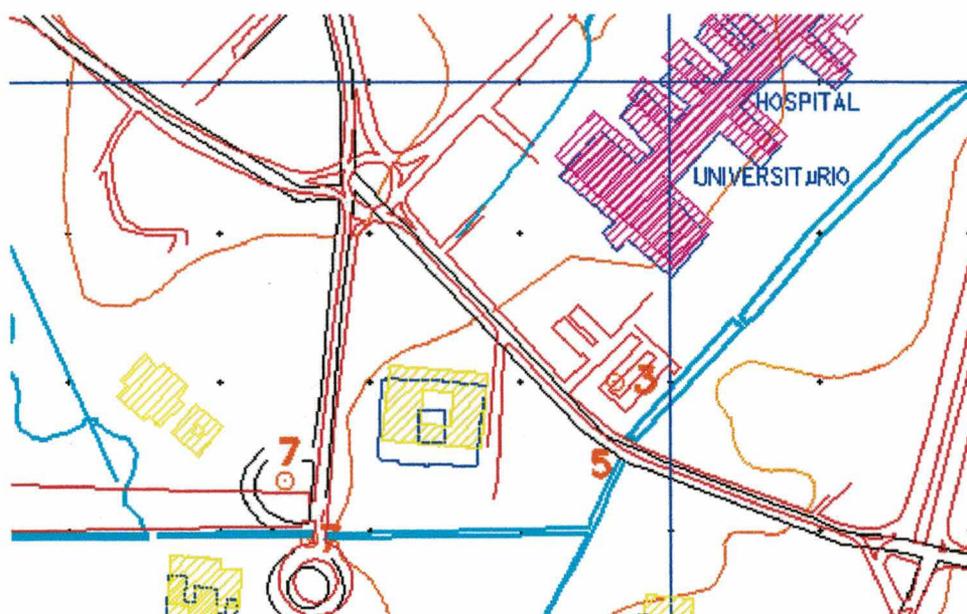
Dessa forma, encontraram-se os seguintes problemas no processo de vetorização:

➔ Para a escala 1:10.000 (área I)

Conforme já mencionado, o maior problema encontrado foi o fato de que, no momento de sobrepor o arquivo vetorial convertido da base cartográfica existente, sobre a ortofoto digital, a grande maioria das feições não se sobrepuseram, conforme se pode ver na FIGURA 5.5.

Na FIGURA 5.5, os arruamentos da base existente estão representado em preto e as edificações em azul, enquanto no arquivo obtido sobre a ortofoto os arruamentos estão representados em vermelho e as edificações, em amarelo e rosa.

FIGURA 5.5: Superposição dos arquivos vetoriais da base existente e o arquivo vetorizado sobre a ortofoto digital



Fonte: Visor do MicroStation

Como os resultados da avaliação do arquivo vetorial da base cartográfica existente e da ortofoto digital apresentaram bons resultados, essa diferença, só pode existir em função das diferenças entre as coordenadas obtidas para gerar a ortofoto digital e a base cartográfica existente.

Diferenças essas constatadas no momento da avaliação da base cartográfica existente, conforme apresentado no item 5.1.4, onde se encontrou um erro médio amostral de 5,60737 m.

Conclui-se, então que, apesar de a base cartográfica existente ter satisfeito ao PEC para a classe B, conforme a metodologia empregada, isso não garantiu uma superposição correta de todas as feições com a ortofoto digital (ver FIGURAS 5.6 e 5.9).

FIGURA 5.6: Superposição do arquivo vetorial da base antiga sobre a ortofoto digital



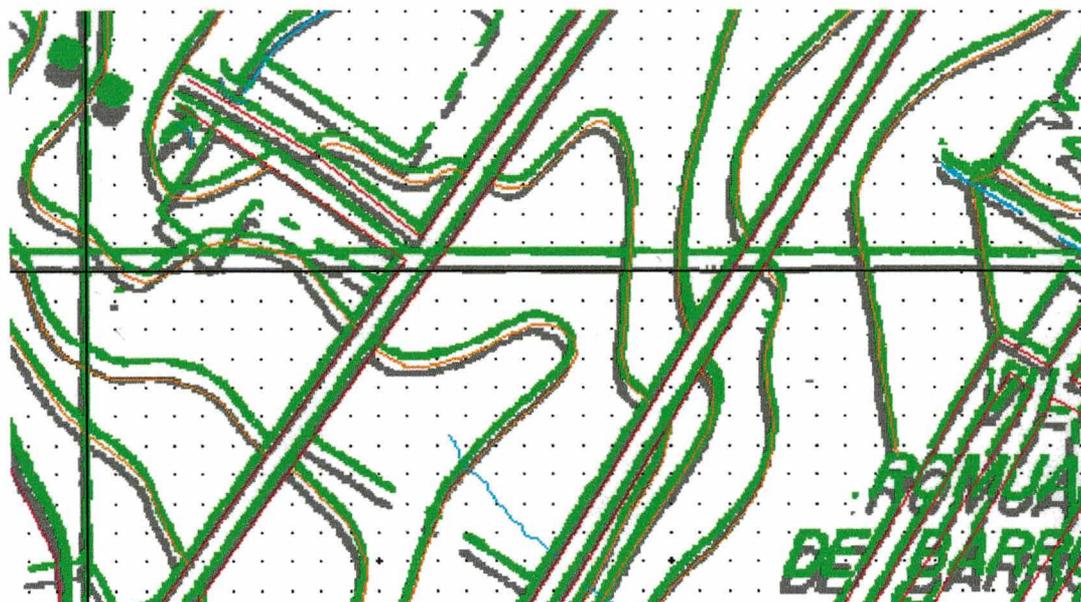
Obs.: Bairro Pantanal em Florianópolis - S.C.

Fonte: Foto obtida do vídeo

Na tentativa de contornar esse problema georreferenciou-se o arquivo “raster” da base cartográfica existente, utilizando-se as coordenadas dos pontos obtidos em campo. Isso, entretanto, não resolveu o problema, uma vez que com esse procedimento algumas feições se sobrepuseram em detrimento de outras que se sobrepujam no procedimento anterior.

Isso pode ser visto na FIGURAS 5.7.

FIGURA: 5.7: Superposição de dois arquivos “raster”, georreferenciados de forma distinta e o arquivo vetorial da base antiga. (área I)



Obs.: Em verde o arquivo “raster” georreferenciado com coordenadas obtidas com o GPS, em cinza o arquivo “raster” georreferenciado com coordenadas obtidas do cruzamento do reticulado da projeção.

Fonte: Visor do I/RAS B

Quanto ao processo de vetorização manual realizado sobre a ortofoto digital, deve-se ressaltar que as áreas onde se encontraram maiores dificuldades foram as encostas dos morros e o centro da cidade.

Nas encostas dos morros a vetorização dos arruamentos e servidões de acesso a esses locais foi prejudicada, devido à concentração das residências e sombras, fato agravado pela falta de visão estereoscópica (FIGURA 5.8).

FIGURA 5.8: Porção da ortofoto digital área I (encosta do morro densamente ocupada)



Fonte: ESTEIO S.A.

No centro da cidade, onde há altos edifícios, a vetorização dos arruamentos, bem como a de algumas edificações, ficaram prejudicadas, devido às sombras que esses produzem, e também ao deslocamento do topo desses edifícios (FIGURA 5.9 e 5.10).

FIGURA 5.9: Arquivo vetorial da base antiga sobreposta à ortofoto digital (área I)



Obs.: Centro de Florianópolis

Fonte: Foto obtida do vídeo

Isso pode ser justificado devido ao fato de o recobrimento aerofotogramétrico utilizado, e já existente, ser inadequado à realização de ortofotos digitais.

FIGURA 5.10: Porção da ortofoto digital área I (região central da Ilha com altos edifícios)

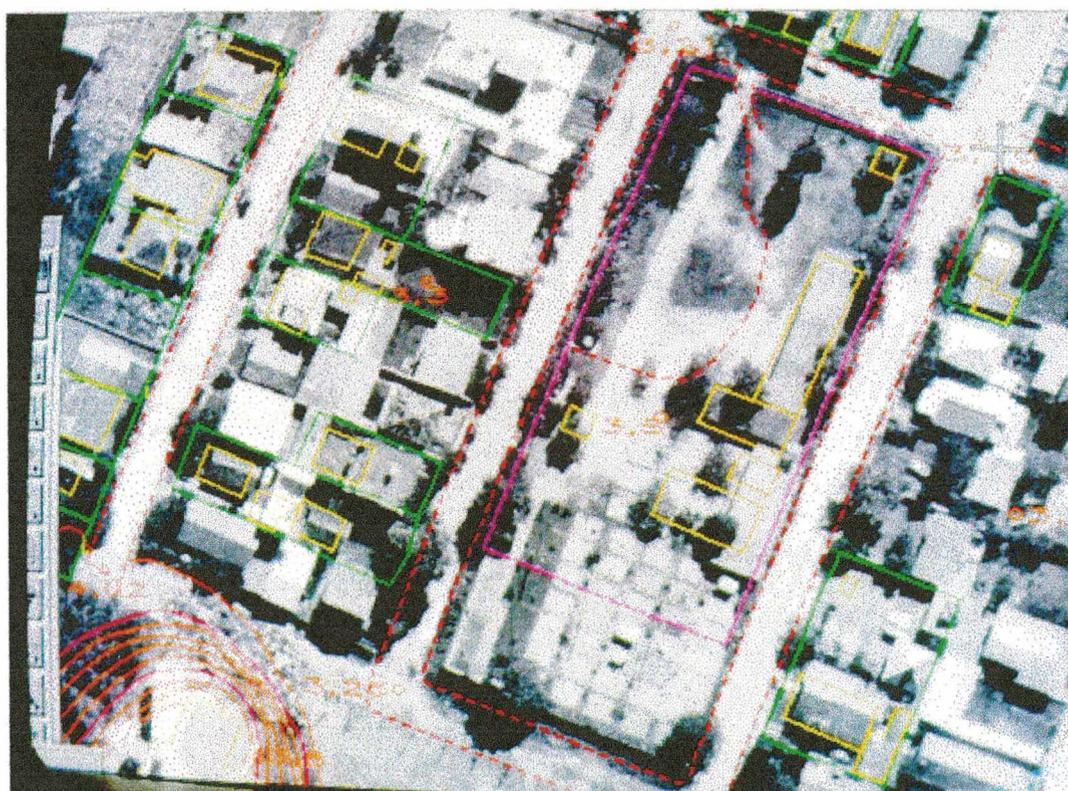


Fonte: Ortofoto digital.

➔ Para escala 1:2.000 (Área II)

Sobrepondo o arquivo vetorial da base antiga sobre a ortofoto digital, verificaram algumas discrepâncias entre as feições antigas e ainda existentes. Isso está diretamente relacionado à qualidade da base cartográfica utilizada. Ver FIGURA 5.11

FIGURA 5.11: Arquivo vetorial da base antiga sobreposta a ortofoto digital (área II)



Obs.: Os arruamentos estão representados em vermelho, as edificações em amarelo, as divisas em verde, as cercas em rosa; as curvas intermediárias em laranja e as mestras em vermelho.

Fonte: Foto obtida do vídeo

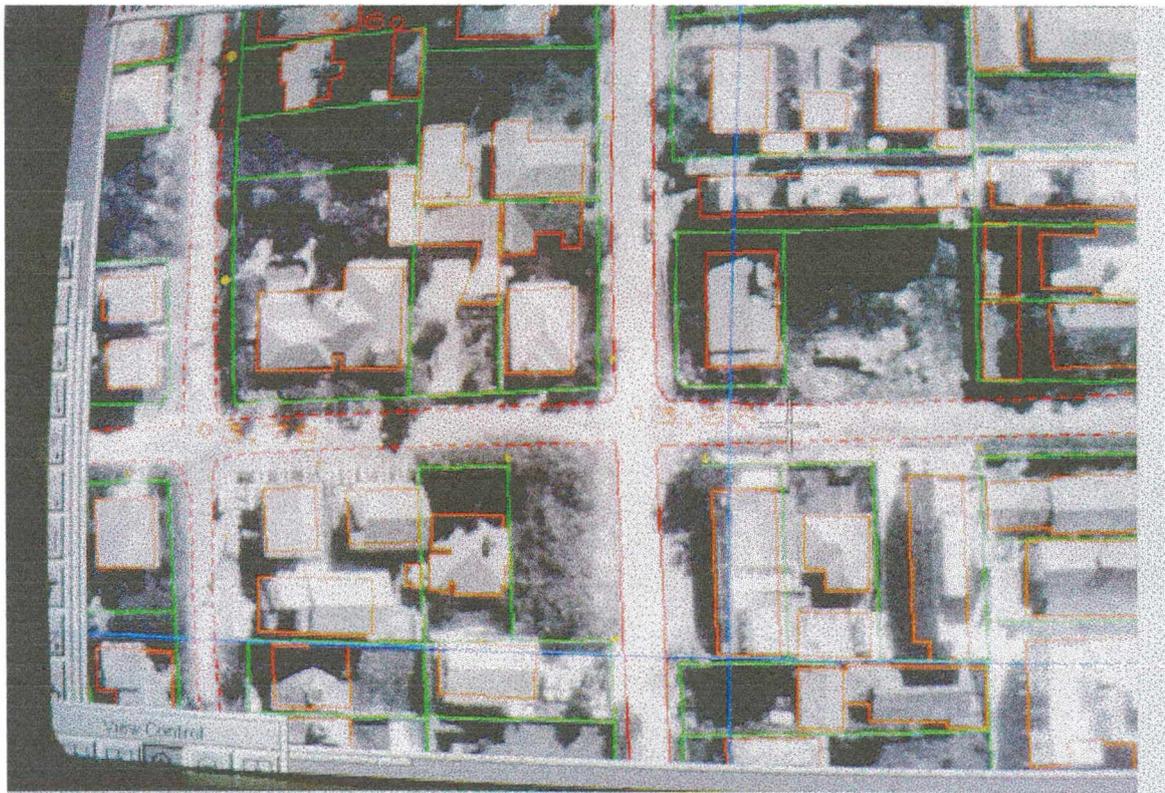
Dessa forma, fez-se uma atualização de quase toda a planimetria, vetorizando-se manualmente sobre a ortofoto digital todas as edificações, limites dos lotes e arruamentos, entre outras feições (FIGURA 5.12).

Como a área possui um relevo quase plano e edificações não muito elevadas, o processo de vetorização apresentou poucos problemas.

O fato de a ortofoto digital ter sido gerada, entretanto, utilizando-se apenas um fotograma, isto é, apenas uma foto, fez com que as edificações que se encontram afastadas da

região central da ortofoto apresentem inclinações muito acentuadas na imagem, prejudicando sua vetorização (FIGURAS 5.12 e 5.13).

FIGURA 5.12: Vetorização “on-screen” sobre a ortofoto digital (área II)



Obs.: O verde representa as divisas; o vermelho, os arruamentos; o laranja, as edificações. Os postes de luz são representados pelos pequenos pontos em amarelo e a malha reticulada pela cor azul.

Fonte: Foto obtida do vídeo

Dois outros fatores também prejudicaram a vetorização, sendo eles:

- as sombras das árvores e dos edifícios mais elevados;
- a falta de utilização da estereoscopia, principalmente na vetorização das edificações e das divisas dos lotes.

Desta forma, quando sobreposto o arquivo vetorial da base antiga, com o arquivo vetorial obtido pela vetorização manual sobre a ortofoto digital, nota-se uma pequena diferença entre ambos (FIGURA 5.14)

FIGURA 5.13: Porção da ortofoto digital, área II (escala 1:2.000)



Fonte: Ortofoto digital

FIGURA 5.14: Sobreposição dos arquivos vetoriais da base antiga e do atualizado para a área II



Obs.: No arquivo vetorial da base cartográfica existente os arruamentos estão em traço descontínuo, as edificações estão em amarelo e as divisas dos lotes em verde mais escuro.

Fonte: Visor do MicroStation

Tanto na avaliação do arquivo vetorial quanto na avaliação da ortofoto digital os resultados encontrados foram bons; pode-se dizer que as diferenças entre ambos só se justificam pelos erros inerentes à execução da base cartográfica existente, e pelo erro de posicionamento dos vetores no momento da vetorização manual sobre a ortofoto digital, já que não se utilizou da visão estereoscópica.

No caso dos arruamentos, essa diferença deve-se às mudanças ocorridas na área, já que em 1976, época da tomada da imagem geradora da base cartográfica utilizada, muitos arruamentos eram apenas caminhos.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Do desenvolvimento deste trabalho podem-se chegar às seguintes conclusões e fazer estas recomendações:

6.1 CONCLUSÕES

➔ Quanto aos pontos de referenciamento geodésico

Detectou-se, com este trabalho, uma falta de preservação dos marcos geodésicos fundamentais monumentados na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis. Para se ter uma idéia do que isso representa, dos quatro marcos geodésicos que se procurou utilizar neste trabalho, os SG-22-1050 e SG-22-1051 não foram localizados; provavelmente foram destruídos. O marco VT BASE AÉREA foi deslocado, segundo constatação visual “in-loco”.

Sobrou apenas o utilizado neste trabalho SAT-SC-15.

Constataram-se também, os mesmos problemas para as Referências de Nível (RNN), principalmente para as materializadas ao longo das rodovias.

Um dos elementos limitadores para a atualização das bases existentes, entretanto, reside no fato da não disponibilidade, por parte dos contratantes dos serviços de mapeamento, dos memoriais descritivos de pontos utilizados na geração dessas bases cartográficas. Isso impossibilita sua localização e reocupação em tarefas de atualização ou remapeamento.

➔ Quanto às bases cartográficas existentes

A verificação da qualidade da base cartográfica existente é um fator preponderante na tomada de decisão de se realizar sua atualização, ou de partir para um novo mapeamento.

Essas bases cartográficas devem conter, no mínimo, informações sobre a projeção cartográfica utilizada e em qual referencial geodésico se encontram.

A base cartográfica representativa da área I, escala 1:10.000, mostrou-se eivada de uma certa tendência nas coordenadas E e N (erro sistemático), tendo em N uma maior tendência, provocando um maior deslocamento nessa direção (N), isto pode explicar o fato de a base cartográfica, utilizada no referido estudo, ter-se enquadrado no padrão de exatidão cartográfica classe B.

Para garantir uma efetiva superposição dos elementos da ortofoto digital com os da base existente, o erro médio amostral encontrado na avaliação da base cartográfica existente, deve ser de igual ou inferior magnitude que o erro médio amostral obtido na avaliação da ortofoto digital.

Quanto a base cartográfica representativa da área II, escala 1:2.000, esta apresentou vários problemas, desde a não menção do referencial geodésico utilizado, até a erros no enquadramento do corte da folha, tais fatores levarão a uma não avaliação deste documento cartográfico.

Para sua utilização, fez-se o georreferenciamento utilizando os pontos de apoio levantados em campo, o que proporcionou resultados satisfatórios.

➡ Com relação às ortofotos digitais

As duas ortofotos digitais produzidas para este trabalho se mostraram de boa qualidade planimétrica, atendendo às exigências de padrão classe A. A resolução de saída de 300 dpi, gerando arquivos superiores a 34 Mbytes não prejudicou sua manipulação nos equipamentos utilizados.

O fato do recobrimento aerofotogramétrico existente não ser adequado para geração de ortofotos digitais é um dos fatores limitadores à proposta de atualização implementada neste trabalho, tanto no tocante aos aspectos econômicos, quanto aos aspectos técnicos.

➡ Quanto à obtenção das imagens “raster”

Os resultados obtidos no georreferenciamento dos arquivos “raster” das bases cartográficas rasterizadas, utilizando-se o “scanner EAGLE LSI 3840”, foram excelentes, possibilitando a utilização desses arquivos, no desenvolvimento de qualquer trabalho de cunho cartográfico.

➡ Quanto à conversão “raster/vector”

O processo de conversão “raster/vector” apresentou uma boa performance, sendo os “softwares” utilizados bastantes amigáveis.

Cuidados devem ser tomados no momento de se definir os elementos e as categorias a serem vetorizados, já que isso facilita o processo de vetorização e de edição do arquivo vetorial.

➡ Quanto à atualização das bases cartográficas

A possibilidade oferecida pelos “softwares” de se trabalhar em um ambiente híbrido, isto é, de se manipular tanto arquivos “raster” quanto arquivos “vector”, possibilita de forma bastante tranqüila a identificação das novas feições que devem ser incluídas no arquivo “vector” desatualizado.

Essa metodologia mostrou-se bastante eficaz, embora seja essa etapa a mais morosa e cansativa de todo o processo, já que a vetorização é realizada manualmente (“on screen”), e sem a utilização da visão estereoscópica, o que, de certa forma, prejudica o posicionamento dos vetores, principalmente na vetorização dos limites dos lotes e nos contornos das edificações.

Em relação a altimetria, se as curvas de nível tivessem sido restituídas, provavelmente essas apresentariam as mesmas qualidades da altimetria de um produto em formato digital, já que, comparando-se a altimetria gerada do DTM com a existente, encontrou-se bastante coerência entre ambas, nas duas áreas de estudo.

Dessa forma, pode-se dizer que, na prática, a opção de se atualizarem bases cartográficas existentes esbarra fundamentalmente na qualidade dos produtos existentes, já que, com relação aos aspectos econômicos, tomando-se por base as áreas de estudo deste trabalho, constatou-se que a adoção dessa metodologia utilizando-se ortofotocarta digital na escala 1:10.000 é 22% mais barato que a restituição em formato digital e, para a escala 1:2.000, é 21% mais barata.

Caso somente a planimetria for objeto de atualização, a utilização das ortofotos digitais é perfeitamente viável atendendo tanto aos aspectos técnicos quanto os econômicos. Sendo para a escala 1:10.000 44% mais barato que a restituição em formato digital e, para a escala 1:2.000 49% mais barata que a restituição em formato digital.

Quanto aos aspectos operacionais, entende-se que essa metodologia de atualização tem mérito em possibilitar que tanto as empresas prestadoras de serviços especializados em mapeamento, quanto os detentores das bases cartográficas existentes podem realizá-las.

Para o caso específico das duas áreas de estudo, conclui-se que:

- para a área I (escala 1:10.000): a adoção dessa metodologia é viável, apesar das discrepâncias encontradas entre a ortofoto digital gerada e o arquivo vetorial obtido da conversão “raster/vector”.
- para a área II (escala 1:2.000): a proposição não é viável, devido basicamente à qualidade das informações cartográficas do produto existente. Desta forma, um novo mapeamento deve ser realizado.

6.2 RECOMENDAÇÕES

➔ Quanto aos pontos de referenciamento geodésico

É necessário que as contratantes desses serviços de mapeamento procurem estipular em cláusulas contratuais a necessidade da entrega, por parte da contratada, dos memoriais descritivos dos pontos levantados em campo e utilizados. Cabe às contratantes a manutenção desses pontos, bem como o arquivamento dos memoriais.

Tais procedimentos, com certeza, proporcionarão a possibilidade de reocupá-los em serviços futuros, quer seja para atualização ou para remapeamento, evitando-se, dessa forma, gastos desnecessários.

Uma outra alternativa que se vislumbra com a introdução do GPS, é a possibilidade dos pontos de apoio, sejam obtidos, tomando por base um único marco geodésico de coordenadas conhecidas, monumentado em uma área com amplas possibilidade de preservá-lo. Isso facilitará futuras tarefas de mapeamento e atualização.

➔ Quanto à obtenção das imagens “raster”

A obtenção de imagens “raster” de bases cartográficas deve ser realizada em equipamentos “scanner” que possibilitem produzir arquivos “raster”, os quais reproduzam as linhas do mapa com pelo menos três pixel, e que no seu georreferenciamento obtenham-se resultados iguais ou inferiores à precisão de 1 pixel, para todo o arquivo, levando-se em consideração a escala da base cartográfica utilizada.

➔ Quanto às ortofotos digitais

Não deve ser desconsiderado o fato de a ortofoto digital ser produzida de forma mais rápida que uma mapa em formato digital, apresentar a mesma qualidade planimétrica com riqueza de detalhes proporcionada pela imagem, permitindo que esse produto possa ser utilizado em qualquer projeto de planejamento físico territorial, além da possibilidade de ser integrando a Sistemas de Informação Geográfica (GIS).

Destaca-se que as condições de aquisição da imagem, devem atender os seguintes fatores:

- superposição longitudinal de 80%;
- utilização de câmaras com distância focal de 300 mm;
- utilização de porções extremas das fotos deve ser evitada.

Tais procedimentos minimizam problemas detectados nas ortofotos digitais utilizadas neste trabalho, como:

- inclinação do topos dos prédios e edifícios mais elevados;
- sombras proporcionadas pelos edifícios mais elevados, impossibilitando a identificações de outros elementos .

Assim sendo, na prática as questões econômicas e técnicas, devem ser consideradas.

Os MDT's, utilizados na geração das ortofotos digitais devem ser produzidos, também, contendo as redes de drenagem ("break lines") e pontos de máxima e de mínima elevação no terreno. Isso melhora sensivelmente a qualidade do MDT, sem maiores custos, podendo até mesmo serem geradas curvas de nível de boa qualidade.

Deve-se viabilizar a utilização de algoritmos que possibilitem a extração automática da altimetria de imagens digitais em áreas urbanas, a fim de que os custos de produção das ortofotos digitais diminuam ainda mais, tornando-a cada vez mais competitiva e de baixo custo.

A visão estereoscópica deve ser utilizada para solucionar problemas de posicionamento dos vetores sobre as feições, principalmente na vetorização das edificações e das divisas dos lotes. Esse problema tende a ser resolvido devido às constantes quedas dos preços dos "hardwares" e "softwares".

O desenvolvimento e evolução de algoritmos que possibilitam o reconhecimento e a extração automática de feições em imagens digitais tendem a minimizar a lenta e cansativa tarefa de vetorização manual ("on-screen"), aumentando ainda mais o potencial da metodologia proposta no presente trabalho.

Para finalizar, deve-se destacar que a utilização dessa metodologia só é recomendada caso a opção de atualização seja feita por um processo sistemático cíclico, seletivo e periódico.

Isso não soluciona por completo o problema da desatualização dos documentos cartográficos, mas com certeza permite que a vida útil de produtos já existentes, e de boa qualidade cartográfica, analógico ou digital, seja ampliada. Além disso proporciona ao investidor em mapeamento, a disposição de duas formas diferentes de bases cartográficas de boa qualidade planimétrica, isto é, a ortofoto digital e o arquivo vetorial planimétrico, obtido sobre a ortofoto digital, a custos menores em comparação a uma restituição em formato digital.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 ALI, M. J.; DOWMAN, I. J.. **Map revision from stereo orthophotographs.** Photogrammetric Record, 12(72):p. 847-856, October 1988.
- 02 ALMEIDA, Jair Ferreira de. **Ortofoto Digital.** Dissertação de Mestrado - UFPr, Curitiba, 1989, p. 01-98.
- 03 ANDRADE, D. F. P. N. de. **Terminologia da avaliação dos trabalhos cartográficos.** In: Revista Brasileira de Cartografia, nº 16, Jun/Set/76, 1976, p. 29 a 33.
- 04 ANDRADE, J. B. de, et al.. **A Importância do GPS no Mapeamento Cadastral.** In: 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis-SC, 1994, p. 118 a 123.
- 05 _____, **Levantamentos GPS.** In: XV Congresso Brasileiro de Cartografia, USP-São Paulo, Volume 3, 1991, p. 667 a 669.
- 06 BALCE, A. E. **Determination of Optimum Sampling Interval in Grid Digital Elevation Models (DEM) Data Acquisition.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 53, nº 3, March 1987, p. 323 a 330.
- 07 BAKKER, M.P.R. de. **Cartografia Noções básicas.** Diretoria de Hidrografia Naval - DHN, 1965.
- 08 BÄHR, Hans-Peter; WIESEL, Joachim. **Cost-Benefit Analysis of Digital Orthophoto Technology.** In: EBNER/FRITSCH/HELPKE Digital photogrammetric systems. Printing: Präzis-Druck, Karlsruhe, 1991.
- 09 BENTLEY SYSTEMS. **MicroStation Academic Suite.** "User's Guide", 1995.
- 10 BESENICAR, M. M. **The role of the GPM-II/ interactive mapping system in the digital topographic mapping program.** In: International Symposium, Commission IV. Ottawa, The Canadian Institute of Survey, 1978. p. 05-23.
- 11 BONIFACE, P.R.J. **PR12SM-Softcopy Production of Orthophotos and DEM.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 58(1), p. 91-94, 1992.
- 12 BOULOUCOS, T. KUNARAK, R.; TEMPFLI, K. **Low-cost feature extraction from aerial photographs for database revision.** Proc. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) -Washington D.C. vol. XXIX-Part. B4 com. IV, 1992, p. 493-498.

- 13 BLACHUT, T. J. **The stereo-orthophoto technique in cadastral and geral mapping.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 42, n^o. 12, December 1976, p. 1511-1519.
- 14 BLACHUT, T. J.; CHRZANOWSKI, A.; SAASTAMOINEN, J. H.. **Urban Surveying and Mapping.** Ed. Springer - Verlag, New York - United States of American, 1979.
- 15 BRANDENBERGER, Arthur J.; GHOSH, Sanjib K.. **The world's topographic and cadastral mapping operation.** Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1985, p. 437- 444.
- 16 BRITO, J. L. N e S. **Proposta de metodologia para a classificação de documentos cartográficos.** In: Revista Brasileira de Cartografia, n^o 41, Jan/87. 1987, p. 27 a 42.
- 17 BURROUGH, P. A.. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.** Claredon Press - Oxford, United States, 1988.
- 18 CINTRA, J. P. et al.. **Diretrizes para o processamento de dados e ajustamento de redes geodésicas GPS.** In: Anais da III Conferência Nacional de Geografia e Cartografia (Confège) - A representação do Espaço, v.1, IBGE, 1996.
- 19 CONTEX. **Full Scale Scanner - Multi Platform models.** Operator's Guide. Denmark, February 19, 1993.
- 20 CROSTA, A. P.. **Sensoriamento Remoto de alta resolução: novas ferramentas para o monitoramento ambiental, urbano e de recursos naturais.**In: II Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, Curitiba, Maio 1996, p. 583-593.
- 21 DALE, F. P. ; McLAUGHLIN J. D.. **Land information management.** Oxford University Press, United States, 1990.
- 22 DALMOLIN, Q. & VILLARREAL, P. E. G.. **Utilização de fotografias aéreas singulares na atualização cartográfica.** In: XVI Congresso Brasileiro de Cartografia, volume 2. 1993, p. 456 e 460.
- 23 DAL POZ, A. P.. **Monorestituição: Uma Nova Solução.** In: XV Congresso Brasileiro de Cartografia, USP - São Paulo, Volume 2, 1991, p. 269 a 278.
- 24 DATTA, M. M.. **Map revision in developing countries.** International Archives of Photogrammetry, 23(B9): p. 510-517, 1980.
- 25 DERENYI, Eugene; TENG, Chee Hua. **Digital map revision in a hybrid geographic information system.** Proc. International Society for Photogrammetry and Remoto Sensing (ISPRS)-Washinton D.C. vol. XXIX-Part. B4 com. IV, 1992, p. 533-536.

- 26 DIRETORI DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG. **Manual Técnico Normas Gerais (T 34-201)**, Ministério do Exército, 5ª Edição, 1971.
- 27 DOWMAN, I. **Design of Digital Photogrammetric Workstations**. In: EBNER/FRITSCH/HELPKE Digital photogrammetric systems. Präzis-Druck, Karlsruhe, 1991, p. 28 a 38.
- 28 DUCHER, G. **Same aspects of medium and small scale map revision at l'Institut Geographique National**. Photogrammetric Record, 10(60): 669-680.
- 29 ECKER, Robert. **Digital orthophoto generation based on a high-quality DTM**. ITC Journal n^o 1, 1992, p. 59 a 64.
- 30 ESTADO MAIOR DAS FORÇAS ARMADAS (EMFA). **Boletim trimestral informativo de aerolevantamentos**. Fornecidos pelo Estado Maior das Forças Armadas- Brasília DF.
- 31 EMPRESAS. Pesquisa feita junto às empresas prestadoras de serviços de aerofotogrametria. Carta ofício, 1996.
- 32 FRANCISCO, C. N. ; XAVIER-da-SILVA, J. **O uso de scanner na digitalização de mapas destinados a Sistemas de Informações Geográficas**. In: Anais do XVI Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de Janeiro - RJ, v. 3, 1993, p. 807 a 815.
- 33 HELAVA ASSOCIATE INCORPORATED. **User's Manual - Socet Set**. GDE Systema Inc., Version 3.1, December 1995.
- 34 HENSSEN, J.. **Cadastral information, an important land management tool**. ITC Journal v.1, 1996, p. 49 a 54.
- 35 HOOD, Joy, et. al. **Image Processing Techniques for Orthophotoquad Production**. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. LV, n^o 09:, September 1989, p. 1323-1329.
- 36 INFORMATIVO COCAR. **Subsídios para o plano cartográfico nacional**, n^o 02 Mar./Abr, 1988, pgs. 06-10.
- 37 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos**. IBGE - Rio de Janeiro - RJ, 1996.
- 38 INTERGRAPH CORPORATION. **I/RAS B**. User's Guide. October 1994.
- 39 _____. **I/GEOVEC**. Getting Started. February 1994.
- 40 _____. **I/GEOVEC**. User's Guide. February 1994.
- 41 _____. **MicroStation Feature Collection (MSFC)**. User's Guide. April 1994.
- 42 _____. **I/RAS C**. User's Guide. October 1994.

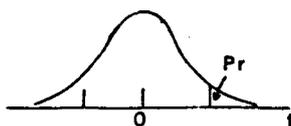
- 43 INTERNATIONAL FEDERATION OF SURVEYORS (FIG). **Statement on the Cadastre.** p. 1 a 18, 1995.
- 44 JACOBSEN, Karsten. **Advantagens and disadvantages of different space images for mapping.** Proc. International Society for Photogrammetry and Remoto Sensing (ISPRS). Proceedings. Washinton D.C. vol. XXIX-Part. B4 comission IV, 1992, p. 162-168.
- 45 JÜNGEN, P. **Actualización de Cartas con ayuda de Ortofoto Digitales y Métodos para el Procesamiento Digital de Imagenes.** In: BAHR, H. *Processamiento de Imagenes*, 1991.
- 46 KOIDE, Masanori, et. al. **Raster based 1/25.000 topographic map revision.** Proc. International Society for Photogrammetry and Remoto Sensing (ISPRS). Proceceding. Washinton D.C. Vol. XXIX-Part. B4 com. IV, 1992, p. 517-521.
- 47 KONECNY, G.; SCHUHR. W. **Mapping potential of remote sensing sensors.** In:Proc. International Society for Photogrammetry and Remoto Sensing (ISPRS)-Washinton D.C. vol. XXIX-Part. B4 com. IV, 1992, p. 451-457.
- 48 KONECNY, G. **International Mapping from space.** In: 18th International Congress for Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna, Austria, july 1996, Commission IV, Working Group IV/2-ISPRS, v. XXXI, Part B4, 1996, p. 465 a 468.
- 49 _____. **Methods and Possibilities for Digital Differential Rectification.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 45, n^o 6, p. 727 a 734.
- 50 KRAUS, K. **Recent trends of the production of orthophotos and stereorthophotos,** International Archies of Photogrammetry, 23(B9): p. 581-590.
- 51 LEICK, A. **GPS Satellite Surveying.** Wiley-Interscience. New York. 1989.
- 52 LIMA, Divaldo Galvão. **Catografia Metropolitana.** In: Revista Brasileira de Cartografia n^o 22, Ed. Sociedade Brasileira de Cartografia, Dezembro, 1978, p. 53-62.
- 53 LOCH, R. E. N. **Ortofotocarta: Produção e Aplicação.** In: XIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Brasília D.F, 1987., p. 01 a 28.
- 54 LUGNANI, João Bosco. **Aprimoramentos para a atualização cartográfica.** Tese para prof. titular UFPr, Curitiba-PR, 1985.
- 55 MAYES, M. H. **Ortothophotography for rural map revision.** Photogrammetric Record, 12(67): 45-61, April 1986.
- 56 MAYR, Werner; HEIPKE, Christian. **A contribution to digital orthophoto generation.** In: International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 16, Kyoto, 1988. Proceedings. v. 27, n^o IV, p. 430 a 439

- 57 MATTHEWS, A. E. H. **Revision of 1:2500 scale topographic maps.** Photogrammetric Record, 8(48): p. 794-805, 1976.
- 58 MELLO, Mauro P. de. **A Comissão Nacional de Cartografia.** In: II Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, Curitiba, Maio 1996, p. 597-611.
- 59 MENEGUETTE, A. A. C. **Cartographic accuracy and information content of space compilation context of space imagery for digital space completion and map revision.** Thesis of Philosoph Doctor (Ph D.). London, University College-London.
- 60 ____; SILVA, E. A. da. **Atualização de Cartas na Escala 1:250000.** In: Anais XV Congresso Brasileiro de Cartografia, Universidade de São Paulo - SP, v.2, 1991, p. 331 a 342.
- 61 MONICO, J. F. G. **Métodos para solução da ambiguidade: primeiras experiências na UNESP de Presidente Prudente,** In: GIS Brasil 96, Curitiba-PR, 1996, p. 465 a 474.
- 62 NOVAK, Kurt. **Retification of Digital Imagery.** Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 58, nº 3, March 1992, p. 339-344.
- 63 NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto princípios e aplicações.** Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo - SP, 1989.
- 64 PESSOA, L. M. da C. **O GPS Desejável Possível e Necessário.** In: Revista Fator GIS, nº 14, junho e julho de 1996, p. 44 a 45.
- 65 _____. **Determinações Altimétricas Aspectos Práticos.** Fator GIS nº 12, 1996, p. 36 e 37.
- 66 PROCTOR, D. W. & NEWBY, P. R. T. **Revision of scale maps at the ordnance survey.** Proc. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)-Proceedings. Kyoto vol. 27 - Part. B11 com. IV, 1988, p. 298-307.
- 67 QUAM, L. H. & STRAT, T. M. **SRI Image Understandin research in cartographic feature extraction.** In: EBNER/FRITSCH/HELPKE Digital Photogrammetric Systems, Präzis-Druck, Karlsruhe, 1991, p. 111 a 121.
- 68 QUEIROZ FILHO, A. P. **Ortofoto Digital para Atualização Cartográfica em SIG's.** Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1993.
- 69 QUINT, F.; BÄHR, H.-P. **Feature Extraction for Map Based Image Interpretation.** In: Third International Colloquium of LIESMARS, Oct. 94, Wuhan, China, 1994, p. 1 a 8.
- 70 RADARSAT. **Canada's Earthh Observation Satellite,** "booklet" publicado pela RADARSAT International, pp. 24, Canada, 1995..
- 71 RASTATTER, J. A. **Map revision using digital techniques.** In: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, March, 1975, p. 242-249.

- 72 REINHARDT, W. **On line geration and verification of digital terrain models.** In: International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 16, Kyoto, 1988. Proceeding, Kyoto, ISPRS, 1988. v. 27, n-III, p. 546-555.
- 73 REVISTA FATOR GIS. **O Brasil Precissa de Mapas.** Ed. Sagres. Ano 3 n^o 10 Julho /Agosto/Setembro. Curitiba, 1995.
- 74 ROBBI, C.; BUENO, D. M. **Atualização: vital para o mapeamento.** Revista Fator GIS ano 1 - n^o 04, Jan./Fev./Mar., Ed. Sagres, Curitiba-PR, 1994, p. 16-18.
- 75 SALLEM FILHO, S. **Ortofotocarta Digital.** In: Anais do XVII Congresso Brasileiro de Cartografia. 1995.
- 76 SKALET, C. D.; LEE, G. Y. G.; LANDNER, L. J. **Implementation of Softcopy Photogrammetric Wokstations at the U. S. Geological Sruvey.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 58(1): 1992, p. 57-63.
- 78 SHIH, Tian-Yuan; DERENYI, Eugene E. **Orthoimagem generation in a gis environment.** Proc. International Society for Photogrammetry and Remoto Sensing (ISPRS)-Proceedings. Washinton D.C. vol. XXIX-Part. B4 com. IV, 1992, p. 221-223.
- 79 SPIESS, E. **Revision of topographic maps: photogrammetrci and cartographic methods of the fribourg test.** Photogrammetric Record, 11(61): 29-42, April 1983.
- 80 STEINER, D. R.. **The integration of digital orthophotographs with GISs in a microcomputer environment.** ITC Journal, v.1, 1992, p. 65 a 72.
- 81 SURACE, Luciano. **The application of integrated raster-vector techniques to cartographic and photogrammetric data in map revision process oriented to gis implemetation.** Proc. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (IRPRS) - Pordeedings. Kyoto vol. 27 - Part. B11 com. III/IV, p. IV-377-386, 1988.
- 82 SZANGOLIES, K. **Rationalization of map production and map revision with medern automated and digitalized photogammetric instruments and technologies.** In: Internacional Society for Photogrammetry end Remote Sensing. International Archoves of Photogrammetry, Commission IV- Hamburg, XIV International Congress, 1980, p. 693-704.
- 83 TAIT, D. A. **Instrumental requirements for modern map revision.** Photogrammetric Record, 13(78): 901-908, October 1991.
- 84 TAMBA, P. C.; SILVA, I. **Estudo e Descrição da Restituiçai Digital dos Sistemas Computacionais: DVP, DSS, DPS e DSI.** In: II Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, Curitiba, Maio 1996, p. 619-628.

- 85 TEIXEIRA, A. L. de A.; SCARIM, J. L. **Digitalização e Conversão Raster/Vector de Mapas.** Revista Fator GIS, nº 06, 1994, p. 16 a 21.
- 86 THEIS, J. B. **A universal change detection, features analysis, transfer and recording system.** In: American Society of Photogrammetry - Washington, March 1979, p. 193-214.
- 87 TOMMASELLI, A. M. G; MONICO J. F. G.; e CAMARGO, P. de O. **Análise da exatidão cartográfica da carta imagem "São Paulo",** In: Anais do V Sompósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, vol. 1, Natal - RN, Outubro 1988, p. 253-257.
- 88 TORRES, E. R. **Aerofotogrametria: simplicidade qualidade e precisão.** In: Revista Brasileira de Cartografia, nº 43, Jan/89, 1989, p. 48 a 62.
- 89 VIADANA, M. I. C. de Freitas. **Algumas metodologias de atualização cartográfica.** In: Anais do VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, vol. IV, Curitiba-PR, 1993, p. 400-409.
- 90 WALKER, A. S. **A review of map revision by photogrammetry.** Photogrammetric Record, 11(64): 395-405. October 1984.
- 91 WEISENSEE, M. & WROBEL, B. **Stat-of-art of digital image matching for object reconstruction.** In: EBNER/FRITSCH/HEIPKE Digital Photogrammetric Systems, Präzis-Druck, Karlsruhe, p. 135 a 151, 1991. **La confeccion de ortofotos digitales.** In: BÄHR, H. **Procesamiento digital de imagenes.** Eschborn, 1991, p. 85 a 103.
- 92 WIESEL, J. **La confeccion de ortofotos digitales.** In: BÄHR, H. **Procesameiento digital de imagenes,** Eschborn, 1991, p. 85-103.
- 93 WOLF, Paul R. **Elements of Photogrammetry.** Ed. Mc Graw Hill, segunda edição, p. 628, 1985.

PONTOS CRÍTICOS DA DISTRIBUIÇÃO "t" DE STUDENT



g.l. \ Pr	0,25	0,10	0,05	0,025	0,010	0,005	0,0025	0,0010	0,0005
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,637	127,32	318,31	636,62
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	14,089	22,326	31,598
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	7,453	10,213	12,924
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	5,598	7,173	8,610
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	4,773	5,893	6,869
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	4,317	5,208	5,959
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,020	4,785	5,408
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	3,833	4,501	5,041
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	3,690	4,297	4,781
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	3,581	4,144	4,537
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	3,497	4,025	4,437
12	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,428	3,930	4,318
13	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,372	3,852	4,221
14	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,326	3,787	4,140
15	0,691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,286	3,733	4,073
16	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,252	3,686	4,015
17	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,222	3,646	3,965
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,197	3,610	3,922
19	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,174	3,579	3,883
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,153	3,552	3,850
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,135	3,527	3,819
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,119	3,505	3,792
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,104	3,485	3,767
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,091	3,467	3,745
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,078	3,450	3,725
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,067	3,435	3,707
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,057	3,421	3,690
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,047	3,408	3,674
29	0,683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,038	3,396	3,659
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,030	3,385	3,646
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	2,971	3,307	3,551
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	2,915	3,232	3,460
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	2,860	3,160	3,373
∞	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	2,807	3,090	3,291

1

```

PATM-GPS :          COPYRIGHT : H.KLEIN/F.ACKERMANN 1988-1994

BLOCK ADJUSTMENT WITH INDEPENDENT MODELS          REVISION Dec-94

PROJECT : FLORIANOPOLIS - VOO 1:25.000
USER-ID. : ENG. NELSON MARISCO

START OF EXECUTION : 03-09-1996 15:21:50

*****
*****
** PROGRAM VERSION PATM-GPS                      **
** INPUT                                          **
** BASIC DATA          FROM FILE bas4          **
** PHOTOGRAMMETRIC MODELS          FROM FILE modmar1 **
** CONTROL POINTS          FROM FILE apomar    **
** 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 METER                                **
** READ IN IMVK          = 9          **
** LIMITATIONS                                          **
** NUMBER OF POINTS IN ONE MODEL          RESTRICTED TO 100 **
** NUMBER OF CONTROL POINTS IN ONE LIST RESTRICTED TO 350 **
** NUMBER OF MODELS IN ONE MODEL GROUP RESTRICTED TO 20 **
** DIMENSIONS OF ADDRESS MATRIX          RESTRICTED TO 9,3 **
** NUMBER OF MODELS/SUBMATRIX          RESTRICTED TO 38 **
** NUMBER OF POINT RECORDS          RESTRICTED TO 48 **
** NUMBER OF MODEL RECORDS          RESTRICTED TO 48 **
** REQUIRED WORKING AREA FOR THESE SPECIFICATIONS = 138660 **
** REQUIRED SCRATCH FILE : BLKSZ = 8192 BYTES, BLOCKS = 886 **
** BREAK UP LIMIT FOR THE SIZE OF MODEL GROUPS = 20 **
** MODEL NUMBERS OF THE FIRST MODEL GROUP :          **
** FIRST READ IN MODEL ASSUMED **
** NUMBER OF MODELS IN THE FIRST MODEL GROUP = 1 **
** STANDARD DEVIATIONS OF OBSERVATIONS          **
** PLANIMETRY HEIGHT                                **
** FOR MODEL POINTS          : 0.500 0.250 (IN MODEL SYSTEM) **
** FOR PROJECTION CENTERS          : 1.000 0.500 (IN MODEL SYSTEM) **
** 1.SET FOR CONTROL          : 0.500 0.250 (IN TERRAIN SYSTEM) **
** 2.SET FOR CONTROL          : 0.500 0.250 (IN TERRAIN SYSTEM) **
** INPUT FORMATS AND INPUT SEQUENCES          **
** MODEL NUMBERS          (I14) **
** PHOTOGRAMMETRIC POINTS          (I14,3F13.3,I5) **
** SEQUENCE OF READ IN COORDINATES OF MODEL POINTS          =XYZ **
** HORIZONTAL CONTROL POINTS          (I14,2F13.3,13X,I5) **
** SEQUENCE OF READ IN COORDINATES OF HORIZONTAL CONTROL POINTS = XY **

```

```

** VERTICAL CONTROL POINTS (114,26X,F13.3,15) **
**
** 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 **
** RESIDUALS ON TO FILE RESIDos **
** ADJUSTED COORDINATES ON TO FILE COORDadj **
** ORIENTATION PARAMETERS ON TO FILE ORIENTPA **
**
*****
*****

```

```

STORED UNSORTED MODEL RECORDS..... 1
STORED UNSORTED POINT RECORDS..... 1
STORED CONTROL POINT RECORDS..... 1
READ IN PHOTOGRAMMETRIC MODELS..... 3
READ IN PHOTOGRAMMETRIC MODEL POINTS..... 47
READ IN HORIZONTAL CONTROL POINTS..... 19
READ IN VERTICAL CONTROL POINTS..... 19

```

```

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

```

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 X AT POINT	4009	2.797
IN Y AT POINT	4004	2.774
IN Z AT POINT	4018	0.127

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 Z AT POINT	3090000	0.459
---------------	---------	-------

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 X AT POINT	4018	0.127
IN Y AT POINT	4018	0.083
IN Z AT POINT	4018	0.900

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

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

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES
 IN THE TERRAIN SYSTEM

IN X AT POINT	2002	0.031
IN Y AT POINT	4018	0.029
IN Z AT POINT	4018	0.003

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 X AT POINT	4018	0.010
IN Y AT POINT	4018	0.015
IN Z AT POINT	4009	0.404

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

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES
 IN THE TERRAIN SYSTEM

IN X AT POINT	4015	0.007
IN Y AT POINT	4018	0.013
IN Z AT POINT	4018	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 X AT POINT	4018	0.000
IN Y AT POINT	4018	0.000
IN Z AT POINT	2002	0.001

END OF ADJUSTMENT -- DUE TO CONDITION 1

STATISTICS

	PLAN	HEIGHT
1-FOLD POINTS	= 17	/ 17
2-FOLD POINTS	= 15	/ 15
NUMBER OF BLOCK POINTS	= 32	/ 32

OBSERVATIONS FOR HORIZONTAL BLOCK	= 74
UNKNOWNNS FOR HORIZONTAL BLOCK	= 46
REDUNDANCY FOR HORIZONTAL BLOCK	= 28
OBSERVATIONS FOR VERTICAL BLOCK	= 53
UNKNOWNNS FOR VERTICAL BLOCK	= 34
REDUNDANCY FOR VERTICAL BLOCK	= 19

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 = 60	RMS X/Y = 0.195	RMS X/Y = 0.195	CHV VXY = 0.829
OBS Z = 32	RMS Z = 0.137	RMS Z = 0.137	CHV Z = 0.410

PROJECTION CENTERS

OBS X/Y = 8	RMS X/Y = 0.595	RMS X/Y = 0.595	CHV VXY = 2.291
OBS Z = 4	RMS Z = 0.162	RMS Z = 0.162	CHV Z = 0.810

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

(TERRAIN SYSTEM) (TERRAIN SYSTEM)

CONTROL POINTS WITH SDS-NO. 1

OBS X/Y = 14	RMS X/Y = 0.378	CHV VXY = 1.603
--------------	-----------------	-----------------

OBS Z = 9 RMS Z = 0.235 CHV Z = 0.705

SIGMA NAUGHT IN THE MODEL SYSTEM

SIGMA NAUGHT FOR HORIZONTAL BLOCK = 0.391
 SIGMA NAUGHT FOR VERTICAL BLOCK = 0.261

TRANSFORMED PHOTOGRAMMETRIC MODEL COORDINATES AND RESIDUALS

(IN UNITS OF THE TERRAIN SYSTEM)

POINT NUMBER	CODE OF POINT			RX	RY	RZ	SDS CHECK
	X	Y	Z				
MODEL NUMBER 3080309				SC= 1.00062			
2004	746115.744	6947336.781	9.595	VE 1	0.246	0	
2005	742505.820	6946878.784	2.069	VE 1	-0.077	0	
2007	742433.056	6945520.447	7.822	HV 2	0.136	-0.362	0.329 0
2008	743939.585	6946032.699	82.760	HV 1	0.285	0.481	-0.298 0
2009	746358.081	6946028.441	4.341	HV 1	0.361	0.308	-0.218 0
4000	742675.811	6947471.157	2.134	SP 1		0	
4001	743240.383	6947549.225	10.418	SP 1		0	
4002	744288.908	6947453.566	2.204	SP 1		0	
4003	745843.476	6947367.441	10.269	SP 1		0	
4004	746354.341	6947539.358	35.027	SP 1		0	
4005	741899.296	6945595.877	8.154	TP 2	-0.088	0.024	-0.002 0
4006	742734.237	6945504.246	11.424	TP 2	-0.050	-0.024	-0.055 0
4007	744173.497	6945403.787	40.770	TP 2	0.020	-0.095	-0.111 0
4008	745667.168	6945212.487	2.842	TP 2	-0.253	-0.153	0.124 0
4009	746394.168	6945165.671	3.772	TP 2	-0.409	-0.179	0.117 0
3080000	744277.567	6947485.325	3823.519	PC 1		0	
3090000	744180.568	6945273.687	3825.093	PC 2	0.651	0.112	-0.221 0
MODEL NUMBER 3100309				SC= 0.99972			
2002	745975.707	6943136.065	135.402	HV 2	-0.432	0.207	0.140 0
2003	742486.233	6943433.593	58.903	HV 2	-0.207	0.047	-0.048 0
2006	746720.156	6944591.294	7.866	HV 1	-0.243	-0.139	-0.150 0
2007	742433.173	6945520.397	8.117	HV 2	0.020	-0.313	0.035 0
4005	741899.119	6945595.925	8.150	TP 2	0.089	-0.024	0.002 0
4006	742734.136	6945504.198	11.314	TP 2	0.051	0.024	0.055 0
4007	744173.537	6945403.597	40.548	TP 2	-0.020	0.095	0.111 0
4008	745666.661	6945212.181	3.090	TP 2	0.254	0.153	-0.124 0
4009	746393.349	6945165.312	4.007	TP 2	0.410	0.180	-0.117 0
4010	741840.527	6943444.956	12.789	TP 2	-0.109	-0.084	-0.082 0
4011	742596.825	6943255.803	11.704	TP 2	0.093	-0.056	-0.075 0
4012	744078.263	6943126.927	2.162	TP 2	0.116	-0.009	-0.064 0
4013	745417.768	6943238.622	143.310	TP 2	-0.097	0.033	0.163 0
4014	746053.082	6943017.042	141.698	TP 2	0.077	-0.114	0.084 0
3090000	744181.872	6945273.911	3824.651	PC 2	-0.652	-0.112	0.221 0
3100000	744102.477	6943075.254	3821.775	PC 2	0.796	-0.587	0.058 0
MODEL NUMBER 3100311				SC= 0.99969			
2001	744451.089	6941151.134	9.119	HV 1	0.215	-0.436	-0.069 0
2002	745975.587	6943136.200	135.344	HV 2	-0.312	0.071	0.198 0
2003	742485.849	6943433.505	58.944	HV 2	0.177	0.135	-0.088 0
4010	741840.309	6943444.789	12.625	TP 2	0.109	0.084	0.082 0
4011	742597.010	6943255.691	11.553	TP 2	-0.093	0.056	0.075 0
4012	744078.495	6943126.910	2.034	TP 2	-0.116	0.009	0.064 0
4013	745417.574	6943238.688	143.636	TP 2	0.097	-0.033	-0.163 0
4014	746053.235	6943016.813	141.866	TP 2	-0.077	0.114	-0.084 0
4015	744306.924	6941006.692	1.889	SP 1		0	
4016	744877.868	6940870.680	79.200	SP 1		0	
4017	745486.548	6940988.621	284.713	SP 1		0	

4018	745873.022	6941137.175	412.804	SP 1			0
3100000	744104.070	6943074.081	3821.892	PC 2	-0.796	0.587	-0.058 0 . .
3110000	744031.277	6940871.209	3820.349	PC 1			0

CONTROL POINT COORDINATES AND RESIDUALS

.....
 (IN UNITS OF THE TERRAIN SYSTEM)

POINT NUMBER	X	Y	Z	CODE OF POINT INPUT -> CHANGED	RX	RY	RZ	SDS CHECK

HORIZONTAL CONTROL POINTS

2001	744451.519	6941150.263		HV 1	-0.215	0.435	1	.
2002	745974.531	6943136.549		HV 2	0.744	-0.278	1	.
2003	742485.995	6943433.822		HV 2	0.031	-0.182	1	.
2006	746719.671	6944591.015		HV 1	0.243	0.139	1	.
2007	742433.348	6945519.409		HV 2	-0.156	0.675	1	.
2008	743940.155	6946033.662		HV 1	-0.285	-0.482	1	.
2009	746358.803	6946029.057		HV 1	-0.361	-0.308	1	.

>>>> 12 HORIZONTAL CONTROL POINT(S) NOT IN THE BLOCK <<<<<

VERTICAL CONTROL POINTS

2001		8.980	HV 1	0.069	1	.
2002		135.880	HV 2	-0.338	1	.
2003		58.720	HV 2	0.136	1	.
2004		10.088	VE 1	-0.247	1	.
2005		1.915	VE 1	0.077	1	.
2006		7.565	HV 1	0.150	1	.
2007		8.517	HV 2	-0.365	1	.
2008		82.163	HV 1	0.299	1	.
2009		3.904	HV 1	0.218	1	.

>>>> 10 VERTICAL CONTROL POINT(S) NOT IN THE BLOCK <<<<<

1

ADJUSTED COORDINATES ARRANGED BY INCREASING POINT NUMBERS

.....
 (IN UNITS OF THE TERRAIN SYSTEM)

POINT NUMBER	X	Y	Z	CODE
2001	744451.304	6941150.698	9.049	HV 1/1
2002	745975.275	6943136.271	135.542	HV 2/2
2003	742486.026	6943433.640	58.856	HV 2/2
2004	746115.744	6947336.781	9.841	VE 1/1
2005	742505.820	6946878.784	1.992	VE 1/1
2006	746719.914	6944591.154	7.715	HV 1/1
2007	742433.192	6945520.084	8.152	HV 2/2
2008	743939.870	6946033.180	82.462	HV 1/1
2009	746358.442	6946028.749	4.122	HV 1/1
4000	742675.811	6947471.157	2.134	SP 1/1
4001	743240.383	6947549.225	10.418	SP 1/1
4002	744288.908	6947453.566	2.204	SP 1/1
4003	745843.476	6947367.441	10.269	SP 1/1
4004	746354.341	6947539.358	35.027	SP 1/1
4005	741899.208	6945595.901	8.152	TP 2/2
4006	742734.186	6945504.222	11.369	TP 2/2
4007	744173.517	6945403.692	40.659	TP 2/2
4008	745666.915	6945212.335	2.966	TP 2/2
4009	746393.759	6945165.491	3.889	TP 2/2
4010	741840.418	6943444.872	12.707	TP 2/2
4011	742596.917	6943255.747	11.628	TP 2/2
4012	744078.379	6943126.919	2.098	TP 2/2
4013	745417.671	6943238.655	143.473	TP 2/2

4014	746053.158	6943016.928	141.782	TP 2/2
4015	744306.924	6941006.692	1.889	SP 1/1
4016	744877.868	6940870.680	79.200	SP 1/1
4017	745486.548	6940988.621	284.713	SP 1/1
4018	745873.022	6941137.175	412.804	SP 1/1
3080000	744277.567	6947485.325	3823.519	PC 1/1
3090000	744181.219	6945273.799	3824.872	PC 2/2
3100000	744103.274	6943074.667	3821.833	PC 2/2
3110000	744031.277	6940871.209	3820.349	PC 1/1

END OF EXECUTION : 03-09-1996 15:21:56

PATM-GPS END

1

PATM-GPS : COPYRIGHT : H.KLEIN/F.ACKERMANN 1988-1994

BLOCK ADJUSTMENT WITH INDEPENDENT MODELS

REVISION Dec-94

PROJECT : FLORIANOPOLIS - VOO 1:8.000

USER-ID. : ENG. NELSON MARISCO

START OF EXECUTION : 28-09-1996 12:17:39

```

*****
*****
** PROGRAM VERSION PATM-GPS **
**
** DIRECTORY FOR INPUT AND OUTPUT FILES : PRESENT WORKING DIRECTORY **
** INPUT **
** BASIC DATA FROM FILE bas4 **
** PHOTOGRAMMETRIC MODELS FROM FILE modmar2 **
** CONTROL POINTS FROM FILE apomar2 **
**
** 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 METER **
**
** READ IN IMVK = 9 **
**
** LIMITATIONS **
** NUMBER OF POINTS IN ONE MODEL RESTRICTED TO 100 **
** NUMBER OF CONTROL POINTS IN ONE LIST RESTRICTED TO 350 **
** NUMBER OF MODELS IN ONE MODEL GROUP RESTRICTED TO 20 **
** DIMENSIONS OF ADDRESS MATRIX RESTRICTED TO 9,3 **
** NUMBER OF MODELS/SUBMATRIX RESTRICTED TO 38 **
** NUMBER OF POINT RECORDS RESTRICTED TO 48 **
** NUMBER OF MODEL RECORDS RESTRICTED TO 48 **
**
** REQUIRED WORKING AREA FOR THESE SPECIFICATIONS = 138660 **
** REQUIRED SCRATCH FILE : BLKSZ = 8192 BYTES, BLOCKS = 886 **
**
** BREAK UP LIMIT FOR THE SIZE OF MODEL GROUPS = 20 **
**
** MODEL NUMBERS OF THE FIRST MODEL GROUP : **
** FIRST READ IN MODEL ASSUMED **
** NUMBER OF MODELS IN THE FIRST MODEL GROUP = 1 **
**
** STANDARD DEVIATIONS OF OBSERVATIONS **
** PLANIMETRY HEIGHT **
** FOR MODEL POINTS : 0.100 0.100 (IN MODEL SYSTEM) **
** FOR PROJECTION CENTERS : 0.400 0.300 (IN MODEL SYSTEM) **
** 1.SET FOR CONTROL : 0.200 0.150 (IN TERRAIN SYSTEM) **
**
** INPUT FORMATS AND INPUT SEQUENCES **
** MODEL NUMBERS (I14) **
** PHOTOGRAMMETRIC POINTS (I14,3F13.3,I5) **
** SEQUENCE OF READ IN COORDINATES OF MODEL POINTS =XYZ **
** HORIZONTAL CONTROL POINTS (I14,2F13.3,13X,I5) **
** SEQUENCE OF READ IN COORDINATES OF HORIZONTAL CONTROL POINTS = XY **
** VERTICAL CONTROL POINTS (I14,26X,F13.3,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 **
** RESIDUALS ON TO FILE RESIDos **
** ADJUSTED COORDINATES ON TO FILE COORDadj **
** ORIENTATION PARAMETERS ON TO FILE ORIENTPA **
**
*****
*****

```

```

STORED UNSORTED MODEL RECORDS..... 1
STORED UNSORTED POINT RECORDS..... 1
STORED CONTROL POINT RECORDS..... 1
READ IN PHOTOGRAMMETRIC MODELS..... 3
READ IN PHOTOGRAMMETRIC MODEL POINTS..... 48
READ IN HORIZONTAL CONTROL POINTS..... 19
READ IN VERTICAL CONTROL POINTS..... 19

```

```

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

```

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 X AT POINT 4021 547143.365
IN Y AT POINT 4035 4998665.198
IN Z AT POINT 4032 0.043

```

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 Z AT POINT 4032 0.272

```

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 X AT POINT	4025	0.114
IN Y AT POINT	4032	0.743
IN Z AT POINT	4039	0.595

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

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

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES
IN THE TERRAIN SYSTEM

IN X AT POINT	1004	0.091
IN Y AT POINT	4030	0.692
IN Z AT POINT	4032	0.001

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 X AT POINT	4025	0.001
IN Y AT POINT	4032	0.001
IN Z AT POINT	4030	0.041

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

MAXIMUM COORDINATE DIFFERENCES OF TRANSFORMED COORDINATES
IN THE TERRAIN SYSTEM

IN X AT POINT	4039	0.003
IN Y AT POINT	4035	0.005
IN Z AT POINT	4032	0.000

1 END OF ADJUSTMENT - DUE TO CONDITION 1

STATISTICS

PLAN / HEIGHT
 1-FOLD POINTS = 20 / 20
 2-FOLD POINTS = 14 / 14
 NUMBER OF BLOCK POINTS = 34 / 34

OBSERVATIONS FOR HORIZONTAL BLOCK = 82
 UNKNOWNNS FOR HORIZONTAL BLOCK = 52
 REDUNDANCY FOR HORIZONTAL BLOCK = 30
 OBSERVATIONS FOR VERTICAL BLOCK = 54
 UNKNOWNNS FOR VERTICAL BLOCK = 35
 REDUNDANCY FOR VERTICAL BLOCK = 19

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 = 64 RMS X/Y = 0.046 RMS X/Y = 0.046 CHV VXY = 0.197
 OBS Z = 32 RMS Z = 0.085 RMS Z = 0.085 CHV Z = 0.255

PROJECTION CENTERS

OBS X/Y = 8 RMS X/Y = 0.186 RMS X/Y = 0.186 CHV VXY = 1.290
 OBS Z = 4 RMS Z = 0.108 RMS Z = 0.108 CHV Z = 0.684

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

(TERRAIN SYSTEM) (TERRAIN SYSTEM)

CONTROL POINTS WITH SDS-NO. 1

OBS X/Y = 18 RMS X/Y = 0.221 CHV VXY = 0.938
 OBS Z = 10 RMS Z = 0.156 CHV Z = 0.469

SIGMA NAUGHT IN THE MODEL SYSTEM

SIGMA NAUGHT FOR HORIZONTAL BLOCK = 0.109
 SIGMA NAUGHT FOR VERTICAL BLOCK = 0.138

TRANSFORMED PHOTOGRAMMETRIC MODEL COORDINATES AND RESIDUALS

(IN UNITS OF THE TERRAIN SYSTEM)

POINT NUMBER X CODE OF POINT RX RY RZ SDS CHECK
 Y Z INPUT -> CHANGED

MODEL NUMBER 7420741				SC= 0.99976				
1003	203781.588	1965015.120	3.599	HV 1	-0.060	0.046	0.097	0
1004	203878.645	1964357.277	3.782	VE 2	-0.008	-0.016	0.045	0
1005	202573.045	1965051.976	1.466	HV 1	0.088	0.017	-0.067	0
1006	203829.552	1964781.731	4.422	HV 1	-0.096	0.025	-0.052	0
1007	203228.872	1964524.075	5.814	HV 2	-0.014	-0.008	-0.128	0
1008	203478.625	1964660.834	3.446	HV 1	0.006	-0.029	0.058	0
1009	203163.527	1965053.760	3.934	HV 1	0.086	0.021	-0.004	0
4020	202486.539	1965054.736	0.643	SP 1			0	
4021	202743.284	1965155.071	0.954	SP 1			0	
4022	203216.345	1965049.671	1.892	SP 1			0	
4023	203635.764	1965045.758	2.218	SP 1			0	
4024	203857.955	1965049.911	3.377	SP 1			0	
4025	202589.127	1964523.029	93.309	TP 2	0.030	-0.002	0.188	0
4026	202752.722	1964515.144	44.804	TP 2	-0.102	-0.034	-0.028	0
4027	203052.401	1964530.202	5.790	TP 2	-0.061	-0.036	-0.091	0
4028	203475.044	1964509.993	3.561	TP 2	0.021	0.005	0.016	0
4029	203813.698	1964546.380	4.436	TP 2	0.110	0.012	-0.050	0
7410000	203171.124	1964553.907	1242.379	PC 2	-0.096	-0.056	0.151	0
7420000	203167.319	1965276.924	1243.639	PC 1			0	

MODEL NUMBER 7400741				SC= 0.99949				
1004	203878.630	1964357.245	3.809	VE 2	0.008	0.016	0.018	0
1007	203228.878	1964524.077	5.586	HV 2	-0.019	-0.010	0.101	0
1010	203404.097	1964115.415	9.723	HV 1	0.018	0.085	-0.076	0
4025	202589.188	1964523.025	93.685	TP 2	-0.030	0.002	-0.188	0
4026	202752.517	1964515.076	44.747	TP 2	0.102	0.034	0.028	0
4027	203052.279	1964530.130	5.607	TP 2	0.061	0.036	0.091	0
4028	203475.085	1964510.002	3.593	TP 2	-0.021	-0.005	-0.016	0
4029	203813.919	1964546.403	4.336	TP 2	-0.110	-0.012	0.050	0
4030	202533.164	1963918.462	76.817	TP 2	-0.002	-0.026	0.019	0
4031	202760.052	1963892.141	34.857	TP 2	-0.008	-0.034	0.036	0
4032	203152.031	1963852.856	100.021	TP 2	-0.066	-0.015	0.125	0
4033	203632.383	1963838.223	3.645	TP 2	0.036	-0.037	-0.097	0
4034	203821.323	1963857.814	2.360	TP 2	0.032	-0.035	-0.076	0
7400000	203178.933	1963827.474	1242.809	PC 2	-0.195	0.296	0.022	0
7410000	203170.933	1964553.794	1242.681	PC 2	0.096	0.056	-0.151	0

MODEL NUMBER 7400739				SC= 0.99949				
1001	202578.648	1963213.207	2.041	HV 1	0.033	-0.063	0.099	0
1002	203718.289	1963362.316	3.524	HV 1	-0.040	-0.085	-0.090	0
4030	202533.161	1963918.410	76.854	TP 2	0.002	0.026	-0.019	0
4031	202760.036	1963892.073	34.929	TP 2	0.008	0.034	-0.036	0
4032	203151.900	1963852.826	100.270	TP 2	0.066	0.015	-0.125	0
4033	203632.454	1963838.148	3.450	TP 2	-0.036	0.037	0.097	0
4034	203821.387	1963857.744	2.208	TP 2	-0.032	0.035	0.076	0
4035	202510.066	1963148.392	6.405	SP 1			0	
4036	202795.237	1963135.433	0.691	SP 1			0	
4037	203213.129	1963135.499	0.885	SP 1			0	
4038	203595.630	1963124.004	0.875	SP 1			0	
4039	203839.450	1963092.101	1.280	SP 1			0	
7390000	203185.667	1963099.913	1243.087	PC 1			0	
7400000	203178.542	1963828.067	1242.852	PC 2	0.195	-0.296	-0.022	0

CONTROL POINT COORDINATES AND RESIDUALS

.....
 (IN UNITS OF THE TERRAIN SYSTEM)

POINT NUMBER	X	Y	CODE OF POINT		RX	RY	RZ	SDS CHECK
			Z	INPUT -> CHANGED				
HORIZONTAL CONTROL POINTS								
1001	202578.811	1963212.895		HV 1	-0.130	0.250	1	
1002	203718.087	1963361.893		HV 1	0.161	0.339	1	
1003	203781.289	1965015.351		HV 1	0.239	-0.185	1	

1005	202573.484	1965052.058	HV 1	-0.351	-0.066	1
1006	203829.070	1964781.856	HV 1	0.385	-0.100	1
1007	203228.727	1964523.994	HV 2	0.132	0.073	1
1008	203478.653	1964660.690	HV 1	-0.023	0.115	1
1009	203163.956	1965053.865	HV 1	-0.343	-0.084	1
1010	203404.185	1964115.842	HV 1	-0.071	-0.341	1

>>>> 10 HORIZONTAL CONTROL POINT(S) NOT IN THE BLOCK <<<<<

VERTICAL CONTROL POINTS

1001	2.363	HV 1	-0.223	1
1002	3.230	HV 1	0.203	1
1003	3.913	HV 1	-0.217	1
1004	3.970	VE 2	-0.143	1
1005	1.248	HV 1	0.151	1
1006	4.253	HV 1	0.117	1
1007	5.624	HV 2	0.062	1
1008	3.633	HV 1	-0.129	1
1009	3.922	HV 1	0.008	1
1010	9.477	HV 1	0.170	1

>>>> 9 VERTICAL CONTROL POINT(S) NOT IN THE BLOCK <<<<<

1

ADJUSTED COORDINATES ARRANGED BY INCREASING POINT NUMBERS

(IN UNITS OF THE TERRAIN SYSTEM)

POINT NUMBER	X	Y	Z	CODE
1001	202578.681	1963213.145	2.140	HV 1/1
1002	203718.248	1963362.232	3.433	HV 1/1
1003	203781.528	1965015.166	3.696	HV 1/1
1004	203878.638	1964357.261	3.827	VE 2/2
1005	202573.133	1965051.992	1.399	HV 1/1
1006	203829.455	1964781.756	4.370	HV 1/1
1007	203228.859	1964524.067	5.686	HV 2/2
1008	203478.630	1964660.805	3.504	HV 1/1
1009	203163.613	1965053.781	3.930	HV 1/1
1010	203404.114	1964115.501	9.647	HV 1/1
4020	202486.539	1965054.736	0.643	SP 1/1
4021	202743.284	1965155.071	0.954	SP 1/1
4022	203216.345	1965049.671	1.892	SP 1/1
4023	203635.764	1965045.758	2.218	SP 1/1
4024	203857.955	1965049.911	3.377	SP 1/1
4025	202589.158	1964523.027	93.497	TP 2/2
4026	202752.619	1964515.110	44.776	TP 2/2
4027	203052.340	1964530.166	5.699	TP 2/2
4028	203475.064	1964509.997	3.577	TP 2/2
4029	203813.808	1964546.392	4.386	TP 2/2
4030	202533.163	1963918.436	76.836	TP 2/2
4031	202760.044	1963892.107	34.893	TP 2/2
4032	203151.966	1963852.841	100.145	TP 2/2
4033	203632.419	1963838.185	3.548	TP 2/2
4034	203821.355	1963857.779	2.284	TP 2/2
4035	202510.066	1963148.392	6.405	SP 1/1
4036	202795.237	1963135.433	0.691	SP 1/1
4037	203213.129	1963135.499	0.885	SP 1/1
4038	203595.630	1963124.004	0.875	SP 1/1
4039	203839.450	1963092.101	1.280	SP 1/1
7390000	203185.667	1963099.913	1243.087	PC 1/1
7400000	203178.737	1963827.771	1242.830	PC 2/2
7410000	203171.028	1964553.850	1242.530	PC 2/2
7420000	203167.319	1965276.924	1243.639	PC 1/1

END OF EXECUTION : 28-09-1996 12:17:45

DPW Solution Accuracy QA Report

Solution Method: Absolute

Image ID: flo741.sup
 LSR camera Position 203170.765 1964553.953 1242.508
 Attitude in degrees from ground X(East),Y(North), to camera fiducial x, y
 Omega, Phi, Kappa (degrees) 0.056 -0.060 -90.710
 Focal Length (mm) 152.790

Point ID	Pt Type	Image Residual (pixels)		Ground Residuals		
		line	sample	X	Y	Z
4020	XYZ	0.08	0.66	-0.005	0.001	0.003
4021	XYZ	-0.62	-0.87	0.007	-0.005	-0.005
4022	XYZ	0.67	-0.81	0.007	0.005	0.002
4023	XYZ	0.17	0.07	-0.001	0.001	0.000
4024	XYZ	0.19	-0.03	0.000	0.002	0.001
4026	XYZ	0.36	-0.60	0.005	0.003	-0.002
4027	XYZ	-0.57	0.84	-0.007	-0.005	0.001
4028	XYZ	0.00	0.82	-0.007	0.000	-0.002
4030	XYZ	-0.27	-0.07	0.001	-0.002	0.001
RMS error		0.40	0.63	0.005	0.003	0.002

DPW Solution Accuracy QA Report

Ground Point Summary

Pt ID	Pt Type	Images	X	Y	Z
4020	XYZ	1	202486.539	1965054.736	0.643
4021	XYZ	1	202743.284	1965155.071	0.954
4022	XYZ	1	203216.345	1965049.671	1.892
4023	XYZ	1	203635.764	1965045.758	2.218
4024	XYZ	1	203857.955	1965049.911	3.377
4026	XYZ	1	202752.619	1964515.110	44.776
4027	XYZ	1	203052.340	1964530.166	5.699
4028	XYZ	1	203475.064	1964509.997	3.577
4030	XYZ	1	202533.163	1963918.436	76.836

Pt ID	X res.	Y res.	Z res.
4020	-0.005	0.001	0.003
4021	0.007	-0.005	-0.005
4022	0.007	0.005	0.002
4023	-0.001	0.001	0.000
4024	0.000	0.002	0.001
4026	0.005	0.003	-0.002
4027	-0.007	-0.005	0.001
4028	-0.007	0.000	-0.002
4030	0.001	-0.002	0.001

RMS of control points	0.005	0.003	0.002
-----------------------	-------	-------	-------

RMS of check points	0.000	0.000	0.000
---------------------	-------	-------	-------

DPW Solution Accuracy QA Report

Solution Method: Absolute

Image ID: flo180.sup
 Ground camera Position 744108.547 6943075.087 3820.302
 Geographic origin for camera angles is
 -48.5223091 -27.6211822 121.144
 Attitude in degrees from ground X(East),Y(North), to camera fiducial x, y
 Omega, Phi, Kappa (degrees) 0.332 -0.545 -91.251
 Focal Length (mm) 152.790

Point ID	Pt Type	Image Residual (pixels)		Ground Residuals		
		line	sample	X	Y	Z
4010	XYZ	-0.31	0.23	-0.155	-0.190	0.206
4013	XYZ	0.16	-0.09	0.064	0.099	0.076
4015	XYZ	0.06	0.12	-0.074	0.040	-0.071
4011	XYZ	0.06	-0.25	0.161	0.034	-0.173
4012	XYZ	0.25	-0.38	0.244	0.146	0.000
4014	XYZ	0.15	0.34	-0.215	0.107	-0.322
4016	XYZ	0.15	0.08	-0.049	0.101	-0.194
4017	XYZ	0.08	-0.37	0.253	0.045	0.202
4018	XYZ	-0.55	0.30	-0.229	-0.383	0.276
RMS error		0.25	0.27	0.178	0.163	0.195

DPW Solution Accuracy QA Report

Ground Point Summary

Pt ID	Pt Type	Images	X	Y	Z
4010	XYZ	1	741840.418	6943444.872	12.707
4011	XYZ	1	742596.917	6943255.747	11.628
4012	XYZ	1	744078.379	6943126.919	2.098
4013	XYZ	1	745417.671	6943238.655	143.473
4014	XYZ	1	746053.158	6943016.928	141.782
4015	XYZ	1	744306.924	6941006.692	1.889
4016	XYZ	1	744877.868	6940870.680	79.200
4017	XYZ	1	745486.548	6940988.621	284.713
4018	XYZ	1	745873.022	6941137.175	412.804

Pt ID	X res.	Y res.	Z res.
4010	-0.155	-0.190	0.206
4011	0.161	0.034	-0.173
4012	0.244	0.146	0.000
4013	0.064	0.099	0.076
4014	-0.215	0.107	-0.322
4015	-0.074	0.040	-0.071
4016	-0.049	0.101	-0.194
4017	0.253	0.045	0.202
4018	-0.229	-0.383	0.276

RMS of control points 0.178 0.163 0.195

RMS of check points 0.000 0.000 0.000

DPW Solution Accuracy QA Report

Solution Method: Absolute

Image ID: flo181.sup
 Ground camera Position 744183.127 6945273.160 3824.105
 Geographic origin for camera angles is
 -48.5267404 -27.5917042 21.093
 Attitude in degrees from ground X(East),Y(North), to camera fiducial x, y
 Omega, Phi, Kappa (degrees) -0.201 0.029 -90.945
 Focal Length (mm) 152.790

Point ID	Pt Type	Image Residual (pixels)		Ground Residuals		
		line	sample	X	Y	Z
4000	XYZ	0.11	-0.79	0.020	0.002	-0.007
4002	XYZ	0.66	0.32	-0.008	0.017	0.010
4012	XYZ	0.24	1.10	-0.688	0.175	-0.220
4001	XYZ	0.24	-0.23	0.006	0.006	0.002
4003	XYZ	0.76	0.64	-0.016	0.020	0.004
4004	XYZ	-0.88	-0.47	0.011	-0.023	-0.008
4005	XYZ	-0.69	-0.29	0.007	-0.018	-0.006
4006	XYZ	-0.45	-0.09	0.002	-0.012	-0.001
4007	XYZ	-0.46	-0.23	0.006	-0.012	-0.000
4008	XYZ	0.85	0.40	-0.009	0.022	-0.004
4009	XYZ	0.05	-0.56	0.014	0.001	0.008
4010	XYZ	-0.23	0.12	-0.078	-0.143	0.324
4011	XYZ	-0.39	-0.07	0.033	-0.246	0.324
4014	XYZ	0.19	0.14	-0.085	0.124	-0.331
RMS error		0.52	0.48	0.187	0.096	0.162

DPW Solution Accuracy QA Report

Ground Point Summary

Pt ID	Pt Type	Images	X	Y	Z
4000	XYZ	1	742675.811	6947471.157	2.134
4001	XYZ	1	743240.383	6947549.225	10.418
4002	XYZ	1	744288.908	6947453.566	2.204
4003	XYZ	1	745843.476	6947367.441	10.269
4004	XYZ	1	746354.341	6947539.358	35.027
4005	XYZ	1	741899.208	6945595.901	8.152
4006	XYZ	1	742734.186	6945504.222	11.369
4007	XYZ	1	744173.517	6945403.692	40.659
4008	XYZ	1	745666.915	6945212.335	2.966
4009	XYZ	1	746393.759	6945165.491	3.889
4010	XYZ	1	741840.418	6943444.872	12.707
4011	XYZ	1	742596.917	6943255.747	11.628
4012	XYZ	1	744078.379	6943126.919	2.098
4014	XYZ	1	746053.158	6943016.928	141.782

Pt ID	X res.	Y res.	Z res.
4000	0.020	0.002	-0.007
4001	0.006	0.006	0.002
4002	-0.008	0.017	0.010
4003	-0.016	0.020	0.004
4004	0.011	-0.023	-0.008
4005	0.007	-0.018	-0.006
4006	0.002	-0.012	-0.001
4007	0.006	-0.012	-0.000
4008	-0.009	0.022	-0.004
4009	0.014	0.001	0.008
4010	-0.078	-0.143	0.324
4011	0.033	-0.246	0.324
4012	-0.688	0.175	-0.220
4014	-0.085	0.124	-0.331

RMS of control points 0.187 0.096 0.162

RMS of check points 0.000 0.000 0.000

Nas TABELAS (A) e (B) a seguir, apresenta-se as categorias, os elementos e as simbologias que foram especificados para a vetorização dos arquivos raster das bases cartográficas nas escalas 1:10.000 e 1:2.000.

TABELA(A): Denominação das categorias e feições a serem vetorizadas linearmente.

CATEGORIAS	Código feições	Feições	Características lineares			
			estilo	tamanho	nível	cor
Vias	3014	arruamentos	0	0	2	3
	3015	ruas sem pavimentação	1	0	2	3
	3016	caminhos	7	0	11	6
Estruturas	3101	residências	0	1	21	6
	3104	escolas	0	0	24	4
	3109	hospital	0	0	7	82
	3111	pontes	0	0	8	5
	401	terminais de ônibus	0	0	31	12
Obstáculos	3205	cemitério	1	1	35	0
Utilidades	3312	campo de futebol	0	0	10	82
	3313	passarelas	0	0	24	4
Drenagem	3501	rios	6	1	50	1
	3502	lagos	0	0	50	7
	3503	canais	0	0	50	7
Altimetria	300	curvas intermediárias	0	0	4	6
	301	curvas mestras	0	1	4	10
Malha	510	quadriculado	0	0	1	1
Divisas	200	muros	0	0	6	2
	3202	cercas	0	0	32	5

TABELA (B): Denominação das categorias e feições a serem vetorizadas por células.

CATEGORIAS	Código feições	Feições	Características de pontos (célula)			
			célula	nível	cor	escala
Utilidades	3306	poste de luz	wup	40	4	0.02
	3313	passarelas	pas	40	4	0.10
Drenagem	3504	pântanos	swap	50	2	0.10
Altimetria	302	pontos cotados	vert	4	6	0.02

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

SO-C-II-3	—	SO-C-II-2
SO-C-I-6	SO-C-II-4	SO-C-II-5
SO-C-III-3	SO-C-IV-1	—

LEVANTAMENTO AEROFOTOMETRICO
PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR
MERIDIANO CENTRAL : 51°

Convenções :

BARRAGÃO
 MARQUESE
 CARRANHO
 MATO
 MESECA
 CULTURA
 LINHA DE ALTA TENSÃO
 VALETA
 REFERÊNCIA DE NÍVEL
 PONTO DE CAMPO
 PONTO DE ANELADO
 CERCA
 MURO
 CERCA VIVA
 CERCA MISTA
 PAREDELA
 ENCAMINHAMENTO
 ESTRADA C/PAVIMENTAÇÃO
 RUA C/PAVIMENTAÇÃO
 RUA E ESTRADA INDEFINIDA
 CASAS
 CONTINUAÇÃO DA RUA
 PEDRA DE MOER
 LADRA
 ALVARADO
 ATENIDO
 BARRANCO OU ORTE
 PONTE E BUERO
 CURVOS D'ÁGUA
 POSTES
 CURVAS DE NÍVEL
 ESTRADA DE FERRO
 ÁREA



ESTA FOLHA FOI EXECUTADA À PARTIR DO RECORRIMENTO AEROFOTOMETRICO EXECUTADO
PELA ESTIO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S/A, EM OUT/76 PARA O DER/SC.

DATA DA REAMBULAÇÃO : ABRIL/78



PLANEJAMENTO

OPORTUNIDADES

- Área de Reserva
- Área de Proteção Ambiental
- Área de Interesse Social
- Área de Interesse Especial
- Área de Interesse Público
- Área de Interesse Comunitário
- Área de Interesse Coletivo
- Área de Interesse Individual
- Área de Interesse Particular
- Área de Interesse Privado
- Área de Interesse Social
- Área de Interesse Especial
- Área de Interesse Público
- Área de Interesse Comunitário
- Área de Interesse Coletivo
- Área de Interesse Individual
- Área de Interesse Particular
- Área de Interesse Privado

OPORTUNIDADES

- Área de Reserva
- Área de Proteção Ambiental
- Área de Interesse Social
- Área de Interesse Especial
- Área de Interesse Público
- Área de Interesse Comunitário
- Área de Interesse Coletivo
- Área de Interesse Individual
- Área de Interesse Particular
- Área de Interesse Privado

OPORTUNIDADES

- Área de Reserva
- Área de Proteção Ambiental
- Área de Interesse Social
- Área de Interesse Especial
- Área de Interesse Público
- Área de Interesse Comunitário
- Área de Interesse Coletivo
- Área de Interesse Individual
- Área de Interesse Particular
- Área de Interesse Privado

OPORTUNIDADES

- Área de Reserva
- Área de Proteção Ambiental
- Área de Interesse Social
- Área de Interesse Especial
- Área de Interesse Público
- Área de Interesse Comunitário
- Área de Interesse Coletivo
- Área de Interesse Individual
- Área de Interesse Particular
- Área de Interesse Privado

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
PROJETO DE ARQUITETURA



PROJETO DE ARQUITETURA
PROJETO DE ARQUITETURA

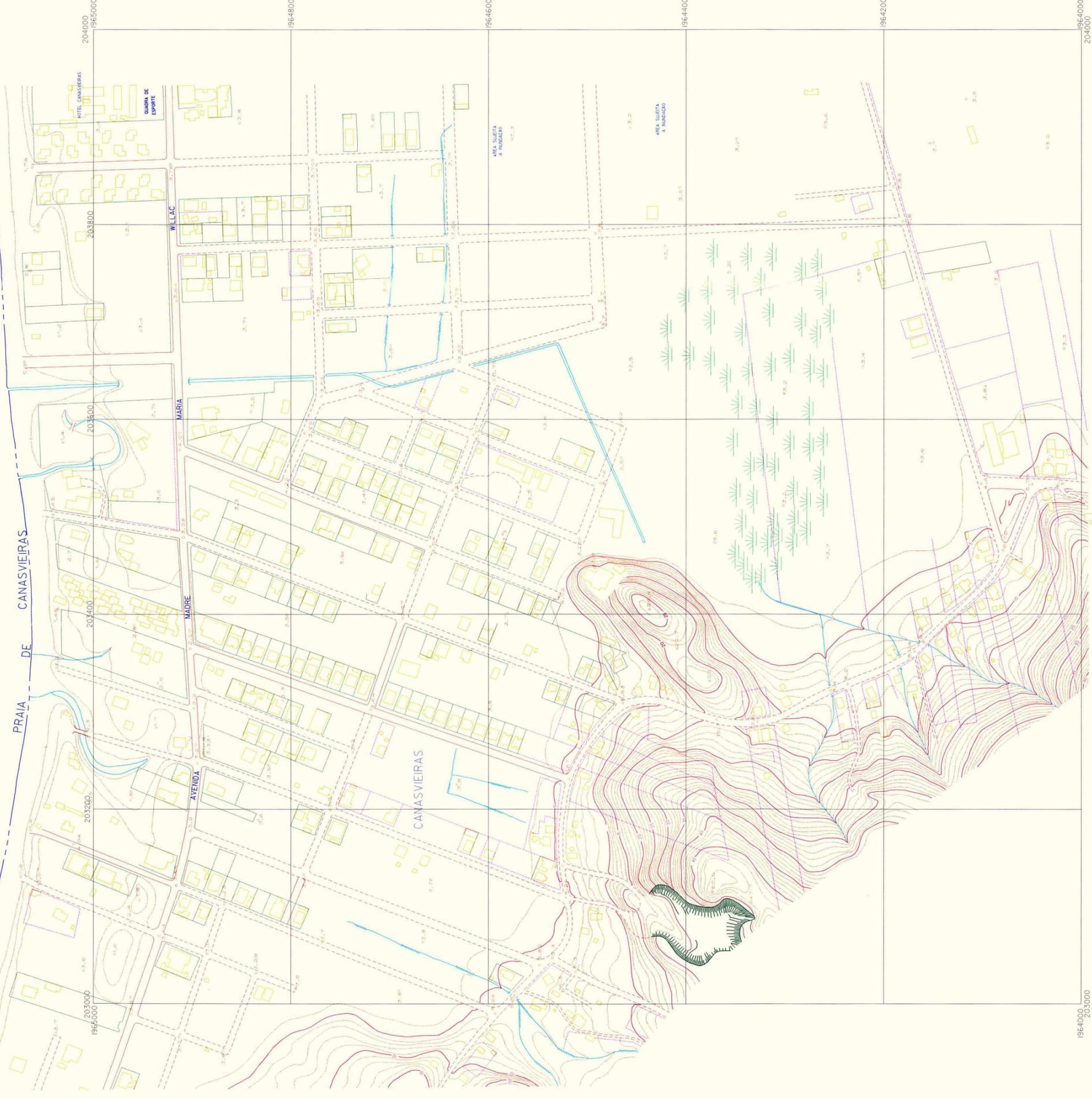
LEGENDA

Área de Reserva	Área de Proteção Ambiental	Área de Interesse Social	Área de Interesse Especial	Área de Interesse Público	Área de Interesse Comunitário	Área de Interesse Coletivo	Área de Interesse Individual	Área de Interesse Particular	Área de Interesse Privado
-----------------	----------------------------	--------------------------	----------------------------	---------------------------	-------------------------------	----------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------

MAPA 05: ARQUIVO VETORIAL DA BASE EXISTENTE (ÁREA II)

OCEANO ATLÂNTICO

PRAIA DE CANASVEIRAS

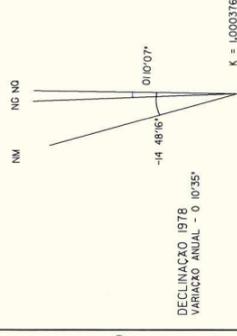


IPIUF INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS

PLANTA CADASTRAL DOS BALNEÁRIOS NORTE
COSTA NORTE DA
ILHA DE SANTA CATARINA - ESCALA 1:2000
FOLHA-SG-22-Z-D-III-3-SO-C-II-4

CONVÊNIO: IPEA/CNPU - PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS

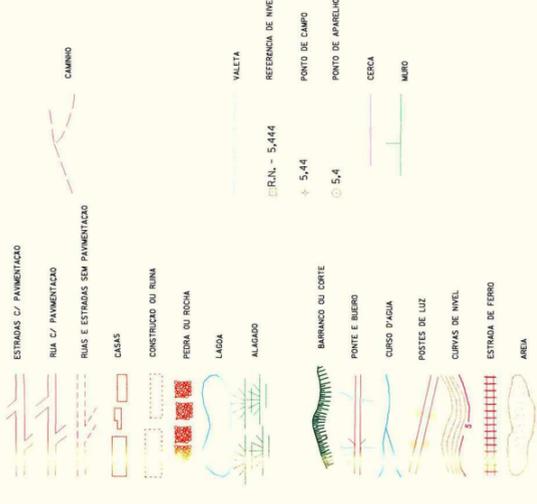


ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

SO-C-II-3	-	SO-C-II-2
SO-C-II-6	SO-C-II-4	SO-C-II-5
SO-C-III-3	SO-C-IV-1	-

LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO
PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR
MERIDIANO CENTRAL = 51°

CONVENÇÕES



PRODUTO VETORIAL ELABORADO POR ENG. CARTÓGRAFO NELSON MARISCO EM NOV. 96
OBS: ESTE PRODUTO ESTÁ REFERENCIADO AO DATUM SAD - 69
O SISTEMA DE PROJEÇÃO UTILIZADO É O LOCAL TRANSVERSO DE MERCATOR (LTM)
ESTA FOLHA FOI EXECUTADA A PARTIR DO RECORRIMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO EXECUTADO
PELA ESTEIO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S.A., EM OUT/76 PARA O DERV/SC.
DATA DA REAMBULAÇÃO: ABRIL/78
EXECUTADO POR: AEROMAPA BRASIL S.A.



INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS

RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA
AGLOMERADO URBANO DE FLORIANÓPOLIS

FOLHA: SG-22-Z-D-V-2-NE-F



CONVENÇÕES

PLANIMETRIA
ASPECTOS GERAIS

- Rua pavimentada
- Estrada de ferro
- Edifício
- Árvore
- Escada
- Cabeleira
- Obelisco
- Camêrio
- Praca de esportes
- Praca ou jardim
- Aeroporto
- Campo de pouso
- Unidade municipal
- Unidade urbana
- Unidade industrial
- Reservatório de água
- Tubulações
- Pavimento
- Sem pavimentação
- Canteiro

OBRAS DE ARTE

- Estação de ferro
- Ponte, Passarelas

HIDROGRAFIA

- Curso d'água
- Lago ou Lagoa
- Alagado
- Canal
- Vau

RODOVIAS

- Linha de energia elétrica AT
- Torre de rádio ou TV
- Alcance GPS

ALTIMETRIA

- Curvas de nível
- Ponto de abastecimento
- Ponto de campo
- Referência de nível

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
FOTOGRAFIAS AÉREAS OBTIDAS EM 1994

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1997
E CORREÇÃO MAGNÉTICA
NO CENTRO DA FOLHA



VARIACAO ANUAL 0,37

PROJECCAO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
PROJECCAO CONICO POLAR
N = 10004276
DATUM HORIZONTAL SIO 83 - BDE
DATUM VERTICAL MARICOMPO MIBUBA-S-83E

ARTICULACAO DA FOLHA

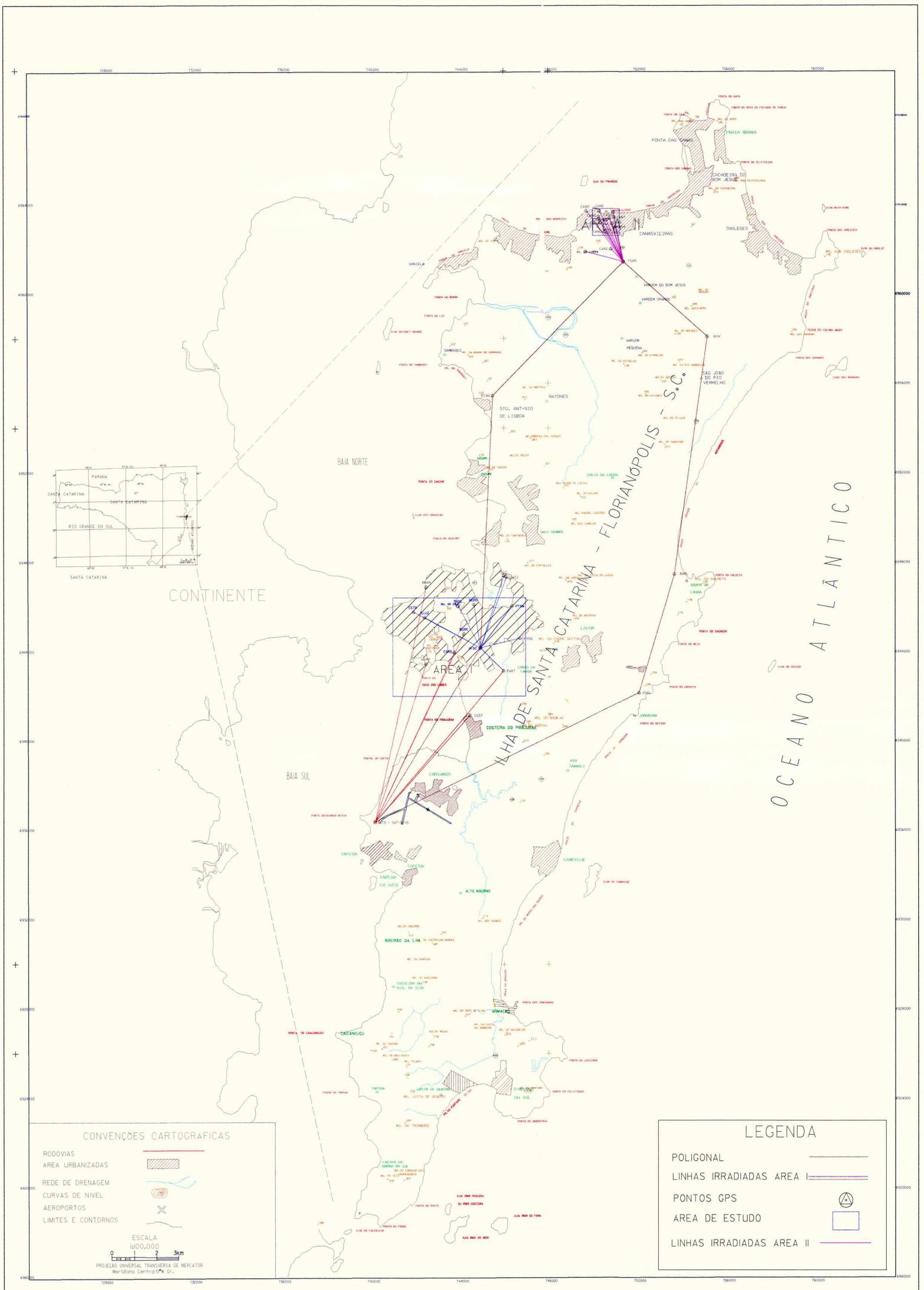
K-22-4	K-22-5	K-22-6	K-22-7	K-22-8
K-22-4	K-22-5	K-22-6	K-22-7	K-22-8
K-22-4	K-22-5	K-22-6	K-22-7	K-22-8
K-22-4	K-22-5	K-22-6	K-22-7	K-22-8

ESCALA 1:10 000



1997

MAPA 01: AREA DE ESTUDO I E II, POLIGONAL E PONTOS IRRADIADOS



FONTE: MAPA FISICO-POLITICO DO MUNICIPIO DE FLORIANÓPOLIS DE 1993
 EXECUÇÃO: PRODUTO VETORIAL ELABORADO PELO ENG. CARTÓGRAFO NELSON MARISCO EM OUT. 96



PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS
INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS

RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA
AGLOMERADO URBANO DE FLORIANÓPOLIS

FOLHA: SG-22-Z-D-V-2-NE-F



CONVENÇÕES

PLANIMETRIA
ASPECTOS GERAIS

- Ruas pavimentadas
- Estrada de ferro
- Estrada de terra
- OBRAS DE ARTE
- PONTE PASSARELIS

HIDROGRAFIA

- Curva d'água
- Lago ou Lagoa
- Alagado
- Canal
- Via

ALTIMETRIA

- Curva de nível
- Ponto de apoio
- Ponto de campo
- Referência de nível

RODOVIAS

- Pavimentado
- Sem pavimentação
- Caminho

UTILIDADES

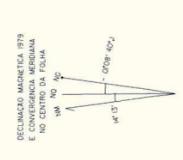
- Linha de energia elétrica AT
- Torre de rádio ou TV
- Vertice

ASPECTOS GERAIS

- Edifício
- Grife
- Escada
- Café
- Churrasco
- Castiçal
- Prédio de esportes
- Prédio ou jardim
- Composto de praia
- Limite municipal
- Limite distrital
- Limite inserido
- Reservatório d'água

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

FOTOGRAFIA OBTIDA EM 1979



VARIAÇÃO ANUAL 2,5
PROJEÇÃO UTM
MERIDIANO CENTRAL 52° W. G. C.
K = 1000000
DATUM HORIZONTAL SAO 55 - BGE
DATUM VERTICAL MARCGRAM 1972 - BGE

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

V-22-Z-D-V-2-NE-F	V-22-Z-D-V-2-NE-E	V-22-Z-D-V-2-NE-G	V-22-Z-D-V-2-NE-H
V-22-Z-D-V-2-NE-F	V-22-Z-D-V-2-NE-G	V-22-Z-D-V-2-NE-H	V-22-Z-D-V-2-NE-I



EXECUTADO POR AEROFOTO CRUZEIRO S. A.

PRODUTO VETORIAL ELABORADO POR ENG. CARTOGRAFO: NELSON MARISCO EM OUT. DE 1996

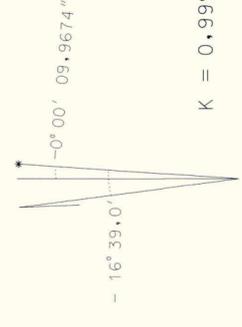
OCEANO ATLANTICO

IPUF INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANOPOLIS

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANOPOLIS

PLANTA CADASTRAL DOS BALNEARIOS NORTE
COSTA NORTE DA
ILHA DE SANTA CATARINA - ESCALA 1:2000

FOLHA-SG-22-Z-D-III-3-SO-C-II-4



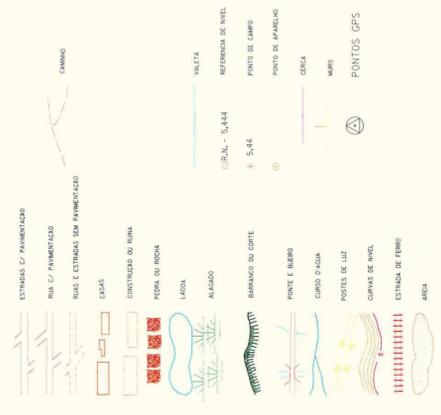
$K = 0,999999516$

VARIACAO ANUAL - 03,1'

ARTICULACAO DAS FOLHAS

SO-C-I-3	SO-C-II-2
SO-C-II-6	SO-C-III-4
SO-C-III-3	SO-C-IV-1

CONVENÇÕES



FOTOGRAFIAS OBTIDAS EM 1994

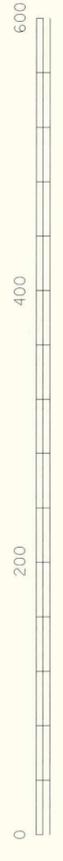
PROJEÇÃO LOCAL TRANSVERSA DE MERCATOR (LTM)

MERIDIANO CENTRAL 48° 30' W. GR.

DATUM HORIZONTAL SAD 69 - IBGE

DATUM VERTICAL MAREGRAFO IMBITUBA-SC - IBGE

ESCALA GRAFICA



1:2.000

NOVEMBRO DE 1996

EXECUTADO POR ENG. CARTOGRAFO: NELSON MARISCO

