

PAULO ROBERTO GUIMARÃES LEAL

**CONTROLE DE QUALIDADE EM CARTOGRAFIA**

Proposta metodológica para avaliação das cartas  
topográficas do mapeamento sistemático nacional

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, para obtenção do título de MESTRE em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ruth Emilia Nogueira Loch

Florianópolis, Junho de 2007

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

**CONTROLE DE QUALIDADE EM CARTOGRAFIA**

Proposta metodológica para avaliação das cartas  
topográficas do mapeamento sistemático nacional

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, para obtenção do título de MESTRE em Engenharia Civil.

PAULO ROBERTO GUIMARÃES LEAL

Florianópolis, Junho de 2007.

PAULO ROBERTO GUIMARÃES LEAL

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

---

Prof. Dr. Glicério Trichês - Coordenador do PPGEC

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ruth Emilia Nogueira Loch - Orientadora

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ruth Emilia Nogueira Loch - GNC/ECV/UFSC

---

Prof. Dr. Paulo Marcio Leal de Menezes/DEP GEOGRAFIA/UFRJ

---

Prof. Dr.- Ing. Jürgen Wilhelm Philips - ECV/UFSC

---

Prof. Dr. Jucilei Cordini - ECV/UFSC

***EPÍGRAFE***

*Mais do que máquinas precisamos de humanidade.  
Mais do que inteligência precisamos de afeição e doçura.  
Sem essas virtudes, a vida será de violência e tudo será perdido.*

*Charles Chaplin (1889 -1977).  
O Ultimo discurso de “O Grande Ditador”.*

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho*

*A Deus por me conceder saúde e força de vontade  
para concluir este trabalho*

*As pessoas mais importantes da minha vida:*

*Vera, minha esposa e companheira de todas as horas;*

*Paula, Ana e Mariza (gêmeas), minhas filhas,  
pela compreensão nas freqüentes ausências e privações.*

*Aos meus pais Jorge e Iza pela vida e formação (educação).*

*Aos meus irmãos Mariza e Antonio pela amizade e respeito que nos une.*

*Aos meus colegas e amigos de profissão  
pela árdua e incessante luta  
em produzir uma Cartografia de qualidade no Brasil.*

## AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos:

À Professora, orientadora e amiga Dr<sup>a</sup>. Ruth Emilia Nogueira Loch, que depositou sua confiança para a realização desta pesquisa, pelo incentivo, dedicação e paciência.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) que ainda possibilitam um curso público, gratuito e de qualidade e em especial aos professores doutores Carlos Loch e Jucilei Cordini pelo incentivo e apoio incondicional quanto ao meu ingresso no curso de mestrado na área de concentração Cadastro Técnico Multifinalitário.

Aos membros participantes da banca examinadora por aceitarem o convite e se disporem a contribuir com seu conhecimento, experiência e pelas críticas, sugestões e recomendações.

Ao Eng<sup>o</sup> Ulisses Pastore chefe da ex Divisão de Geociências do Sul (DIGEO/SUL) do IBGE/SC e aos diretores de Geociências Guido Gelli e Luiz Paulo Souto Fortes do IBGE/RJ por autorizarem meu ingresso no curso de mestrado na UFSC.

A Eng<sup>a</sup> Cartógrafa Moema José de Carvalho Augusto coordenadora de Cartografia (CCAR) do IBGE/RJ por oportunizar nossa participação nas campanhas de apoio de campo fotogramétrico do Projeto SC-25, que permitiram a medição GPS dos pontos de teste.

As equipes de campo da CCAR e das Gerências de Geodésia e Cartografia (GGC'S) das Unidades do IBGE em Brasília e Goiânia pela colaboração na medição GPS de alguns pontos de teste.

Ao Eng<sup>o</sup> Cartógrafo Luis Antonio Xavier, coordenador das atividades de apoio de campo fotogramétrico do Projeto SC-25 e ao Eng<sup>o</sup> Fernando Bezerra Barroso pelo processamento dos

dados GPS e, ainda ao Eng<sup>o</sup> Cartógrafo Alberto Luis de Azevedo Delou pelos esclarecimentos técnicos sobre a metodologia de conversão digital das cartas topográficas.

A Eng<sup>a</sup> Cartógrafa Sonia Maria Alves Costa coordenadora de Geodésia (CGED) do IBGE/RJ pela cessão de cópia do artigo publicado na revista cartográfica n<sup>o</sup> 23 do IPGH de 1972, que trata dos parâmetros de transformação entre os sistemas geodésicos SAD 69 e CHUÁ ASTRO e ao Eng<sup>o</sup> Cartógrafo Antonio Carvalho pelo fornecimento de informações referentes ao banco de dados do apoio básico e de campo utilizados como infra-estrutura geodésica para a elaboração das 13 cartas topográficas do bloco 12 - Projeto SC-50.

Ao Eng<sup>o</sup> Cartógrafo José Wagner dos Anjos pela obtenção de dados na CCAR e discussões técnicas que contribuíram para a pesquisa e ao Eng<sup>o</sup> Cartógrafo César Luis Soares Monteiro da Gerência de Geodésia e Cartografia da Unidade Estadual do IBGE em Santa Catarina pela elaboração de algumas figuras e pelo incentivo constante.

Ao Professor Msc. Mauro Pereira de Melo da UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro pelo fornecimento da vasta documentação de sua autoria sobre o assunto “Controle de Qualidade em Cartografia” e pelo apoio prestado sempre que necessitava de esclarecimentos técnicos.

A todos os colegas da Unidade Estadual do IBGE em Santa Catarina, aos amigos e parentes que prestaram ajuda e me incentivaram nesta nova etapa de minha vida profissional.

A todos aqueles que direta ou indiretamente durante o desenvolvimento deste trabalho manteve contatos pessoais, por telefone e por e-mail, fornecendo informações e contribuições técnicas bem como a cessão de artigos, trabalhos e dissertações sobre o assunto desta pesquisa.

***Muito Obrigado***

## RESUMO

A Cartografia é uma ciência, técnica e arte da elaboração de mapas e cartas indispensável para o planejamento, organização e gerenciamento do território e suas relações do homem com o meio ambiente. As cartas topográficas do mapeamento sistemático nacional, fontes da fotogrametria, elaboradas pelos órgãos IBGE e a DSG responsáveis pelo SCN - Sistema Cartográfico Nacional por mais de meio século, desenvolveram uma cartografia pelos métodos analógicos, sem preocupações com o teste de carta no campo, com vistas à obtenção da qualidade posicional dos seus produtos, apesar da existir legislação vigente para a execução do controle de campo. Com o advento do sistema GPS, da tecnologia digital e a informatização dos processos de produção cartográfica, através da conversão das cartas para o ambiente digital, bem como a restituição estereofotogramétrica digital e o desenvolvimento do SIG - Sistema de Informações Geográficas começam a exigir a avaliação de dados cartográficos para a consolidação do controle de qualidade em Cartografia. No Brasil a análise da qualidade posicional planimétrica e altimétrica é baseada no conhecimento do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) de acordo com o Decreto nº. 89.817 de 20/06/84 que dispõe sobre as instruções reguladoras das normas técnicas da Cartografia Nacional que visa classificar os documentos cartográficos de acordo com o Erro Padrão. Neste contexto, o presente trabalho tem como objeto central avaliar a qualidade geométrica de um conjunto de 13 cartas analógicas do IBGE elaboradas em 1976 e suas correspondentes cartas digitais convertidas por digitalização automática via scanner, de uma área localizada no sul do estado de Santa Catarina, a partir de amostras de pontos bem identificáveis no terreno para a determinação do Erro Padrão (EP) e do Padrão de Exatidão cartográfica (PEC), avaliar outros componentes da qualidade da carta e recomendar uma atualização do Decreto 89817.

Palavras-chaves: Cartografia, Controle de Qualidade e Padrão de Exatidão Cartográfica;



## ABSTRACT

The Cartography is an science, technique and art of maps an charts elaboration indispensable for the territory's planning, organization and management and it's relationships with man and the environment. Topographic maps from Brazilian National Systematic Mapping, elaborated by IBGE and DSG for more than half century, were developed as cartography with analogical methods, without concerns in checking the positional quality of the products, although there is legislation for execution of the control land. Nowadays, with the GPS system, the digital technology and consequent change of cartographic production to a digital way, through the map conversion to a digital atmosphere, as well as the digital stereo-restitution and the development of GIS - Geographic Information Systems, it begin to demand norms and appropriate parameters for evaluation of cartographic data and the consolidation of quality control in cartography activities. The horizontal and vertical positional quality analysis in Brazil is based on PEC (Map Accuracy Standard) of according with decree law number 89817 of 20/06/84 that establishes the technical regulations to classify cartographic documents in agreement with the Standard Error. In this context, the present work has as central object to evaluate the geometric quality of a group of 13 topography sheets printed analogical by IBGE in 1976 and their correspondents digitals charts converted by automatic digitization by scanner, regarding an area located in the south of the State of Santa Catarina starting from a sample of very identifiable points in the land for the determination of Standard Error and of PEC, evaluate the other components of maps quality and recommend of the update of the Decree 89817.

**Keywords:** Cartography, Quality Control and Map Accuracy Standard;

## SUMÁRIO

|  |      |
|--|------|
| LISTA DE FIGURAS .....   | xiv  |
| LISTA DE TABELAS .....   | xv   |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....   | xvii |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....  | xx   |
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 21   |
| 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....   | 21   |
| 1.2 JUSTIFICATIVAS .....   | 22   |
| 1.3 OBJETIVOS.....   | 25   |
| 1.3.1 Objetivo Geral .....   | 25   |
| 1.3.2 Objetivos Específicos .....  | 25   |
| 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....  | 25   |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....  | 28   |
| 2.1 GEODÉSIA .....   | 28   |
| 2.1.1 Breve histórico da Geodésia no IBGE.....   | 29   |
| 2.1.2 Sistemas Geodésicos de Referência (SGR).....   | 31   |
| 2.1.3 Sistemas Geodésicos de Referência (SGR) utilizados no mapeamento sistemático nacional..... | 31   |
| 2.1.4 Sistema Geodésico de Referência Mundial .....  | 32   |
| 2.1.5 Configuração espacial do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).....                           | 36   |
| 2.1.6 Posicionamento por satélites artificias .....  | 38   |
| 2.2 FOTOGRAMETRIA .....  | 42   |
| 2.2.1 Breve histórico da Fotogrametria .....   | 43   |
| 2.3 CARTOGRAFIA.....   | 45   |
| 2.3.1 Mapeamento .....   | 46   |
| 2.3.2 Informação cartográfica.....   | 47   |
| 2.3.3 Cartografia digital.....   | 47   |
| 2.3.4 Mapoteca Topográfica Digital (MTD) do IBGE.....  | 48   |
| 2.4 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO NACIONAL.....   | 48   |

|   |    |
|---|----|
| 2.4.1 Breve histórico do mapeamento oficial no Brasil .....                                   | 48 |
| 2.4.2 Sistema Cartográfico Nacional (SCN) .....   | 49 |
| 2.4.3 Situação do mapeamento sistemático nacional .....                                       | 50 |
| 2.4.4 Campos de aplicação da Cartografia .....  | 51 |
| 2.5 QUALIDADE EM CARTOGRAFIA .....  | 53 |
| 2.6 ERROS .....   | 56 |
| 2.7 AMOSTRAGEM.....   | 58 |
| 2.8 EXATIDÃO E PRECISÃO CARTOGRÁFICA.....   | 59 |
| 2.8.1 Padrões de exatidão cartográfica no Brasil.....   | 60 |
| 2.8.2 Padrões de exatidão cartográfica em outros países .....                                 | 61 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS.....  | 63 |
| 3.1 LOCALIZAÇÃO DAS CARTAS .....  | 63 |
| 3.2 MATERIAIS .....   | 64 |
| 3.2.1 Mapeamento topográfico sistemático das 13 cartas em Santa Catarina.....                 | 65 |
| 3.2.2 Conversão digital das cartas topográficas no IBGE .....                                 | 68 |
| 3.2.3 Fotografias aéreas de 2002 da empresa Aeroimagem .....                                  | 70 |
| 3.2.4 Receptor GPS topográfico .....  | 70 |
| 3.2.5 Programas de transformação de sistemas geodésicos.....                                  | 70 |
| 3.2.6 Imagem do Google Earth de 2006.....   | 72 |
| 3.2.7 Programas de processamento de dados GPS .....   | 72 |
| 3.3 MÉTODOS.....  | 72 |
| 3.3.1 Determinação do número da amostra dos pontos de teste.....                              | 73 |
| 3.3.2 Seleção e distribuição dos pontos de teste.....   | 76 |
| 3.3.3 Apoio geodésico utilizado na medição GPS dos pontos de teste .....                      | 77 |
| 3.3.4 Medição GPS dos pontos de teste.....  | 78 |
| 3.3.5 Análise estatística da exatidão posicional .....  | 79 |
| 3.3.6 Extração das coordenadas UTM dos pontos de teste nas cartas analógicas e digitais ..... | 83 |
| 3.3.7 Croquis dos pontos de teste .....   | 84 |
| 3.3.8 Toponímias coletadas em campo para fidelidade à semântica .....                         | 84 |
| 4 RESULTADOS .....  | 85 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.1 COORDENADAS UTM DOS PONTOS DE TESTE NO TERRENO EM SIRGAS 2000, SAD69, CHUÁ ASTRO E CÓRREGO ALEGRE .....   | 85  |
| 4.2 COORDENADAS UTM DOS PONTOS DE TESTE NAS CARTAS EM CHUÁ ASTRO E CÓRREGO ALEGRE .....                       | 85  |
| 4.3 ERRO PADRÃO (EP), DESVIO PADRÃO OU ERRO MÉDIO QUADRÁTICO (EMQ) ...  | 85  |
| 4.3.1 Testes estatísticos quanto à qualidade posicional planimétrica das cartas analógicas e digitais .....   | 85  |
| 4.4 ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO DAS CARTAS DE ACORDO COM OS ERROS PADRÕES (EP).....                              | 100 |
| 4.5 ANÁLISE DE OUTROS COMPONENTES DA QUALIDADE DAS CARTAS .....   | 102 |
| 4.5.1 Qualidade gráfica (semiografia) .....   | 102 |
| 4.5.2 Completude.....   | 102 |
| 4.5.3 Consistência lógica .....   | 103 |
| 4.5.4 Fidelidade à semântica (toponímia).....   | 103 |
| 4.5.5 Fidelidade temporal (atualidade).....   | 106 |
| 4.5.6 Acessibilidade.....   | 107 |
| 4.6 CRÍTICAS E NECESSIDADES DOS USUÁRIOS DE CARTAS TOPOGRÁFICAS.....  | 107 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 108 |
| 5.1 CONCLUSÃO.....  | 108 |
| 5.2 EXPECTATIVAS .....  | 109 |
| 5.3 RECOMENDAÇÕES - PROPOSTA METODOLÓGICA.....  | 110 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 112 |
| ANEXOS .....  | 119 |
| ANEXO I - Descrição dos sistemas geodésicos de referências utilizados no mapeamento sistemático nacional..... | 120 |
| ANEXO II - Atividades do AST - 10 /USAF no Brasil .....   | 123 |
| ANEXO III - Fotografia aérea de 2002 da Aeroimagem na escala original 1: 40.000 .....                         | 128 |
| ANEXO IV - Receptor GPS Promark X-CM da Magellan.....   | 129 |
| ANEXO V - Projeto do apoio fotogramétrico do bloco 12 - Projeto SC-50 na escala 1:200.000 - 1975 .....        | 130 |

|   |     |
|---|-----|
| ANEXO VI - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em SIRGAS 2000 ....                  | 131 |
| ANEXO VII - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em SAD69 .....                      | 133 |
| ANEXO VIII - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em CHUÁ ASTRO                      | 135 |
| ANEXO IX - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em CÓRREGO ALEGRE .....              | 137 |
| ANEXO X - Relação de coordenadas UTM das cartas analógicas em CHUÁ ASTRO.....                             | 139 |
| ANEXO XI - Relação de coordenadas UTM das cartas digitais em CÓRREGO ALEGRE.....                          | 142 |
| ANEXO XII - Decreto N°. 89817/84 - Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da Cartografia Nacional..... | 145 |
| ANEXO XIII - Croqui de rastreamento de satélites GPS - Exemplo .....                                      | 153 |
| ANEXO XIV - Tela do processamento de dados GPS - Exemplo.....   | 154 |
| ANEXO XV - Relatório do processamento de dados GPS - Exemplo .....  | 155 |

**LISTA DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1 - Distribuição geográfica das estações SIRGAS 2000 ..... | 36 |
| FIGURA 2 - Evolução do WGS 84 e do ITRF.....                      | 40 |
| FIGURA 3 - Localização das cartas em Santa Catarina.....          | 63 |
| FIGURA 4 - Distribuição dos pontos de teste nas cartas .....      | 77 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1- Evolução do WGS .....   | 33 |
| TABELA 2 - Estações SIRGAS 1995 .....   | 34 |
| TABELA 3 - Precisão das técnicas de posicionamento .....  | 42 |
| TABELA 4 - Histórico da Fotogrametria.....  | 45 |
| TABELA 5 - Situação do mapeamento sistemático nacional até dez/2003 .....                       | 51 |
| TABELA 6 - Padrões de exatidão planialtimétrica (Brasil, 1984).....                             | 61 |
| TABELA 7 - Padrões de exatidão planialtimétrica (USA, 1947).....                                | 62 |
| TABELA 8 - Padrões de exatidão planimétrica (OTAN, 1989) .....                                  | 62 |
| TABELA 9 - Padrões de exatidão altimétrica (OTAN, 1989) .....                                   | 62 |
| TABELA 10 - Relação das cartas topográficas analógicas e digitais .....                         | 65 |
| TABELA 11 - Erros residuais máximos no georeferenciamento.....                                  | 69 |
| TABELA 12 - Parâmetros de transformações de SIRGAS 2000 para SAD69 .....                        | 70 |
| TABELA 13 - Parâmetros definidores (elipsóide e estação origem) de cada sistema .....           | 71 |
| TABELA 14 - Parâmetros de transformações de SAD 69 para CHUÁ ASTRO.....                         | 71 |
| TABELA 15 - Parâmetros definidores (elipsóide e estação origem) de cada sistema .....           | 71 |
| TABELA 16 - Parâmetros de transformações de SAD 69 para Córrego Alegre .....                    | 71 |
| TABELA 17 - Parâmetros definidores (elipsóide e estação origem) de cada sistema .....           | 71 |
| TABELA 18 - Número e nome da carta, número de pontos por carta e total .....                    | 76 |
| TABELA 19 - Relação das estações GPS e RN'S utilizadas no Projeto SC-25 .....                   | 78 |
| TABELA 20 - Resultados da qualidade planimétrica das cartas analógicas no Datum CHUÁ .....      | 86 |
| TABELA 21 - Resumo dos valores dos Erros Padrões (EP) planimétricos das cartas analógicas ....  | 90 |
| TABELA 22 - Teste de tendência para a carta Vila Nova - Classe A.....                           | 91 |
| TABELA 23 - Teste de precisão para a carta Vila Nova - Classe A.....                            | 92 |
| TABELA 24 - Testes de tendência e precisão para a carta Imbituba - Classe B .....               | 93 |
| TABELA 25 - Testes de tendência e precisão para a carta Lagoa de Garopaba do Sul - Classe B ... | 93 |
| TABELA 26 - Testes de tendência e precisão para carta Araranguá - Classe B.....                 | 94 |

|  |     |
|--|-----|
| TABELA 27 - Resultados da qualidade planimétrica das cartas digitais no Datum CÓRREGO ALEGRE ..... | 94  |
| TABELA 28 - Resumo dos valores dos Erros Padrões (EP) planimétricos das cartas digitais .....      | 98  |
| TABELA 29 - Testes de tendência e precisão carta Jaguaruna - Classe A.....                         | 98  |
| TABELA 30 - Testes de tendência e precisão para a carta Lagoa de Garopaba do Sul - Classe A...     | 99  |
| TABELA 31 - Testes de tendência e precisão para a carta São Martinho - Classe B.....               | 99  |
| TABELA 32 - Testes de tendência e precisão para a carta Imbituba - Classe C .....                  | 99  |
| TABELA 33 - Testes de tendência e precisão para a carta Tubarão - Classe B .....                   | 100 |
| TABELA 34 - Testes de tendência e precisão para a carta Araranguá - Classe B.....                  | 100 |



**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|         |   |
|---------|---|
| ABNT    | – Associação Brasileira de Normas Técnicas            |
| ACI     | – Associação Cartográfica Internacional               |
| AMS     | – <i>Army Map Service</i>                             |
| BDG     | – Banco de Dados Geodésicos                           |
| BIH     | – <i>Bureau International de L’Heure</i>              |
| C/A     | – <i>Corse ou Clear Acquisition Code</i>              |
| CCAR    | – Coordenação de Cartografia                          |
| CDDI    | – Centro de Documentação e Disseminação da Informação |
| CGED    | – Coordenação de Geodésia                             |
| COCAR   | – Comissão de Cartografia                             |
| CONCAR  | – Comissão Nacional de Cartografia                    |
| CTS     | – <i>Conventional Terrestrial System</i>              |
| DECAR   | – Departamento de Cartografia do IBGE                 |
| DEGED   | – Departamento de Geodésia                            |
| DGC     | – Diretoria de Geociências do IBGE                    |
| DGPS    | – <i>Differential GPS</i>                             |
| DMA     | – <i>Defense Mapping Agency</i>                       |
| DNPM    | – Departamento Nacional da Produção Mineral           |
| Dod     | – <i>United States Department of Defense</i>          |
| DSG     | – Diretoria de Serviço Geográfico do Exército         |
| EMQ     | – Erro Médio Quadrático                               |
| EP      | – Erro Padrão   |
| FNMA    | – Fundação Nacional do Meio Ambiente                  |
| EEUU    | – Estados Unidos da América do Norte                  |
| EPUSP   | – Escola Politécnica do Estado de São Paulo           |
| GBAS    | – <i>Ground Based Augmentatin System</i>              |
| GLONASS | – <i>Global Navigation Satellite System</i>           |

|       |  |
|-------|--|
| GNSS  | – <i>Global Navigation Satellite System</i>                          |
| GPS   | – <i>Global Positioning System</i>                                   |
| GRS80 | – <i>Geodetic Reference System 1980</i>                              |
| HIRAN | – <i>High precision short-Range electronic Navigation</i>            |
| HV'S  | – Pontos de apoio de campo fotogramétrico horizontal e vertical      |
| IAG   | – <i>International Association Geodesy</i>                           |
| IAGS  | – <i>Inter-American Geodetic Survey</i>                              |
| IERS  | – <i>International Earth Rotation Service</i>                        |
| IPGH  | – Instituto Panamericano de Geografia e História                     |
| ISP   | – <i>International Society for Photogrammetry,</i>                   |
| ISPRS | – <i>International Society for Photogrammetry and Remote Sensing</i> |
| IGS   | – <i>Internacional GNSS Service</i>                                  |
| IME   | – Instituto Militar de Engenharia                                    |
| ITC   | – <i>Internacional Training Center</i>                               |
| ITRS  | – <i>Internacional Terrestrial Reference System</i>                  |
| ITRF  | – <i>Internacional Terrestrial Reference Frame</i>                   |
| IBGE  | – Fundação Instituto Brasileira de Geografia e Estatística           |
| L1    | – Portadora do Batimento da Fase em L1                               |
| L2    | – Portadora do Batimento da Fase em L2                               |
| MGE   | – <i>Modular GIS Environment</i>                                     |
| MTD   | – Mapoteca Topográfica Digital                                       |
| NGA   | – <i>National Geospatial Intelligence Agency</i>                     |
| NIMA  | – <i>National Imagery and Mapping Agency</i>                         |
| NNSS  | – <i>Navy Navigation Satellite System</i>                            |
| ONU   | – Organização das Nações Unidas                                      |
| OTAN  | – Organização do Tratado do Atlântico Norte                          |
| P     | – <i>Precise ou Protected Code</i>                                   |
| PDC   | – Plano de Dinamização da Cartografia                                |
| PEC   | – Padrão de Exatidão Cartográfica                                    |
| PPS   | – <i>Precise Positioning Service</i>                                 |

|         |   |
|---------|---|
| PPGEC   | – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil         |
| PRN     | – <i>Pseudo Random Noise</i>                            |
| NAVSTAR | – <i>Navigation Satellite Time And Ranging</i>          |
| RAAP    | – Rede Altimétrica de Alta Precisão                     |
| RINEX2  | – <i>Receiver Independent Exchange Format Version 2</i> |
| RBMC    | – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo             |
| RTK     | – <i>Real Time Cinematic</i>                            |
| RMPG    | – Rede Maregráfica Permanente para Geodésia             |
| SA      | – <i>Selective Availability</i>                         |
| SAD     | – <i>South American Datum</i>                           |
| SBAS    | – <i>Satellite Based Augmentation System</i>            |
| SC      | – Santa Catarina  |
| SCN     | – Sistema Cartográfico Nacional                         |
| SGR     | – Sistemas Geodésicos de Referência                     |
| SIG     | – Sistema de Informações Geográficas                    |
| SIRGAS  | – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas    |
| SNI     | – Seção de Nivelamento                                  |
| SPS     | – <i>Standard Positioning Service</i>                   |
| TBCD    | _ Tabela da Base Cartográfica Digital                   |
| UERJ    | – Universidade do Estado do Rio de Janeiro              |
| UFSC    | – Universidade Federal de Santa Catarina                |
| USA     | – <i>United States of American</i>                      |
| UGGI    | – <i>International Union of Geodesy and Geophysics</i>  |
| UTM     | – <i>Universal Transversa de Mercator</i>               |
| U.S.A   | – <i>United States of America</i>                       |
| USAF    | – <i>United States Air Force</i>                        |
| USGS    | – <i>United States Geological Survey</i>                |
| WDGPS   | – <i>Wide area Differential GPS</i>                     |
| WGS 84  | – <i>World Geodesic System 1984</i>                     |
| WWW     | – <i>Wide World Web</i>                                 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|                         |  |
|-------------------------|--|
| $S_{\Delta X}$          | – Desvio padrão das discrepâncias amostrais  |
| $\Delta P_i$            | – Discrepâncias ou erros médios para as diferenças de coordenadas na posição         |
| $\Delta N$              | – Discrepâncias das coordenadas ( N = Norte) entre pontos no terreno (campo) x carta |
| $\Delta E$              | – Discrepâncias das coordenadas ( E = ESTE ) entre pontos no terreno(campo) x carta  |
| $t_x$                   | – Estatística “t” amostral   |
| $H_1$                   | – Hipótese alternativa   |
| $H_0$                   | – Hipótese básica ou nula  |
| $>$                     | – Maior  |
| $\geq$                  | – Maior ou igual   |
| $<$                     | – Menor  |
| $\leq$                  | – Menor ou igual   |
| $\overline{\Delta X_i}$ | – Média das discrepâncias amostrais  |
| $  $                    | – Módulo   |
| $\alpha$                | – Nível de significância   |
| $1 - \alpha$            | – Nível de confiança   |
| $\chi_x^2$              | – Qui-quadrado amostral  |
| $\Sigma$                | – Somatório  |
| $n$                     | – Tamanho da amostra   |
| $S^2$                   | – Variância  |
| $S^2 \Delta_X$          | – Variância das discrepâncias amostrais  |
| $a$                     | – Semi eixo maior do elipsóide de referência   |
| $f$                     | – Achatamento  |

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Há muito tempo e principalmente hoje em dia a informação representa um dos recursos mais importantes e estratégicos para o planejamento, execução e gerenciamento de qualquer tipo de projeto, seja na esfera pública ou privada, sejam de abrangência global, nacional, regional, local e até mesmo pessoal.

Nenhum país, estado ou município pode prescindir de informações organizadas, confiáveis, atualizadas e disponíveis de forma ágil para a tomada de decisões. Neste sentido a Cartografia como forma de representação das informações geográficas sobre o território, seu volume, qualidade e distribuição (localização) de seus recursos naturais e riquezas devem ser levantados e mapeados com rigor da qualidade para que um país, como o Brasil, por exemplo, alcance de forma efetiva o seu desenvolvimento e bem estar social.

A partir do século XX ocorreram grandes avanços tecnológicos na área da computação e em particular da computação gráfica, que vem contribuindo sobremaneira com a área da produção das ciências cartográficas e afins, cujos procedimentos de elaboração, controle de qualidade e uso mapas e cartas vêm mudando significativamente. Sendo a informação geográfica contida nesses produtos base para a realização de análises espaciais que se destinam ao entendimento, à descrição da organização e à gestão do território tem-se a Cartografia como uma das principais ferramentas de suporte às áreas social, da engenharia, segurança, energética, navegação aérea e marítima, turismo, recursos naturais e meio ambientes - pedologia, geologia, fisiogeografia, fitogeografia, cobertura e uso atual da terra, recursos hídricos, dentre outras.

No Brasil, os organismos oficiais responsáveis pelo mapeamento sistemático nacional são a DSG (Diretoria de Serviço Geográfico do Exército) e o IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico - IBGE). Sendo esse último uma Instituição da Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão da Presidência da República do Governo Brasileiro, com suas atividades definidas pela Lei nº. 5878 de 11/05/73, tem como objetivo básico assegurar informações, estudos e pesquisas de natureza estatística, geográfica, cartográfica, geodésica, demográfica e de recursos naturais e meio ambiente, necessárias ao conhecimento da realidade física, econômica e social do país.

Visando especialmente desenvolver as atividades de planejamento econômico e social e na visão de assegurar seus objetivos básicos quanto às informações geográficas, em 1987 foi criada a Diretoria de Geociências (DGC), tendo como responsabilidade o levantamento, a produção, o gerenciamento e a disseminação de informações básicas e sistemáticas, além das análises espaciais integradas, no campo da Geodésia, Cartografia, Estruturas Territoriais, Geografia, Recursos Naturais e Meio Ambiente.

Atualmente, a produção de informações geográficas da DGC no IBGE se faz tanto na forma convencional quanto na forma digital, uma vez que a sua área de produção incorporou novas tecnologias de Cartografia automatizada e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), visando uma maior flexibilidade e agilidade no atendimento aos diferentes perfis de demandas de usuários.

Considerando a produção cartográfica, como a essência da informação do espaço geográfico, na qual se tem a representação gráfica por meio dos mapas e cartas, devem expressar através da qualidade da sua geometria, semântica, semiologia, atualidade e outros componentes um espectro de informações geográficas confiáveis para a concepção e o indispensável aumento da eficiência na formulação e execução das políticas públicas. Nesse sentido com o desenvolvimento deste trabalho, se espera apontar um caminho para ajudar a resolver a questão do controle de qualidade de produtos das cartas topográficas do mapeamento sistemático nacional..

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

O Brasil vem apresentando nas últimas décadas características marcantes de crescimento populacional e para tanto é imprescindível o conhecimento de seu espaço urbano e rural para o efetivo gerenciamento do seu território. Sob esta ótica surge a necessidade cada vez maior de produtos cartográficos que apresentem uma boa precisão geométrica, um detalhamento e uma realidade (atualidade). Em razão da necessidade de se ter produtos com qualidade, usuários têm feito muitas críticas as cartas topográficas do mapeamento sistemático nacional, porque segundo eles são disponibilizadas sem confiabilidade e qualidade comprovada. Assim, em virtude dessas críticas fica justificado o principal motivo pelo qual levou o autor a desenvolver o presente trabalho e, a seguir são colocadas algumas assertivas que tratam o tema controle de qualidade em Cartografia no Brasil.

A abordagem feita sobre qualidade some-se que o tipo de produto oferecido, as necessidades que originam e o próprio usuário são fatores que impõem a necessidade de haver um elevado nível de confiabilidade ao material resultante do processo cartográfico (TELLES e RODRIGUES, 1990).

O controle de qualidade de um produto cartográfico é uma fase extremamente importante e é pouca vez realizada no Brasil. Uma parcela de culpa pode ser atribuída ao próprio produtor do mapa, outra aos usuários e contratantes desses produtos e a última ao processo de fiscalização (GALO e CAMARGO, 1994).

O Estado Maior do Exército (1995) afirma que para atender as necessidades do usuário consumidor significa na prática que:

- Um produto deve ser inteiramente adequado ao uso, que dele fará o usuário e ser entregue nas condições apropriadas e solicitadas;
- Um produto deve ser inteiramente confiável.

Assim como a qualidade posicional, outros parâmetros fazem parte da qualidade de dados para a cartografia, dentre eles, pode-se citar como mais importante à linhagem, precisão de atributos, completeza, consistência lógica, acurácia semântica e acurácia temporal (GUPTILL e MORRISON, 1997).

No Brasil, o que se realiza em termos de controle de qualidade de produtos cartográficos difere dos padrões internacionais, visto que nossas organizações não têm tradição neste tipo de procedimento e historicamente desenvolveram uma cartografia norteada pelos métodos analógicos tradicionais. Com o avanço da tecnologia digital e a inserção da cartografia neste contexto problemas antigos foram resolvidos, mas outros como a falta de normas adequadas, parâmetros de avaliação e conversão de dados, começaram a surgir (LEAL e DALMOLIN, 1999).

Segundo CINTRA e NERO (2002) não existe no Brasil o controle de qualidade de documentos cartográficos, quer por desconhecimento da lei vigente, quer por imediatismo dos resultados, quer ainda pela falta de uma metodologia prática adequada.

A qualidade do mapa representa um conjunto de propriedades, que garantem a sua capacidade de satisfazer determinadas necessidades dos seus usuários e deve ser avaliado através de um complexo de indicadores, que caracterizam suas determinadas propriedades, como por exemplo: precisão geométrica, exatidão, confiabilidade (KARNAUKNOVA e LOCH, 2001).

Para BURITY et al (2001) quando se fala na qualidade no contexto da engenharia cartográfica, intuitivamente, a qualidade posicional vem em primária instancia, pois é sem dúvida a

principal preocupação dos produtores de serviços na área de mapeamento, e dela depende a classificação final do produto e essa qualidade posicional é inerente aos processos e métodos utilizados na produção de cartas.

De acordo com PEREIRA et al (2001) percebe-se a importância da modernização da legislação sobre Cartografia e Geodésia no Brasil, pois há necessidade de tratar: a Cartografia Digital com fidedignidade e direito de propriedade; as tecnologias de posicionamento mais atuais como GPS e o GLONASS; e a identificação e definição das bases cartográficas que têm condições de integrar um SGI - Sistema de Informações Geográficas oficial e como certificar e garantir a sua qualidade.

NOGUEIRA JUNIOR (2003) afirma que o processo de produção de documentos cartográficos é, em sua essência, bastante complexo e envolve operações e métodos específicos, utilizando instrumentos sofisticados e precisos, com pessoal altamente qualificado para operá-los e em face dessa complexidade e da natureza do produto final obtido torna-se necessário a adoção de procedimentos de controle que garantam a sua qualidade.

De acordo com MELLO (2003) em geral na engenharia os projetos possuem uma fiscalização durante a obra, a partir do acompanhamento e controle, que atua junto à produção e evita a elaboração de produtos fora das especificações técnicas previstas e contribui para a diminuição de perdas, de tempo e dispêndio de esforços desnecessários.

O Decreto 89.817 estabelece normas que regulamentam e classificam os documentos cartográficos quanto à sua qualidade geométrica e de acordo com CINTRA e NERO (2005) independentemente de o produto ser analógico ou digital, sua validação pelo PEC - Padrão de Exatidão Cartográfica é a mesma.

Pode-se observar que nas assertivas colocadas acima se denotam grandes preocupações com o tema controle de qualidade em Cartografia, o que demandou projetos de fim de cursos de graduação, dissertações e teses, artigos e trabalhos em eventos técnico-científicos. Nesse sentido esta pesquisa também espera contribuir, através de uma proposta metodológica prática que as organizações públicas e privadas ligadas ao Sistema Cartográfico Nacional (SCN) possam utilizá-la como um dos caminhos para o controle de qualidade de seus produtos cartográficos.



## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é propor uma metodologia prática de controle de qualidade em Cartografia, com base na avaliação cartográfica sob o aspecto geométrico e outros componentes da qualidade de um conjunto de 13 cartas topográficas analógicas do IBGE do bloco 12 - Projeto SC-50 e suas correspondentes cartas digitais vetoriais, convertidas por digitalização automática por scanner, referentes a uma área localizada no sul do estado de Santa Catarina.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Definir o número mínimo de pontos da amostra necessários ao teste de carta no campo.
- b) Classificar 13 cartas analógicas e digitais vetoriais quanto à qualidade posicional planimétrica, no contexto do Decreto nº. 89.817 de 20/06/84 - Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.
- c) Avaliar outros componentes da qualidade das cartas: genealogia (linhagem), semiografia (qualidade gráfica), completude, consistência lógica, fidelidade à semântica (toponímia), fidelidade temporal (atualidade) e acessibilidade.
- d) Discutir os resultados encontrados como forma de apontar uma metodologia para avaliar as cartas topográficas do mapeamento sistemático nacional.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi organizado em cinco capítulos que são descritos a seguir:

### Capítulo 1: INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas: às considerações iniciais sobre a importância estratégica das informações cartográficas para o conhecimento do território, tendo a Cartografia como o principal instrumento, a qual deve ter representação gráfica dos aspectos naturais e culturais do ambiente com

qualidade e atualidade; são apresentadas as justificativas que levaram o autor a escolha do tema da pesquisa e os objetivos geral e específico.

## Capítulo 2: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordados fundamentos teóricos sobre: Geodésia: Breve histórico da Geodésia no Brasil; Sistemas Geodésicos de Referência; Sistemas Geodésicos de Referência utilizados no mapeamento sistemático nacional; Sistemas Geodésicos de Referência mundial; Configuração espacial do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB); Posicionamento por satélites artificiais; Fotogrametria: Breve histórico; Cartografia: Mapeamento, Informação cartográfica, Cartografia digital, Mapoteca Topográfica Digital (MTD) do IBGE; Mapeamento Sistemático Nacional: Breve histórico do mapeamento oficial no Brasil; Sistema Cartográfico Nacional (SCN); Situação do mapeamento sistemático nacional; Campos de aplicação da Cartografia; Qualidade em Cartografia; Erros, Amostragem, Exatidão e Precisão Cartográfica no Brasil e em outros países.

## Capítulo 3: MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os materiais e métodos empregados: Localização e Mapeamento topográfico sistemático das 13 cartas em Santa Catarina; Conversão digital das cartas topográficas no IBGE; Fotografias aéreas; Receptor GPS; Programas de transformações de sistemas geodésicos; Imagem Google Earth; Programas de processamos de dados GPS; Determinação do número da amostra dos pontos de teste, Seleção e distribuição dos pontos de teste; Apoio geodésico utilizado na medição GPS dos pontos de teste; Medição GPS dos pontos de teste; Análise estatística da exatidão posicional; Extração das coordenadas UTM dos pontos de teste nas cartas analógicas e digitais; Croquis dos pontos de teste; e Toponímias coletadas em campo para a fidelidade à semântica.

## Capítulo 4: RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados do trabalho: Coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno e nas cartas; Testes estatísticos quanto à qualidade posicional planimétrica;

Classificações das cartas analógicas e digitais; Análise da classificação das cartas de acordo com os Erros Padrões (EP); Análise de outros componentes da qualidade das cartas; e críticas e necessidades dos usuários.

## Capítulo 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as Considerações finais - Conclusão, Expectativas e Recomendações consideradas como Proposta Metodológica para Avaliação das Cartas Topográficas do Mapeamento Sistemático Nacional, com vistas ao Controle de Qualidade em Cartografia.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 GEODÉSIA

Geodésia é a ciência que determina a forma e o tamanho da Terra, as coordenadas dos pontos, comprimento e direção (azimute) de linhas da superfície terrestre e as variações da gravidade da terrestre.

MENEZES (1998) apud PEREIRA (2001), define Geodésia de forma mais simplista, pois é “uma ciência que se ocupa do estudo da forma e tamanho da Terra, no aspecto geométrico e, com o estudo de certos fenômenos físicos, tais como a gravidade e o campo gravitacional terrestre, para encontrar explicações sobre as irregularidades menos aparentes da própria forma da Terra”.

A Geodésia também estuda uma superfície equipotencial que tem especial significância e que mais se aproxima da superfície dos oceanos em repouso, e não ao seu nível, quando eles se prolongam sob os continentes e se encontram livres dos efeitos das marés, ondas, ventos, correntes, etc. Esta superfície é chamada geóide que é uma superfície irregular, que não pode ser matematicamente definida. Porém, é importante não só para a pesquisa científica, como por exemplo, para acompanhar a evolução da tectônica de placas, mas também para diversas atividades cotidianas, como por exemplo, na determinação das altitudes ortométricas, que normalmente são empregadas no mapeamento topográfico. Para contornar o problema da difícil representação do geóide, a forma da terra tem sido matematicamente definida por um elipsóide de revolução, que é a figura geométrica que mais se aproxima da forma real da terra: achatada nos pólos e alongada no Equador. Esta é a superfície de referência mais amplamente empregada em levantamentos e mapeamentos, sendo utilizada em projeções cartográficas e no estabelecimento de coordenadas horizontais das redes geodésicas, permitindo a execução de diversos cálculos, com uma precisão adequada a todas as atividades que se fazem necessária.

Segundo NOVAES (1971) embora a finalidade primordial da Geodésia seja científica, ela é empregada como estrutura básica do mapeamento e dos trabalhos topográficos, sendo esta a razão principal de seu desenvolvimento e realização na maioria dos países, pois apesar de serem ciências distintas, a Geodésia e a Cartografia encontram-se interligadas. Nesse sentido vale afirmar que a Geodésia é base da Cartografia, uma vez que não existe Cartografia sem uma rede geodésica que possa apoiá-la.

Portanto, a qualidade posicional de um documento cartográfico (mapa, carta ou planta) obtido pelo processo fotogramétrico a partir de fotos aéreas, tem haver diretamente com a rede geodésica utilizada como referencial básico, a partir da qual são determinados os pontos de apoio fotogramétrico com as precisões necessárias para a compilação dos elementos geográficos da paisagem.

### 2.1.1 Breve histórico da Geodésia no IBGE

Em 17 de maio de 1944, com a medição base geodésica nas proximidades de Goiânia, o IBGE iniciava o estabelecimento sistemático da componente planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), seguindo-se em 13 de outubro de 1945 com o início da medição da componente altimétrica. Os trabalhos idealizados foram conduzidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) nessa época e tiveram continuidade até os dias atuais, subdivididos em 3 componentes: planimétrica, altimétrica e gravimétrica.

A componente planimétrica foi o marco inicial para o desenvolvimento sistemático da Geodésia no Brasil, se utilizando inicialmente dos métodos denominados clássicos (triangulação e poligonização geodésica) que se espalharam em larga escala em quase todo o território brasileiro e posteriormente com o advento da tecnologia de posicionamento, utilizou-se o método de rastreamento de satélites artificiais.

Com o surgimento dos rastreadores de satélites artificiais na década de 70, o SGB foi estendido à região amazônica, área até então não atingida pelos levantamentos geodésicos face à dificuldade de trabalhos através dos procedimentos clássicos, que permitiu o estabelecimento do arcabouço de apoio ao mapeamento sistemático daquela área. O método de posicionamento empregado na região foi o de posicionamento isolado denominado Sistema TRANSIT que veio a ser substituído em 1991 pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS), o qual iniciou uma nova era na Geodésia por satélites e na concepção de estruturas geodésicas como um todo.

Através do Projeto GPS, foram feitos estudos de novas metodologias de posicionamento e processamento adequados para as estações GPS que passaram a densificar a componente planimétrica do SGB, gerando a Rede Nacional GPS, constituindo hoje uma estrutura geodésica mais precisa no contexto Nacional, inclusive estabelecendo estações nas ilhas Oceânicas Brasileiras.

De acordo com tendência mundial do estabelecimento de redes GPS permanentes, em 1996, o IBGE por intermédio do então Departamento de Geodésia (DEGED) e, em colaboração com o Fundo Nacional de Meio Ambiente (FNMA) e com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), iniciou o estabelecimento da RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS em todo o território Brasileiro, com o conceito de redes ativas através do monitoramento (rastreamento) contínuo de satélites, que diariamente coleta e disponibiliza automaticamente dados aos usuários em formato RINEX2 via internet, cujo objetivo maior foi construir uma infra-estrutura geodésica de referência para posicionamentos.

A Rede Planimétrica de Alta Precisão é uma estrutura de referência horizontal do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e atualmente conta com um quantitativo de 3498 vértices de triangulação, 1158 estações de poligonal, 26 pontos de trilateração (HIRAN), 1143 estações DOPPLER, 187 estações GPS e 23 estações da RBMC, totalizando pontos, cujas coordenadas vem sendo determinadas até hoje através de vários ajustes em diferentes Sistemas Geodésicos.

A Rede Altimétrica de alta precisão (RAAP) é a estrutura de referência vertical do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) desenvolvida estreitamente vinculado à malha rodo-ferroviária e à medida que se densifica o esquema de circulação, novos circuitos de nivelamento estão sendo introduzidos e conta hoje com mais de 65 mil estações altimétricas (denominadas RN = Referências de Nível) implantadas em todo o País.

A Rede Gravimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) teve início em 1956, quando o IBGE iniciou um programa visando o estabelecimento do Datum (Sistema Geodésico de Referência) horizontal para o Brasil. Durante o Projeto foram determinadas mais de 2113 estações gravimétricas em torno do VT CHUÁ ponto origem, situado em Minas Gerais. Com o término dos trabalhos, o IBGE executou diversos outros levantamentos gravimétricos em conjunto com as universidades e de Institutos de institutos de pesquisa. Contudo, a gravimetria somente adquiriu um caráter sistemático a partir de 1990, quando o IBGE estabeleceu estações gravimétricas visando recobrir o grande vazio de informações de aceleração da gravidade, especialmente nas regiões norte, centro-oeste e nordeste do Brasil.

- A Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG) teve início em 1997, com o objetivo principal de determinar e acompanhar a evolução dos referenciais (*data*) altimétricos do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Segundo o IBGE o conjunto dessas

estações permitirá que os níveis médios do mar em toda a costa do Brasil sejam determinados e correlacionados com as observações pretéritas. A RMPG proporcionará também a correlação entre todos os demais referenciais altimétricos, notadamente aqueles utilizados na Cartografia Náutica e nas operações portuárias, trazendo grandes benefícios aos usuários da RAAP em regiões costeiras.

### 2.1.2 Sistemas Geodésicos de Referência (SGR)

Os Sistemas Geodésicos de Referência (SGR) ou de coordenadas são utilizados para descrever as posições de objetos sobre a uma superfície, seja ela elipsóide, esfera ou plano. Quando é necessário identificar a posição de uma determinada informação na superfície da Terra é utilizada os Sistemas de Referência Terrestres ou Geodésicos.

Estes sistemas estão associados a uma superfície que mais se aproxima da forma da Terra, e sobre a qual são desenvolvidos todos os cálculos das suas coordenadas e estas podem ser apresentadas em diversas formas: em uma superfície esférica recebem a denominação de coordenadas geográficas e em uma superfície plana recebem a denominação da projeção às quais estão associadas, como por exemplo, as coordenadas planas UTM.

### 2.1.3 Sistemas Geodésicos de Referência (SGR) utilizados no mapeamento sistemático nacional

A história referente às realizações geodésicas no Brasil, tem registrado sucessivas mudanças de referenciais geodésicos com épocas de concepção distintas entre si e marcam o que pode ser denominado de “geração geodésica” dos Sistemas Geodésicos de Referência (SGR) em função dos seus caracteres diferenciados do ponto de vista científico e tecnológico, LAZZAROTTO (2003) apud LAZZAROTTO et al (2004). Estes aspectos implicam na necessidade da parametrização da transformação de coordenadas entre diferentes gerações de SGR. Porém, por diversas razões no Brasil, a transformação nem sempre pode ocorrer de forma adequada.

Para a análise de produtos cartográficos brasileiros, LAZZAROTTO (2003) apud LAZZAROTTO et al (2004) introduziu o conceito de idade tecnológica e que esses produtos devem ser submetidos a uma análise referente à geração geodésica as que pertencem e, dependendo da finalidade dos seus usos, devem ser avaliados a respeito da compatibilidade entre os SGR utilizados

na realização dos documentos, evidenciando compatibilidades e limitações com os referenciais de geração mais atual.

O Brasil adotou, por vários anos, o Elipsóide Internacional de Hayford de 1924, como superfície de referência para componente planimétrica, no sistema geodésico denominado Datum Córrego Alegre e a Cartografia Nacional foi então fundamentada nesse sistema geodésico.

Após diversos estudos, adotou-se o Elipsóide da Associação Geodésica Internacional (IAG 1967), que mostrou boa adaptação, não apenas para o Brasil, como também para toda a América do Sul. O sistema recebeu o nome de *South American Datum* 1969 (SAD 69) e no Brasil, o IBGE estabeleceu que, a partir de 1977, o Datum brasileiro a ser empregado em toda representação cartográfica seria o SAD 69.

No Anexo I são descritos os sistemas de referência utilizados no mapeamento sistemático nacional.

#### 2.1.4 Sistema Geodésico de Referência Mundial

##### a) *World Geodetic System* - WGS

O *National Imagery and Mapping Agency* - NIMA (Agência Nacional de Imagens e Mapeamento) dos Estados Unidos, antigo *Defense Mapping Agency* - DMA, Agência Cartográfica de Defesa dos Estados Unidos, produz numerosos produtos cartográficos, geodésicos e gravimétricos para apoiar o Departamento de Defesa (*DoD - Department of Defense*). Assim, era de seu interesse referir todos estes produtos a um único sistema de coordenadas geocêntricas, que permitisse relacionar informações obtidas de diferentes fontes, para aplicações a nível local e mundial, com alta precisão, ou seja, os produtos do NIMA deveriam permitir que o DoD operasse a nível mundial. Com base nesta premissa, começaram a ser desenvolvidos estudos para a implementação de um sistema geodésico mundial. O aparecimento da Geodésia à satélite foi mais um incentivo a esta proposta,. (DMA,1987).

Em 1960 surgiu o primeiro Sistema Geodésico Mundial, o *World Geodetic System* 1960 (WGS 60). Com os avanços tecnológicos, o sistema sofreu novas definições, dando origem aos WGS 66, WGS 72 e WGS 84. De acordo com o DMA (1987), o *World Geodetic System* não tem como origem um ponto Datum definido. É representado por um elipsóide, cuja posição, orientação e dimensão estão melhores ajustados à superfície equipotencial da Terra coincidente com o geóide. O



WGS 84 é um sistema terrestre convencional (*Conventional Terrestrial System - CTS*), e foi realizado através de modificações no sistema de referência Doppler para navegação à satélite (NSWC9Z-2), utilizado pelas forças armadas americanas.

A Tabela 1 mostra a evolução através da comparação dos valores dos parâmetros  $a$  (semi-eixo maior) e  $f$  (achatamento) dos sistemas WGS de 1960 a 1984.

TABELA 1- Evolução do WGS

| SISTEMA | $a$     | $f$             |
|---------|---------|-----------------|
| WGS60   | 6378165 | 1/298.3         |
| WGS66   | 6378145 | 1/298.25        |
| WGS72   | 6378135 | 1/298.26        |
| WGS84   | 6378137 | 1/298.257223563 |

Fonte: COSTA (1999a) apud PERREIRA (2001).

#### b) *World Geodetic System 84 - WGS 84*

Para a determinação do elipsóide a ser usado no sistema WGS 84 e seus parâmetros, seguiu-se a orientação da *Union Geodetic and Geophysical International - UGGI*, quando esta sugeriu que fosse adotado o *Geodetic Reference System of 1980 - GRS 80* (Sistema de Referência Geodésico de 1980). Como consequência, um elipsóide geocêntrico equipotencial de rotação foi adotado como sendo a forma do elipsóide WGS84.

#### c) Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS)

Os países da América do Sul adotaram diferentes sistemas de referência, embora, muitas vezes, utilizem o mesmo elipsóide. Com o objetivo de suprir a América do Sul com um único sistema geodésico, o Projeto SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul, foi criado objetivando promover a definição e estabelecimento de um referencial único compatível em termos de precisão com a tecnologia atual. O Projeto foi criado durante a Conferência Internacional para a Definição de um Referencial Geocêntrico para a América do Sul, realizada em Assunção, Paraguai, em 1993 (IBGE, 1997). Além da maioria dos países sul-americanos, também participaram deste encontro representantes do IAG, do IPGH e do NIMA. A principal motivação desta proposta adveio da diversidade de sistemas geodésicos empregados na região, o que dificulta

em muito a solução para problemas de posicionamento, notadamente os referentes à definição das fronteiras internacionais. A esta constatação, soma-se o fato que a grande maioria dos sistemas geodésicos foi estabelecida através de métodos clássicos de observação, o que torna sua precisão incompatível com os modernos métodos de posicionamento, principalmente o GPS.

Outro fato a ser considerado é que SIRGAS é a realização, até a época mais precisa do ITRF na América do Sul e apresentava a seguinte definição (IBGE, 1997):

- Geocêntrico:
- Coincidente com o IERS (ITRF94, época 1995.4)
- Elipsóide coincidente com o GRS 80.

Por esta razão COSTA (1999 a) apud PEREIRA (2001) afirma que o WGS 84 é, para todos os efeitos de natureza prática, igual ao Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS). Isto é, as coordenadas SIRGAS são idênticas às coordenadas WGS 84. A primeira realização do SIRGAS foi composta por 58 estações distribuídas pelo continente e observadas por GPS no período de 26 de maio a 4 de junho de 1995. As coordenadas finais estão referidas a rede ITRF 94, época 1995.4 (IBGE, 1997). A distribuição quantitativa das estações em 1995 na América dos Sul encontra-se na Tabela 2.

TABELA 2 - Estações SIRGAS 1995

| <b>País</b>    | <b>País</b> |
|----------------|-------------|
| Argentina      | 10          |
| Bolívia        | 6           |
| Brasil         | 11          |
| Chile          | 8           |
| Colômbia       | 5           |
| Equador        | 3           |
| Guina Francesa | 1           |
| Paraguai       | 2           |
| Peru           | 4           |
| Uruguai        | 3           |
| Venezuela      | 5           |

Fonte: IBGE (1997)

Os primeiros resultados do Projeto SIRGAS foram divulgados na Assembléia Científica da Associação Internacional de Geodésia, realizada no Rio de Janeiro em 1997 (IBGE, 1997). O acesso ao SIRGAS é possível através da utilização das observações coletadas pelas estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC, por possuírem coordenadas determinadas nesse sistema. Com a evolução das técnicas de observação, o conceito de “posição” foi revisado. Latitude, longitude e altura, agregados ao sistema de referência e ao elipsóide que não eram suficientes para diversos usos. A partir dos anos 80, percebeu-se que, para algumas aplicações, era necessário introduzir a variável “tempo”, ou seja, a que época refere-se as coordenadas utilizadas. É a Geodésia em quatro dimensões. Esse procedimento foi adotado para minimizar a influência de fenômenos pouco conhecidos e que só agora começam a ser estudados com maior profundidade, tais como, marés terrestres, mudanças na rotação da terra, variações na posição do centro de massa da terra e movimentos litosféricos.

Na atualidade o projeto SIRGAS, agora Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, vem sendo desenvolvido com a participação de todos os países Sul Americanos, Estados Unidos da América e México e também com diversos países da América Central.

No Brasil o SIRGAS 2000 substituiu o SAD 69 de acordo com a resolução do Presidente do IBGE nº. 1/2005 de 25/02/2005, que alterou a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). A Figura 1 mostra a distribuição geográfica das estações SIRGAS 2000 no Brasil.

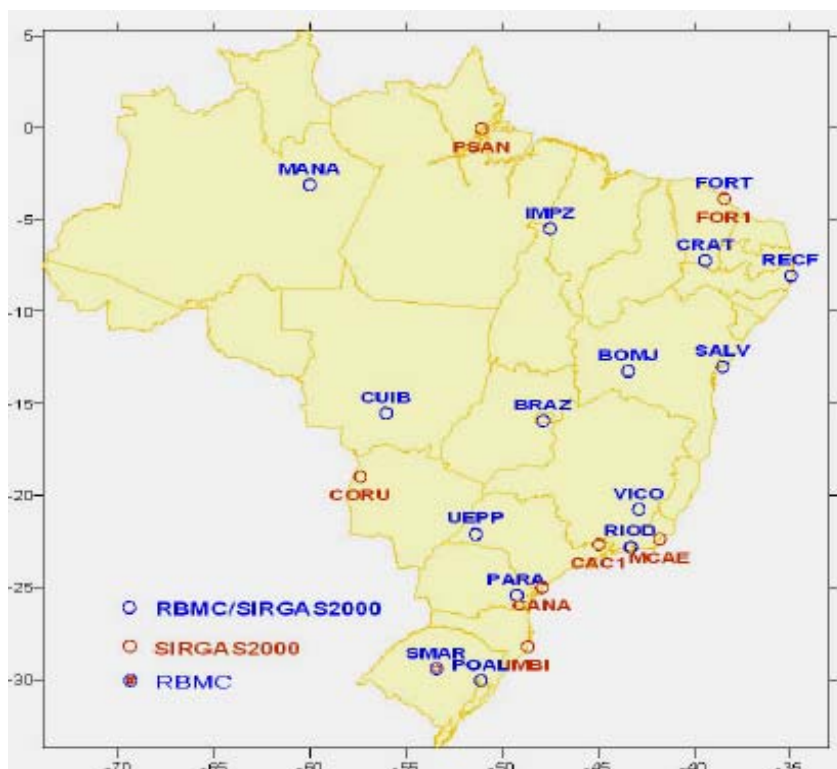


FIGURA 1 - Distribuição geográfica das estações SIRGAS 2000

Fonte: IBGE (2005)

### 2.1.5 Configuração espacial do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)

O IBGE, através da Coordenação de Geodésia - CGED tem a atribuição do estabelecimento e a manutenção do Sistema Geodésico Brasileiro, necessário para a localização e representação cartográfica do território Nacional. Por definição o SGB é composto pelo conjunto de estações geodésicas implantadas na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país, estações estas que são determinadas por procedimentos operacionais e coordenadas calculadas, segundo modelos geodésicos de precisão compatível com as finalidades a que se destinam.

O estabelecimento do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) objetiva contribuir para a solução do problema geodésico, entretanto também visa aspectos práticos e aplicados, sendo que a preocupação maior é a referência para as atividades cartográficas. Os pontos geodésicos possibilitam que a comunidade técnica nacional tenha as informações necessárias à condução dos assuntos públicos, principalmente as que permitem apoiar as grandes obras de engenharia e titulação de

propriedades, dentre outras não menos importantes. Cabe precipuamente ao IBGE o estabelecimento e a manutenção da rede geodésica fundamental do sistema plani-altimétrico único.

O Banco de Dados Geodésicos (BDG) do IBGE é repositório das informações do SGB e como gestor do referido sistema desenvolveu e estruturou através da CGED - Coordenação de Geodésia um banco de dados constituído pelos temas planimetria, altimetria, gravimetria e GPS, contendo os valores de coordenadas (latitude, longitude e altitude), localização das estações (marcos de concreto) implantada e seu estado de conservação, itinerário (descritivos de acesso) para facilitar a sua localização em campo, os quais possuem as seguintes características e finalidades:

- Estações Planimétricas - Vértices de Triangulação (VT), Estações Poligonais (EP), SAT Doppler (NNSS - Sistema TRANSIT) e SAT (Sistema GPS - RBMC e redes estaduais). Estas estações vêm a colaborar na elaboração dos seguintes produtos e informações: confecção de mapas e cartas; referência para obras de engenharia tais como: construção e pavimentação de rodovias e estradas, construção de pontes, viadutos e túneis; demarcação de unidades estaduais, unidades municipais, áreas indígenas, áreas de proteção ambiental; regulamentação fundiária; transmissão de energia; abastecimento de água, etc. As Estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) utilizam tecnologia GPS (*Global Positioning System*) provocaram nesta última década uma verdadeira revolução, nas atividades de navegação e posicionamento. Os trabalhos geodésicos e topográficos passaram a ser realizados de forma mais rápida, precisa e econômica porque desempenham o papel de ponto de coordenadas conhecidas, eliminando a necessidade de que o usuário imobilize um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso.
- Estações Altimétricas - Referências de Níveis: apresentam informações de altitudes precisas destinadas a apoiar o mapeamento e servir de suporte as grandes obras de engenharia, sendo de vital importância para projetos de saneamento básico, irrigação, estradas e telecomunicações.
- Estações Gravimétricas (EG) - Apresenta informações gravimétricas de grande importância em diversas áreas geocientíficas: Geodésia (estudo da forma-geóide- e dimensões da terra), geologia (investigação de estruturas geológicas) e geofísica (prospecção mineral).

- Estações Maregráficas - Apresenta-se hoje com 4 estações em operação: Macaé (RJ), com observações desde 1994, Imbituba (SC), desde 1998 - ambas aprimoradas em 2001, através da instalação de novos equipamentos digitais, Salvador (BA), desde 2002 - com equipamento digital desde outubro de 2004 e Santana (AP), implantada no final de junho de 2005. Outras duas estações maregráficas estão sendo estabelecidas nas Regiões Norte e Nordeste, nos portos de Belém e Fortaleza.

#### 2.1.6 Posicionamento por satélites artificiais

O desenvolvimento das técnicas de posicionamento denominado GPS (*Global Positioning System*) aliado ao avanço do conhecimento científico e tecnológico da infra-estrutura espacial (SBAS - *Satellite Based Augmentation System*) e terrestre (GBAS - *Ground Based Augmentation System*), expandiu sua arquitetura e chamou-se de sistema de navegação global por satélites (GNSS - *Global Navigation Satellite System*) e atualmente esse conceito de GNSS vem sendo empregado para designar o posicionamento por satélites artificiais, somando-a a outros sistemas de posicionamento por satélite, tais como:

- GLONASS - é um sistema de posicionamento por satélites artificiais russos que tem sua concepção muito parecida com a do GPS. No entanto a integração entre estes dois sistemas requer a consideração de algumas diferenças, tais como: sistema de referência, sistema de tempo e a forma de emissão dos dados.
- GALILEO - é um sistema de posicionamento por satélites europeu que se encontra em fase de desenvolvimento e poderá ser utilizado em conjunto com o GPS e o GLONASS. Ao contrário destes dois últimos, o controle do GALILEO está sobre responsabilidade civil.

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD - *Department of Defense*) e datam de 1973. Inicialmente foi voltado para fins de navegação de modo que em qualquer lugar do mundo e a qualquer momento existam pelo menos quatro satélites acima do plano do horizonte do observador.

Embora o controle do sistema tenha sido desenvolvido para fins militares, atualmente o Departamento de Transportes (*Department of Transportation*) mantém o serviço de informações com os usuários civis. O NAVSTAR (*Navigation Satellite Time And Ranging*) conhecido mais GPS

devido às suas aplicações originais de navegação é um sistema de posicionamento por satélites artificiais que fornece informações de tempo e posição (latitude longitude e altitude) tridimensional de qualquer ponto da superfície terrestre e em qualquer instante e com isso cientistas e pesquisadores no mundo inteiro começaram a explorar as potencialidades do sistema, não só aquelas destinadas à navegação e surgiram as aplicações na área da geodésia, geodinâmica, cartografia, etc. que atingiram níveis de precisão inalcançáveis com os métodos clássicos utilizados até então, para surpresa dos próprios idealizadores do sistema (IBGE, 1993).

Os satélites transmitem os sinais GPS (códigos, portadoras e mensagens de navegação) em duas frequências da banda L, denominadas ondas portadoras L1 (1575,42MHz e L2 = 1227,60 MHz) e modulados em fase com as portadoras foram implementados os códigos de frequências de +1 e -1 (*Pseudo Random Noise codes - PRN codes*), emitidos as frequências de código C/A (*Couse /Aquisition 1,023 MHz*) e código (*Precise ou Protectde = 10,23 MHz*).

Com vistas a melhorias tanto para usuários civis como militares o GPS passa por um processo de modernização através das novas gerações de satélites. Com a desativação da disponibilidade seletiva (SA - *Selective Availability*) para o usuário civil e a adição de novas observações nos satélites das novas gerações ajudam sobremaneira a popularização do sistema. Merece destaque também a inclusão de novas estações ao segmento de controle, bem como o refinamento do WGS 84 e os principais objetivos destas iniciativas são possibilitar o rastreamento de todos os satélites GPS a qualquer instante, melhorar em 10% a acurácia das observações e promover 50 % de melhoramento nos resultados da predição das órbitas comparando-as com as órbitas precisas. O sistema geodésico GPS adotado para referência tanto das efemérides transmitidas quanto das precisas é o *World Geodetic System* de 1984 (WGS-84), o qual sofreu três refinamentos e ficou compatível com o ITRF-2000 no nível centimétrico. Sua última realização está sendo denominada de WGS-84 (G1150), onde G está associado ao sistema de posicionamento utilizado nessa nova realização (GPS) e o número 1150 indica a semana GPS em que ela foi efetuada. A Figura 2 mostra a evolução do WGS-84 em função dos anos.

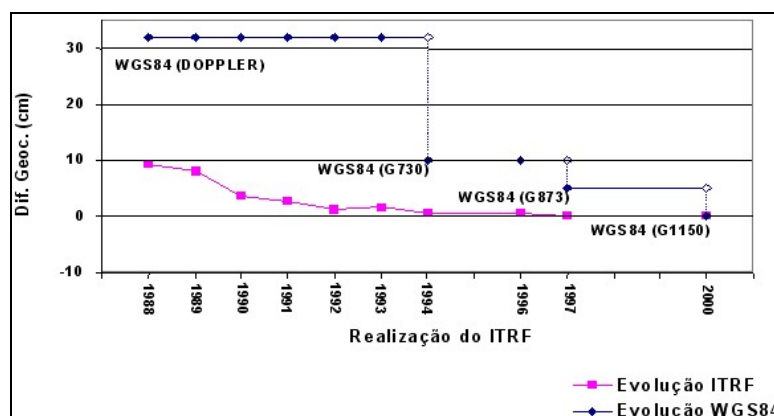


FIGURA 2 - Evolução do WGS 84 e do ITRF

Fonte: IBGE (2003)

O posicionamento com GPS pode ser realizado a partir de diferentes técnicas e observáveis, as quais fornecerão níveis de precisão compatíveis aos fins a que se destinam. Destaca-se que as observáveis a partir da fase de batimento da onda portadora e da pseudo-distância a serem utilizadas no processo de determinação das coordenadas são fatores que influenciam nos níveis de precisão e podem variar de algumas dezenas de metros a poucos milímetros.

A precisão da medida na observável na fase da onda portadora chega à ordem de milímetros, indispensável na obtenção de posicionamentos que requeiram boa precisão. A observável na pseudo-distância é mais utilizada em posicionamentos com precisão de ordem métrica.

Existem fundamentalmente duas técnicas GPS aplicadas ao posicionamento GPS identificadas na literatura especializada pelos títulos:

- Posicionamento absoluto ou ponto isolado;
- Posicionamento relativo ou diferencial.

O posicionamento absoluto ou ponto isolado (tempo real) tem lugar na navegação, quando as exigências se caracterizam pela demanda imediata das coordenadas para a embarcação marítima ou aérea. Essas observações utilizadas são as pseudo-distância derivadas do código C/A. No posicionamento em áreas continentais estas exigências restringem-se às aplicações esportivas (*tracking* e do automobilismo aventura) e ao controle de veículos, onde a solução para a posição é tipicamente de navegação. Somente em trabalhos cartográficos em escalas pequenas esta técnica poder ser aplicada.



O posicionamento relativo ou diferencial tem lugar nas práticas cartográficas, cuja qualidade é significativamente superior ao posicionamento absoluto, embora mais complexo na operação de campo e na redução dos dados. Requer o uso de dois ou mais receptores GPS, operados simultaneamente; recomenda-se o emprego de no mínimo três receptores, idealmente quatro, onde as exigências de precisão sejam mais rigorosas, como no caso de trabalhos em áreas mais ou menos extensas. Essa técnica de posicionamento pode ser dividida em dois grupos principais, o estático e o cinemático. A diferença básica entre ambos reside no fato dos últimos requererem a manutenção da sintonia com um mesmo grupo de satélites por todo o período do levantamento, após a resolução da ambigüidade dos sinais transmitidos e recebidos. Os equipamentos utilizados serão os do tipo geodésico, que realizam medições tanto de código quanto de fase, tomando uma (equipamentos mono frequência) ou as duas (equipamentos de dupla frequência) portadoras do sistema.

Segundo MONICO (2000) o DGPS (*differential GPS*) foi desenvolvido visando reduzir os efeitos da SA (*Selective Availability*) impostas ao GPS no módulo absoluto (SPS). É uma técnica em que as observáveis utilizadas são as pseudo-distâncias filtradas pela portadora, que não só melhora a acurácia (exatidão), mas também a integridade do GPS. Sua utilização original foi na navegação, mas atualmente pode ser empregada em varias atividades.

Para explorar todo o potencial do DGPS, as separações entre as estações de referências não devem ultrapassar cerca de 200 km. Centenas de estações DGPS deveriam ser estabelecidas para atender aos mais diversos tipos de usuários de uma ampla área e para reduzir as deficiências inerentes ao DGPS, sem a necessidade de estabelecer um grande numero de estações foi desenvolvido o sistema WADGPS (*Wide Area Differential GPS*) que proporciona correções tridimensionais composto dos erros das efemérides e do relógio para cada satélite, além dos parâmetros inerentes a refração ionosférica e troposférica (MONICO, 2000).

Os receptores GPS disponíveis no mercado são classificados como de navegação, topográficos e geodésicos. Distinguem-se pela precisão e o tipo de medições efetuadas durante o levantamento. Muitos dos receptores disponíveis são capazes de operar realizando medições sobre diversas grandezas, sendo comuns os que realizam medição (observação) da pseudo-distância a partir do código da portadora e os que além de operarem sobre o código também medem a fase de uma frequência ou das duas frequências das portadoras que caracterizam os rádios sinais do sistema.

A qualidade do posicionamento GPS a partir das técnicas apresentadas é degradada com o aumento da distância entre a estação de referência (base) e a móvel, limitando o posicionamento preciso com receptores de uma frequência a regiões com aproximadamente 1200 km<sup>2</sup>.

A Tabela 3 mostra um resumo das técnicas de posicionamento mais utilizadas, bem como a observação e precisão obtida em condições ideais. A sigla DD significa dupla diferença que é a observação resultante da diferença entre observações envolvendo dois satélites e duas estações, constituindo-se da diferença entre duas simples diferenças. Esta última é calculada a partir da diferença entre observações coletadas simultaneamente por duas estações a partir do mesmo satélite.

TABELA 3 - Precisão das técnicas de posicionamento

| Técnica   |                 | Observação                 | Precisão     |
|-----------|-----------------|----------------------------|--------------|
| Por ponto | Convencional    | Pseudo-distância           | 10 m         |
|           | Preciso         | Pseudo-distância e fase    | 1m ou melhor |
| Relativo  | Estático        | DD pseudo-distância e fase | 0,1 a 1 ppm  |
|           | Estático-rápido | DD pseudo-distância e fase | 1 a 10 ppm   |
|           | Semi-cinemático | DD pseudo-distância e fase | 1 a 10 ppm   |
|           | Cinemático      | DD pseudo-distância e fase | 1 a 10 ppm   |
|           | RTK             | DD pseudo-distância e fase | 1 a 10 ppm   |
| DGPS      | Convencional    | Pseudo-distância           | 1 a 5 m      |
|           | WDGPS           | Pseudo-distância           | 2 A10 m      |

Fonte: MONICO (2000)

De acordo com as aplicações os posicionamentos com o GPS fornecem resultados de alta precisão geodésica e devido as facilidades oferecidas pelo sistema, pode-se coletar hoje em dia pontos no terreno para o teste de produtos cartográficos com agilidade.

## 2.2 FOTOGRAMETRIA

Segundo a *ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing)*, (1980) Fotogrametria é a arte, ciência, e tecnologia de se obter informação confiável sobre objetos físicos e o meio-ambiente, através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens e padrões de energia eletromagnética radiante e outros fenômenos.

Encontra seu maior campo de aplicação na elaboração de cartas e mapas ou plantas em colaboração com a Geodésia, Topografia e a Cartografia. Neste campo, as imagens fotográficas (fotos aéreas) são utilizadas para o posicionamento de pontos da superfície terrestre, ou mesmo de

outros astros e, para mapear temas do objeto fotografado, tais como rede de drenagem, florestas, culturas, rede viária, feições geológicas, tipos de solo, etc.

### 2.2.1 Breve histórico da Fotogrametria

A seguir é apresentado um breve histórico sobre a Fotogrametria, segundo BRITO e COELHO (2002).

#### a) Fotogrametria pioneira (1840 - 1900)

Poucos anos após a descoberta da fotografia (graças aos trabalhos pioneiros de Nicéphore Niépce, em 1826 e Louis-Jacques Daguerre, em 1839), surgiram propostas, como a do francês Arago, em 1840, com o objetivo de aproveitá-la para os dispendiosos levantamentos topográficos. Infelizmente, mais alguns anos se passaram sem nada de concreto sobre o tema.

Em 1851, Aimé Laussedat (fundador da fotogrametria) desenvolveu os primeiros princípios e técnicas fotogramétricas, sendo seguido por trabalhos importantes de documentação de edifícios, e prédios históricos, como os de Meydenbauer e Ernest Mach. A então nascente ciência recebeu seu primeiro livro teórico em 1889, o Manual de Fotogrametria, de autoria do alemão C. Koppe.

#### b) Fotogrametria analógica (1901 - 1950)

A invenção do aparelho estereocomparador, por Pullfrich, marca a primeira revolução da fotogrametria, através da qual foi possível facilitar surpreendentemente o trabalho dos usuários, graças à substituição dos inúmeros cálculos matemáticos por aparelhos ópticos-mecânicos.

Em 1911, o austríaco Theodore Scheimpflug cria um método bem sucedido de retificação de fotografias aéreas, iniciando todo um processo de utilização de tais fotografias para mapeamento de extensas superfícies. Os retificadores analógicos passam a ser utilizados largamente, sendo posteriormente substituídos pelos famosos restituidores analógicos, sobretudo os suíços e alemães, Wild, Zeiss e Kern que permitiam visão estereoscópica, através da utilização de um par estereoscópico (ou seja, um par de fotografias com áreas de superposição) e possibilitavam a obtenção de cartas topográficas a precisões surpreendentes. Obviamente, tal trabalho passou a ser altamente específico, tornando fundamental a figura do técnico em fotogrametria, uma vez que tais aparelhos necessitavam de treinamento específico e aprofundado. Dessa forma o trabalho de campo

também foi enormemente facilitado, com a introdução do processo da aerotriangulação analógica, que permitia o adensamento em laboratório dos pontos de campo.

Foi nesse período que houve a criação e fortalecimento de inúmeras associações e entidades congregando todos os interessados na área. AISP (*International Society for Photogrammetry*), atual ISPRS (*International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*) foi fundada em 1910, por E. Dolezal, na Áustria.

No Brasil o trabalho básico, pioneiro da fotogrametria nacional, foi desenvolvido na carta de 1922 do Distrito Federal (RJ), com a missão Austríaca, inclusive com o desenvolvimento de estéreo autógrafos.

c) Fotogrametria analítica (1951 - 1990)

A invenção do computador, nos anos 40, deu início a uma transformação nos processos fotogramétricos e o cálculo necessário, que foram substituídos pelos aparelhos mecânicos, passou a ser executados computacionalmente. O primeiro estudo nesta área foi desenvolvido em 1953, pelo Dr. Eliot Schmidt, do Laboratório de Pesquisa Balística, em Aberdeen, Maryland, Estados Unidos. Neste estudo, foram estabelecidas as bases da fotogrametria analítica, incluindo-se o tratamento matricial, as soluções por mínimos quadrados (um tipo de método estatístico), a solução simultânea utilizando múltiplas imagens e uma análise completa de propagação de erros.

Em 1957, o finlandês Uki Helava desenvolve o conceito de restituidor analítico, utilizando servo-mecanismo para medir as coordenadas das marcas fiduciais nas imagens. Computadores realizavam todos os demais cálculos, simplificando bastante o processo final. Os primeiros restituidores analíticos foram apresentados no congresso da ISP (atual ISPRS) em 1976. A partir daí, tais aparelhos revolucionaram o conceito de fotogrametria, permitindo a aerotriangulação de blocos (conjuntos de fotos) cada vez maiores e a utilização de câmaras comuns (não-métricas).

d) Fotogrametria digital (1990 - dias de hoje)

A fotogrametria digital teve o seu surgimento nos anos 80, tendo como grande inovação a utilização de imagens digitais como fonte primária de dados. A imagem digital pode ser adquirida diretamente de uma câmara digital, ou mesmo através da digitalização matricial de uma imagem analógica (submetendo-a a um scanner).

Nos anos 90, este ramo da fotogrametria realmente pôde ser usado de maneira extensiva, graças ao desenvolvimento de computadores com capacidade suficiente para o processamento interativo de imagens digitais, gerando eleva dos volumes de dados. Os aparelhos atualmente

empregados são chamados de estações fotogramétricas digitais, ou seja, estações de trabalho inteiramente voltadas para a fotogrametria. A Tabela 4 mostra o histórico da Fotogrametria.

TABELA 4 - Histórico da Fotogrametria

| <b>Fotogrametria</b> | <b>Entrada</b>   | <b>Processamento</b>          | <b>Saída</b>   |
|----------------------|--|-------------------------------|--|
| Analógica            | Foto analógica (em filme)  | Analógico (ótico - mecânicos) | Analógica (sribes/fotolitos) no passado ou digital (CAD, por exemplo) no presente. |
| Analítica            | Foto analógica   | Analítico computacional       | Analógica (sribes/fotolitos) no passado ou digital (CAD, por exemplo) no presente. |
| Digital              | Imagem digital (obtida de câmara digital, por exemplo) ou digitalizada (foto analógica submetida a um scanner) | Analítico computacional       | Digital  |

Fonte: Augusto (2000) apud BRITO (2002)

Nos dias de hoje pode-se afirmar que o estado da arte em fotogrametria digital é o mapeamento semi-automático, onde os processos implementados tentam ser automáticos, contudo ainda exigem a supervisão e muita intervenção humana na atividade de restituição fotogramétrica.

### 2.3 CARTOGRAFIA

No ano de 1949, em reunião do conselho econômico e social da ONU - Organização das Nações Unidas destacava-se o importante papel a ser desempenhado pela Cartografia, em grande parte ainda hoje não plenamente realizada e por muitos não visualizados, como elemento construtivo do mundo contemporâneo, lavrando-se em atas e anais ONU (1949) apud MELLO (2005).

Antecedendo a uma discussão conceitual mais recente é preciso ver os anais dessa reunião do Conselho Econômico e Social da ONU, de 1949, em que um comitê de especialistas então reunidos gravou: A Cartografia é a ciência da elaboração de todos os tipos de mapas e cartas, envolvendo todas as atividades desde os levantamentos primários à reprodução final das cópias.

Este conceito confunde aos Cartógrafos desde então, marcando, em particular e significativamente, as discussões teóricas sobre a Cartografia ao longo das décadas de sessenta e setenta.

Ainda em 1949, no rescaldo político da segunda guerra mundial e o início da “guerra fria”, as demandas por documentos cartográficos encontravam-se condicionadas pela visão e as exigências militares sobre a representação gráfica - o documento cartográfico mantinha a condição de um item do equipamento militar. Os levantamentos geodésicos e topográficos impunham à característica básica do documento, em que a orientação, a extensão e a posição dos elementos cartografados, a métrica, ganhavam em importância sobre os demais aspectos da representação.

Em 1966, sob o patrocínio da Associação Cartográfica Internacional (ACI), após se ter amplamente discutido as diferentes formas de uso do documento cartográfico e a identificação do perfil profissional daquele que se incumbem de sua elaboração, o cartógrafo, na conferência técnica de Amsterdã, chegou-se a um enunciado consensual para o entendimento do campo da Cartografia, mantido um enfoque mecanicista, produto versus processo: a Cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos, operações científicas, técnicas e artísticas que possuem por base resultados de observações diretas ou da análise documental e intervêm na elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação, bem como na sua utilização.

O objetivo da Cartografia, inicialmente, consiste na representação da superfície terrestre ou parte dela, de forma gráfica e bidimensional, que recebe o nome de mapa. Atualmente, o conceito de Cartografia apresenta uma acentuada tendência de alterar seu significado inicial e dessa forma algumas definições incluem os aspectos da confecção e uso de mapas, cartas e outros produtos tais como, maquetes, visualizações 3 D da superfície (NOGUEIRA LOCH, 2006).

### 2.3.1 Mapeamento

Adotando-se ainda o entendimento conceitual para a Cartografia pela Associação Cartográfica Internacional, a execução dos levantamentos não se insere no processo cartográfico, embora este se inicie no colecionamento, na organização lógica e na análise dos resultados facilitados por essas atividades. O levantamento pode ser desenvolvido sem que os dados resultantes sejam expressos em linguagem cartográfica, embora a Cartografia ofereça a oportunidade mais

segura e eficaz para se tratar dados, da mesma forma que produzir e veicular informações com significado espacial (MELLO, 2005).

O mapeamento se caracteriza pela seqüência dos processos utilizados no tratamento de uma coleção de dados dotados de espacialidade e métrica, com o objetivo de se obter a representação gráfica vinculada a uma superfície planetária; representação que se estrutura na correspondência entre os objetos geográficos e cartográficos, a partir da associação de símbolos e outros recursos gráficos que conformam a linguagem cartográfica. Para o desenvolvimento de tal tarefa teremos que, a partir dos resultados decorrentes dos mais diferentes levantamentos, envolverem atividades como: colecionamento; classificação; seleção; simplificação e; simbolização dos dados espaciais que, adequadamente tratados, comporão a representação cartográfica.

De acordo ainda com MELLO (2005) o colecionamento e a classificação resumem atividades que têm como principal preocupação a organização dos dados, pois somente dados organizados ganham sentido utilitário. A seleção, a simplificação e a simbolização compõem uma categoria de atividades tradicionalmente denominada por generalização, no âmbito da Cartografia. Tanto a organização como as generalizações estão condicionadas pelo uso pretendido para o documento cartográfico e a escala da representação gráfica.

### 2.3.2 Informação cartográfica

Para NOGUEIRA LOCH (2006) a Cartografia como ciência de comunicação se utiliza de uma linguagem gráfica própria para registrar feições ou fenômenos geográficos e dados geográficos que nos dão a informação geográfica. Assim, o termo informação cartográfica é traduzido como a informação geográfica do mundo real representada nos mapas e cartas por meio de símbolos e convenções cartográficas.

### 2.3.3 Cartografia digital

Generaliza-se o emprego do termo Cartografia digital para rotular a tecnologia relacionada com a construção e o uso do mapa digital. Por outro lado, tornou-se usual referenciar ao conjunto de processos que utilizam recursos computacionais, em substituição às intervenções manuais na

produção cartográfica, como Cartografia Automatizada ou Cartografia Apoiada por Computador (CAC). A maior diferença entre a Cartografia Apoiada por Computador (CAC) e as aplicações do tipo *Computer Aided Design* - CAD (Projeto Assistido por Computador), reside na diversidade, na complexidade e na quantidade de dados, gerais ou temáticos, associados às variadas injunções sobre a interpretação e apresentação gráfica em Cartografia, sem desconsiderar a diversidade conceitual e pragmática dos modelos de dados espaciais com que se pretende descrever ou explicar as relações entre os objetos geográficos CROMLEY (1992) apud MELLO (2005).

#### 2.3.4 Mapoteca Topográfica Digital (MTD) do IBGE

A Mapoteca Topográfica Digital (MTD) desenvolvida pelo IBGE a partir de 1991 tem por objetivo armazenar e gerenciar informação cartográfica em forma digital, como resultante da aplicação de processos, manuais ou automáticos, de digitalização matricial e vetorial, validada e estruturada para atender à produção de documentos cartográficos de representação planialtimétrica, em escalas geográficas ou topográficas, como: Carta Internacional do Mundo, ao milionésimo (CIM); mapas murais (Brasil e Regionais); e mapeamento de unidades estaduais e municipais, além de atender à modelagem cartográfica em ambientes computacionais que empregam as tecnologias de Sistemas de Cartografia Automatizada e Sistemas de Informação Geográfica - SIG.

A representação gráfica da MTD foi definida pela componente espacial do elemento cartográfico e suporta três tipos de estrutura geométrica: ponto, linha e área (polígono).

### 2.4 MAPEAMENTO SISTEMÁTICO NACIONAL

#### 2.4.1 Breve histórico do mapeamento oficial no Brasil

Segundo PEREIRA (2000) et al. o mapeamento nacional processou-se da mesma forma que a ocupação territorial: do litoral para o interior. A primeira representação cartográfica do território brasileiro foi efetuada em Lisboa, em 1502, através do planisfério português conhecido como Cantino e os primórdios do mapeamento sistemático nacional vêm da carta do Império do Brasil, 1862, 1872 e depois a Carta Geral do Brasil, 1903. Em 1922, o Clube de Engenharia editou a Carta do Brasil ao Milionésimo, primeira representação cartográfica de corpo inteiro do país. Entretanto, o



maior desenvolvimento da Cartografia efetuou-se a partir da Segunda Guerra Mundial, em função de interesses militares.

Em 1946, o Conselho de Segurança Nacional instituiu uma comissão encarregada de fixar normas para a uniformização da cartografia brasileira, e de criar procedimentos para a coordenação dos trabalhos cartográficos. Apesar desta diretriz oficial, até 1977 não havia uma política cartográfica definida. Porém, a importância do desenvolvimento e da produção de uma cartografia sistemática no país cresceu durante este período, em função da ocupação do território; do crescimento e da dinâmica espacial da população brasileira; da valorização e conseqüente uso do solo; e da pressão da necessidade de maior volume e melhor qualidade de informações, para que o governo pudesse fundamentado também por aspectos técnicos, formular políticas objetivando o desenvolvimento e à segurança nacional (IBGE, 1978; COCAR, 1981) apud PEREIRA (2000) et al.

Em 1978 foram intensificadas as atividades cartográficas através do Programa Especial de Dinamização da Cartografia Terrestre (PDC), que representou um esforço nacional, organizado pelo governo, para equacionar e resolver os problemas que estavam sendo abordados parcialmente a mais de três quartos de século (IBGE, 1978). O PDC teve dois objetivos: o mapeamento, em escala topográfica, das regiões da Amazônia Legal, e complementar as folhas das cartas nas escalas 1/50.000 e 1/100.000 das regiões centro-sul e nordeste.

Até o ano de 1985, quando findou o PDC, a Cartografia Brasileira viveu um período de intensa produção, baseada na modernização dos equipamentos e processos de produção (IBGE, 1978). Porém, SILVA FILHO (1993) reconhecia que apesar da intenção de dotar o País de uma documentação cartográfica que permitisse retratar a realidade de seu território remontar a 1873, quando foi feita a primeira tentativa para a confecção de sua carta topográfica, através da Comissão da Carta Geral do Império, a intenção permanece, pois o mapeamento do território continua incompleto e desatualizado. Considerando esta afirmativa a que existe hoje em termos de mapeamento no Brasil, verifica-se que muito ainda precisa ser feito em termos cartográficos.

#### 2.4.2 Sistema Cartográfico Nacional (SCN)

As atividades cartográficas no Brasil são desenvolvidas através de um sistema único, denominado Sistema Cartográfico Nacional, estando sujeito à disciplina de planos e instrumentos de

caráter normativo constantes na legislação. O SCN é constituído pelas entidades nacionais públicas e privadas, que tenham por atribuição executar trabalhos cartográficos ou atividades correlatas.

O Decreto-lei n.º 243/1967 estabelece que o espaço territorial seja representado através de cartas e “outras formas de expressões afins”, tais como fotocartas e mosaicos. Cabe ao IBGE propor alterações nas Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Terrestre Nacional, de maneira a assegurar a coordenação e uniformidade das normas técnicas para as cartas gerais empregadas pelo SCN.

#### 2.4.3 Situação do mapeamento sistemático nacional

O mapeamento topográfico sistemático contempla a elaboração de mapas e cartas em escalas geográficas e topográficas. Congrega o conjunto de procedimentos que tem por finalidade a representação dos elementos naturais, artificiais e especiais existentes no território nacional de forma sistemática, por meio de seres de cartas gerais, contínuas, homogêneas e articuladas, elaboradas seletivas e progressivamente, em consonância com as prioridades conjunturais, nas escalas padrão de 1:1.000.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1: 25.000.

Sabe-se que 90% desse mapeamento foi produzido originalmente entre as décadas de 60 e 80, está defasado e dessa forma se verifica que a situação não é satisfatória, pelas razões que se seguem: existem vazios cartográficos e grande parte se encontra desatualizada.

Desde 1985, quando da extinção da Comissão de Cartografia - COCAR findou o período de intensa produção baseada na modernização dos equipamentos e dos processos de produção e, por conseguinte até os dias atuais não foram efetivamente efetuados grandes investimentos financeiros na área de Cartografia.

No que se refere ao mapeamento cadastral, devem ser adicionados a esses fatores a questão da falta da normalização, pois não existem especificações e padronizações homologadas. Ao contrário do que ocorria no Brasil à época, a evolução tecnológica ocorreu no início da década de 90, com o surgimento de novas técnicas e equipamentos geodésicos (GPS) e estações fotogramétricas digitais, que apesar de se ter profundas transformações nas áreas da Geodésia e Cartografia, não se conseguiu uma produção significativa por falta de uma Política Cartográfica Nacional efetiva a ser demandada pelo governo central.

Em 1994, foi criada a Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), órgão colegiado do Ministério do Planejamento, nos mesmos moldes da então Comissão de Cartografia (COCAR), desativada em 1990, cuja atribuição é assessorar o ministro de estado na supervisão do Sistema Cartográfico Nacional, coordenar a execução da Política Cartográfica Nacional e exercer outras atribuições nos termos da legislação pertinente.

Segundo a CONCAR (2003) a situação do mapeamento é insatisfatória frente às demandas de informações cartográficas atualizadas para o planejamento, desenvolvimento social e econômico e para as ações que visam ao monitoramento ambiental para dar subsídios ao desenvolvimento sustentável. A Tabela 5 mostra a situação do mapeamento sistema nacional.

TABELA 5 - Situação do mapeamento sistemático nacional até dez/2003

| <b>Escala</b> | <b>Total de folhas</b> | <b>Total de folhas executadas</b> | <b>% mapeado</b> |
|---------------|------------------------|-----------------------------------|------------------|
| 1: 1000.000   | 46                     | 46                                | 100              |
| 1: 500.000    | 184                    | 68                                | 36,90            |
| 1: 250.000    | 550                    | 444                               | 80,72            |
| 1:100.000     | 3036                   | 2289                              | 75,39            |
| 1:50.000      | 11849                  | 1647                              | 13,90            |
| 1:25.000      | 48713                  | 492                               | 1,01             |

Fonte: Mapa índice (IBGE, 2003)

A produção de folhas nestas escalas elaboradas pelas instituições integrantes do Sistema Cartográfico Nacional - SCN, segundo dados do IBGE, está abaixo do esperado, considerando-se que países como Estados Unidos e China já se encontram totalmente mapeados e na escala de 1/50.000, cabendo ainda destacar que a produção das cartas na escala de 1:500.000 foi descontinuada há um bom tempo.

#### 2.4.4 Campos de aplicação da Cartografia

A CONCAR (2006) define que os documentos cartográficos são referências geométricas de um espaço territorial, que possibilitam a identificação de elementos da paisagem (feições naturais e culturais, pontuais, lineares e poligonais) por meio de suas respectivas coordenadas (geográficas e

conforme projeção adotada sobre o plano). Com base nessa representação da paisagem (território) podem ser mensuradas distâncias, ângulos, perímetros, áreas e volumes e essas medidas, que têm exatidão prescrita pela Engenharia Cartográfica, com precisão equivalente à escala de mapeamento. Historicamente o uso da Cartografia ficou restrito às questões de segurança e integração nacional. Todavia, com o reconhecimento da necessidade da componente geográfica do desenvolvimento, há uma demanda crescente de informações precisas e articuladas acerca dos diferentes territórios que compõem o espaço geográfico brasileiro e dessa forma os setores que utilizam a Cartografia para o desenvolvimento de suas diversas atividades são:

- Agronegócios - Identificação de culturas, bacias hidrográficas, zoneamento rural e florestal, cadastro técnico rural, barreiras sanitárias e desenvolvimento rural.
- Petróleo e gás - Controle de exploração de bacias petrolíferas, oleodutos e análise de projetos.
- Energia elétrica - Identificação de pontos estratégicos para geração de energia elétrica, projetos de usinas hidrelétricas, controle das linhas de transmissão e das redes de distribuição. Controle, fiscalização e projetos de subestação e linhas de transmissão.
- Telecomunicações - Identificação de posicionamento estratégico para instalação de antenas captadoras e/ou repetidoras, estudos para cumprimento de metas reguladoras da concessão, para atendimento a novos clientes e áreas geográficas diversas.
- Monitoramento e abastecimento de água - Identificação e representação das bacias hidrográficas, propiciando estudos para seu gerenciamento (governamental e por comitês), bem como do potencial hídrico, da potabilidade das águas, de projetos que possam produzir poluição. Subsídio a ações reguladoras e de provimento de água.
- Saneamento - Estudos, identificação e representação das formas de esgotamento sanitário, objetivando sua detecção, avaliação de impactos ao meio ambiente e melhoria/adequações para preservar principalmente a saúde das comunidades.
- Mineração - Estudo, controle, fiscalização, licenciamento de áreas para exploração de minerais, de garimpos e monitoramento de resíduos.
- Transporte - Elaboração de projetos, fiscalização e manutenção de rodovias, ferrovias, pistas de aeroportos, portos e obras.
- Área indígena - Identificação, demarcação e controle das áreas indígenas. Monitoramento do uso e exploração de terras indígenas.

- Meio ambiente - Controle e fiscalização de parques, reservas, recursos naturais e áreas degradadas. Identificação de fontes poluidoras. Zoneamento ecológico econômico. Planos de gestão ambiental. Controle e fiscalização de áreas com reflorestamento. Acompanhamento de desmatamentos e queimadas.
- Administração pública - Planejamento e desenvolvimento territorial, ambiental, social e econômico de regiões, estados e municípios. Elaboração de bases cartográficas plano-altimétrica estruturadas, mapas regionais, estaduais, e municipais.
- Reforma agrária - Elaboração de Cadastro Técnico Rural, identificação de áreas não aproveitadas para manejo agrícola, avaliação e identificação de áreas propícias para reforma agrária e tributação e avaliação de imóveis rurais.
- Base territorial (Geoestatística) - Elaboração de mapas territoriais de unidades político-administrativas (municípios, distritos, cidades, bairros, vilas e povoados) e operacionais (setores censitários), que retratam a visão municipal e viabiliza o planejamento da logística e o controle das operações censitárias, como também a espacialização (georeferenciamento geográfico) de informações estatísticas (demográficas, econômicas, ambientais e outras de cunho social).
- Outros campos de utilização da Cartografia incluem: segurança institucional, setor náutico, aeronáutico e defesa militar.

## 2.5 QUALIDADE EM CARTOGRAFIA

Segundo FERREIRA (1999) controle significa ato ou efeito, ou poder de controlar; fiscalização exercida sobre atividades de pessoas, órgãos, departamentos ou sobre produtos, etc, para que tais produtos não se desviem de normas pré-estabelecidas. Qualidade significa propriedade, atributo ou condição das coisas ou pessoas capaz de distingui-las de outras e de lhes determinar a natureza; numa escala de valores, qualidade que permite avaliar e conseqüentemente, aprovar, aceitar ou rejeitar algo.

Para JURAN (1991) a palavra qualidade tem vários significados e seu uso é denominado por dois significados:

- a) Consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto; e

b) É a ausência de falhas, para uma determinada necessidade.

Controle de qualidade é o processo usado como auxílio para atingir os objetivos do processo e do produto, ele consiste nas seguintes etapas:

- Avaliar o desempenho operacional real
- Comparar o desempenho real com os objetivos; e
- Agir com base na diferença.

Como se pode perceber o controle de qualidade é um assunto amplo e complexo, cujo objetivo é de estabelecer, melhorar e assegurar a qualidade de um produto ou serviço, para certas condições de consumo ou utilização (CAMARGO, 1992). Os fatores considerados no controle de qualidade aplicado a ciências cartográficas deverão ser: economia, precisão e confiabilidade.

De acordo com (MELLO, 2003) as características de um produto adequadas às especificações do mesmo, o qualificam. Dessa forma, a qualidade de um mapa limita a forma em que se pode e deve ser usada e analisada a informação geográfica que veicula. Os critérios de qualidade afetam a produção das bases de dados cartográficos como a qualquer outro sistema produtivo. Cada vez mais, a qualidade é uma demanda dos usuários e um elemento diferenciado dos produtores. Sem dúvida, existe certo vazio na aplicação prática de conceitos e medidas de precisão para as bases cartográficas numéricas ou digitais. Um dado geográfico caracteriza-se por suas coordenadas  $(x, y, z)$ , por seus atributos  $(a_1, a_2)$  e pelo momento do tempo em que ocorreu  $(t_1, t_2, \dots)$ , o que implica em que a base de dados cartográficos não possa ser perfeitamente descrita por um único índice de qualidade e assim, cada uma das componentes deve ter anexa uma métrica e a quantificação de sua qualidade.

São muitos os esforços que se pretendem estabelecer normas ou padrões sobre a qualidade dos dados cartográficos. De uma maneira geral se consideram como componentes da qualidade dos dados:

a) Exatidão posicional

A exatidão posicional pode se definida como um parâmetro de qualidade indicador do afastamento esperado de um objeto em relação a sua posição real no terreno (OSTMAN, 1997; ARONOFF, 1995) apud PHILIPS (2001) et al.

b) Genealogia (linhagem)

Refere-se às origens e fontes dos dados, formas de coleta, métodos de análise, sistemas de referência, projeção cartográfica adotada, resolução dos dados, dentre outros que fornecerão a característica de qualidade para os dados utilizados no processo de produção cartográfica.

c) Qualidade gráfica (semiografia)

Refere-se ao emprego do tipo de simbologia e convenções cartográficas.

d) Completude

Indica a ausência de erros de omissão na base de dados; a presença de todos os objetos do mundo real em nosso modelo dependerá da seleção de temas, da simplificação e das regras de generalização.

Para OSTMAN (1997) apud NOGUEIRA JUNIOR (2003) esta componente relaciona-se com a quantidade de informações que não são encontradas ou que não deveriam estar presentes em uma carta.

e) Consistência lógica

Esta componente voltada à Cartografia digital refere-se ao tipo de relacionamento que existe em duas feições representadas no terreno, ou seja, qual a melhor lógica de representação entre elementos em que exista algum tipo de relacionamento.

Para ARONOFF (1995) apud NOGUEIRA JUNIOR (2003), a consistência lógica tem melhores resultados se os dados de entrada forem preliminarmente tratados para atender a uma base de dados que será utilizada em um SIG - Sistema de Informações Geográficas, e isto requer cuidadosa verificação nos relacionamentos topológicos, com vistas a atingir o objetivo maior da base cartográfica.

f) Fidelidade à semântica (toponímia)

Diz respeito à fidelidade dos topônimos quanto à descrição e classificação das feições geográficas (acidentes naturais e culturais) originárias da técnica de reambulação de campo.

g) Fidelidade temporal (atualidade)

Trata-se do efeito temporal dos dados. Normalmente o tempo sob ótica da qualidade de dados, reporta-se a data em que foram colhidas as informações (vôo fotogramétrico, reambulação, restituição, última atualização, dentre outras), e é um fator crítico para vários tipos de informações geográficas.

#### h) Outros componentes de qualidade

De acordo com literaturas nacionais e internacionais sobre o tema controle de qualidade de dados cartográficos, podem ainda ser considerados os seguintes componentes:

- Precisão de atributos - um atributo, dentro do contexto da informação geográfica e cartográfica pode ser definido como características acerca de alguma feição, conjunto de feições ou feições sobre a superfície terrestre, que poderá ser numérico ou nominal. Por exemplo, para feição rodovia, devem-se conhecer os seguintes atributos: tipo de revestimento da superfície da rodovia e quantidade de faixas dentre outros.
- Resolução – não se refere ao produto analógico porque este é definido pela escala da carta. Refere-se ao produto em meio digital em razão da utilização dos recursos de visualização em tela de computador.
- Acessibilidade - refere-se à disponibilidade das informações para o usuário, pois as cartas interessam a diversos usuários.

## 2.6 ERROS

A observação e a experimentação constituem a base do conhecimento científico. Elas fornecem as informações necessárias para criar, estruturar, e verificar teorias científicas. Quanto mais preciso for o conjunto de informações tanto mais ajustadas à realidade poderão ser as descrições e precisões das teorias correspondentes. Cada informação é constituída por um conjunto de dados oriundos das observações realizadas na medida de uma grandeza.

Um dos objetivos do processo científico é projetar métodos e instrumentos que nos permitem medir com a maior exatidão (aproximação) possível as constantes e grandezas implicadas nos processos que se investiguem.

Em uma medição utilizamos os nossos sentidos, um instrumento, e um método de observação e nesse sentido estamos sujeito a erros. Chamaremos então de erro o desvio ou o afastamento do resultado de uma observação em relação ao valor mais provável da mesma grandeza, porque em pouquíssimos casos de medição de grandezas nós conhecemos o valor verdadeiro.



a) Erros grosseiros

Para GEMAEL (1994) os erros grosseiros são enganos ou falhas de observação e resultantes de imperícia, descuido do operador ou falha instrumental. Quando tem grande magnitude são fáceis de detectar, mas se torna difícil quando pequenos.

b) Erros sistemáticos

São chamados também de regulares e são resultantes de causas conhecidas. Na maioria das vezes, podem ser evitados através das técnicas especiais de observação ou eliminados a posteriori mediante a aplicação e fórmulas conhecidas pela teoria. Tem módulo constante em cada observação efetuada em uma medição e causas como: deficiências do instrumental, deficiência do método de observação e da falta da aplicação de correções devido às variações ambientais durante o processo de medição ou determinados efeitos físicos. O erro sistemático é eliminado com uma correção de igual módulo, porém de sentido contrário ao erro.

c) Erros acidentais

Ocorre ao acaso e de forma aleatória. São chamados também de randômicos e resultantes de causas desconhecidas ou incontroláveis de ocorrência probabilística. Caracterizam-se por apresentar uma distribuição normal com uma frequência maior de erros menores (GEMAEL, 1994).

d) Erros no controle de qualidade de produtos cartográficos

Na geração de produtos cartográficos, erros podem ocorrer em diferentes etapas do processo e, na prática é o que normalmente acontece. Os erros podem ser atribuídos à falibilidade humana, imperfeição de equipamentos e influência das condições ambientais (LEAL, 1998).

BRITO (1987) afirma que no caso da avaliação de cartas, a variável observada é a diferença entre o valor tido como verdadeiro (campo) e o valor extraído da carta, seja de uma posição planimétrica seja de uma altitude, sendo assim, o erro de cada ponto testado.

Para analisar os erros teoricamente será considerado o valor da média das observações como sendo o mais provável à grandeza medida e devem-se utilizar métodos estatísticos, pois os mesmos fornecerão embasamento teórico para tal finalidade. Portanto, o erro de uma medida é a diferença entre o valor verdadeiro de uma grandeza e o seu valor obtido numa medição.

e) Erro total planimétrico de uma carta analógica

O erro total planimétrico de uma carta analógica de pontos bem definidos ou erro médio quadrático da posição de um ponto são agrupados em duas categorias: erros fotogramétricos e erros de desenho e maiores detalhes podem ser encontrados em NOTARI (1967).

## 2.7 AMOSTRAGEM

Os levantamentos por amostragem são amplamente utilizados na coleta de dados para os mais variados fins, incluindo uso em tomada de decisão governamental, pesquisa em saúde pública, economia e sociologia, pesquisa de opinião e outras (SILVA, 1998).

BARBETA (2003) afirma que em pesquisas científicas, em que se quer conhecer algumas características de uma população também é muito comum apenas uma amostra de seus elementos e a partir do resultado dessa amostra obter valores aproximados ou estimativas, para as características populacionais de interesse e este tipo de pesquisa é usualmente chamado de levantamento por amostragem e apresenta quatro razões que justificam o uso da amostragem em levantamentos de grandes populações:

- Economia. Em geral, torna-se bem mais econômico o levantamento de somente uma parte da população;
- Tempo. Numa pesquisa eleitoral, a três dias de uma eleição presidencial, não haveria tempo suficiente para pesquisar toda a população de eleitores do país, mesmo que houvesse recursos financeiros em abundância;
- Confiabilidade dos dados. Quando se pesquisa um número reduzido de elementos, pode-se dar mais atenção aos casos individuais, evitando erros nas respostas;
- Operacionalidade. É mais fácil realizar operações de pequena escala. Um dos problemas típicos nos grandes censos é o controle dos entrevistadores.

NOGUEIRA JUNIOR (2003) afirma que um cuidado especial deve ser tomado quanto aos critérios usados na seleção da amostra, pois, caso se cometa erros grosseiros na seleção dos elementos da mesma, o trabalho todo ficará comprometido e os resultados finais serão provavelmente, incorretos.

Para TELLES e RODRIGUES (1990) uma amostra de pontos de teste de carta para uso em controle de qualidade de produtos cartográficos deverá ser representativa, de forma a assegurar a correta determinação da precisão. A amostra obtida deve ser testada em relação aos pontos de campo, fazendo-se então uma afirmação probabilística sobre a precisão do mapa, tendo-se um nível mínimo de precisão geralmente com um elevado grau de certeza para essa afirmação.

## 2.8 EXATIDÃO E PRECISÃO CARTOGRÁFICA

Qualquer que seja o tipo de observação realizada é importante conhecer sua qualidade e dessa forma vários termos são usados como indicadores de qualidade das observações, sendo que os termos mais usados são acurácia (exatidão) e precisão.

Segundo ANDRADE (1991) o termo exatidão cartográfica deve se entendido como sinônimo de acurácia que é o afastamento que, como um todo, a carta teria da verdade topográfica, enquanto a precisão se refere unicamente á dispersão de valores observados, no caso, dos erros nos vários pontos da carta. Reportando-se aos conceitos de exatidão e precisão, conclui-se que testados n pontos de uma carta, a média dos erros obtidos representa a exatidão enquanto o desvio padrão indica a precisão da mesma.

Para GEMAEL (1994), o termo precisão está vinculado apenas aos efeitos aleatórios (à dispersão das observações), enquanto que a exatidão vincula-se a ambos, efeitos aleatórios e sistemáticos.

BURITY (1999) destaca que a utilização de qualquer material cartográfico requer o conhecimento prévio sobre a sua precisão, podendo a não observância desta recomendação incorrer em resultados que fiquem aquém do objetivo desejado. Para verificação da consistência das informações contidas nas cartas, são utilizados os parâmetros de exatidão e precisão, através de cálculos estatísticos das medições realizadas, comparando-os com os erros estabelecidos para a carta.

PEREIRA (2001), afirma que em qualquer projeto de construção de cartas pretende-se, sempre, apresentar um produto final cuja exatidão esteja dentro de determinados níveis de tolerância e para que este objetivo seja alcançado, é evidente que cada fase participante do processo obedeça a limites de erros que conduzam à obtenção do valor final fixado.

Segundo MERCHAT (1982), os testes específicos para a análise da exatidão de um mapa são realizados em duas fases. A primeira consiste no teste de detecção de tendências, baseada na distribuição “t” de Student, quando se verifica a presença de erros sistemáticos. A segunda trata-se da análise da precisão, baseada na distribuição do Qui-quadrado ( $\chi$ ).

Em síntese, quando a exatidão é analisada, dois aspectos devem ser considerados:

- Referencial utilizado: normalmente adota-se a rede geodésica básica como referência, de forma a ter-se a acurácia (exatidão) da carta em relação à rede de coordenadas do sistema de projeção adotado.

- Estimador: para estimar a acurácia (exatidão) de um documento cartográfico, emprega-se a exatidão e a precisão dos pontos representados, avaliados pelo erro médio quadrático. Este é o procedimento normal em qualquer situação semelhante, uma vez que não são conhecidas as posições verdadeiras de todos os pontos.

### 2.8.1 Padrões de exatidão cartográfica no Brasil

Para classificar os produtos cartográficos no Brasil, o Decreto nº 89.817, em seu capítulo II, seção 1, Art. 8º, estabelece o Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, que deve ser obedecido em todos os documentos cartográficos elaborados no país. O PEC é um indicador estatístico de dispersão relativo a 90% de probabilidade, que define a acurácia (exatidão) do trabalho cartográfico, devendo ser informado obrigatoriamente no rodapé da carta. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o EP (erro padrão), ou seja:  $PEC = 1,6449 \times EP$ . O erro padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do PEC - Padrão de Exatidão Cartográfico. Para efeito das presentes instruções contidas nesse Decreto, consideram-se equivalentes as expressões erro padrão, desvio padrão e erro médio quadrático.

O PEC pode ser obtido separadamente para a planimetria e para a altimetria. Os critérios de exatidão encontram-se definidos no Art.8º Decreto 89.817, que especifica:

a) 90% dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC planimétrico estabelecido;

b) 90% dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC altimétrico estabelecido.

Considerando os resultados do PEC, as cartas são classificadas em padrões Classe A, Classe B e Classe C, conforme a Tabela 6.

TABELA 6 - Padrões de exatidão planialtimétrica (Brasil, 1984)

| CLASSE           | A                 | B                 | C                 |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| PEC Planimétrico | 0,5 mm            | 0,8 mm            | 1 mm              |
| Erro Padrão      | 0,3 mm            | 0,5 mm            | 0,6 mm            |
| PEC Altimétrico  | 1/2 eqüidistância | 3/5 eqüidistância | 3/4 eqüidistância |
| Erro Padrão      | 1/3 Eqüidistância | 2/5 eqüidistância | 1/2 eqüidistância |

Fonte: Decreto 89.817

As medidas planimétricas sobre uma carta analógica (impressa em papel) estão sujeitas à dois tipos de imprecisões: O erro gráfico aceito como sendo 0,2 mm, correspondente ao limite da acuidade visual humana e o PEC - Padrão de Exatidão Cartográfica.

### 2.8.2 Padrões de exatidão cartográfica em outros países

#### a) Estados Unidos:

De acordo o USGS (*United States Geological Survey*) normalizados, em 1947, pelo *U. S. Bureau of the Budget*, os mapas topográficos norte americanos adotam os seguintes padrões de exatidão posicional:

- Em relação à exatidão horizontal (planimétrica):

Nos mapas cujas escalas forem maiores que 1: 20.000, no máximo 10 % dos pontos testados em campo poderão possuir erro superior à 1/30 da polegada (0,85 mm) medida sobre a escala final de impressão. Nos mapas cujas escalas forem iguais ou menores à 1: 20.000, o erro não poderá ser superior à 1/50 (0,5 mm) da polegada. (USA, 1947).

- Em relação à exatidão vertical (altimétrica):

Independentemente da escala, no máximo 10 % dos pontos testados em campo poderão ter erro superior à metade da eqüidistância ente as curvas de nível (USA, 1947).

- Em relação à classificação da carta:

Todas as cartas que atenderem aos padrões de exatidão posicional terão uma nota de crédito em sua legenda confirmando o fato (USA, 1947).

Constata-se o rigor quanto à classificação das cartas americanas, pois existe apenas uma classe que atende às especificações técnicas. Na Tabela 7 as unidades destes padrões de exatidão foram convertidas de polegadas para milímetros.

TABELA 7 - Padrões de exatidão planialtimétrica (USA, 1947)

| <b>Exatidão</b>        | <b>Escalas &gt; 1: 20.000</b> | <b>Escalas ≤ 1: 20.000</b> |
|------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Planimétrica (mm x Ec) | 0,50                          | 0,85                       |
| Altimétrica (mm x Eq)  | 1/2                           | 1/2                        |

Fonte: BARROS, FERREIRA e VERGARA (2001)

b) No Canadá, Dinamarca e Noruega.

O Canadá, Dinamarca e Noruega são países-membros da OTAN (Organização do Tratado Atlântico Norte), que adotam seus padrões de exatidão cartográficos conforme especificados pela por aquela organização (1989).

A OTAN é uma aliança de natureza civil e militar, formada por 19 países membros e outros países convidados, cuja missão é manter a paz e a segurança, além de promover a cooperação político-econômica entre os seus membros. As Tabelas 8 e 9 mostram os padrões de exatidão planimétrica e altimétrica adotados pela organização, que adotam os seguintes padrões de exatidão cartográficos:

TABELA 8 - Padrões de exatidão planimétrica (OTAN, 1989)

| <b>Exatidão</b>        | <b>Classe A</b> | <b>Classe B</b> | <b>Classe C</b> | <b>Classe D</b> | <b>Classe E</b> |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Planimétrica (mm x Ec) | 0,50            | 1,0             | 2,0             | > 2,0           | Indeterminada   |

Fonte: BARROS, FERREIRA e VERGARA (2001).

TABELA 9 - Padrões de exatidão altimétrica (OTAN, 1989)

| <b>Exatidão</b>        | <b>Classe A</b> | <b>Classe B</b> | <b>Classe C</b> | <b>Classe D</b> | <b>Classe E</b> |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Planimétrica (mm x Eq) | 0,25            | 0,50            | 1,0             | 2,50            | Indeterminada   |

Fonte: BARROS, FERREIRA e VERGARA (2001).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DAS CARTAS

As cartas deste trabalho, conforme observado na Figura 3, localizam-se no sul do estado de Santa Catarina e abrange áreas dos municípios das microrregiões polarizadas definidas em legislação estadual:

- Microrregião de Laguna - Garopaba, São Martinho, Imbituba, Imaruí, Laguna, Jaguaruna e Sangão;
- Microrregião do Vale do Rio Tubarão - Santa Rosa de Lima, Rio Fortuna, Grão Pará, Armazém, Braço do Norte, São Ludgero, Gravatal, Pedras Grandes, Capivari de Baixo, Tubarão e Treze de Maio;
- Microrregião Sul do Estado - Lauro Muller, Treviso, Urussanga, Siderópolis, Coca do Sul, Morro da Fumaça, Nova Veneza, Criciúma, Içara e Forquilha.



FIGURA 3 - Localização das cartas em Santa Catarina

Fonte: Parte do Mapa da Divisão Municipal - Secretaria de Planejamento e Gestão/SC

### 3.2 MATERIAIS

As treze 13 cartas topográficas utilizadas para esta pesquisa são do bloco 12 - Projeto SC-50 e foram elaboradas pelo IBGE em 1976, pelo método fotogramétrico analógico e suas correspondentes cartas digitais foram convertidas por digitalização automática via scanner e vetorização, cujas características são:

- Cartas analógicas (impressas) e digitais convertidas para o meio digital na escala de 1: 50.000;
- Sistema de Projeção: UTM (Universal Transversa de Mercator);
- Referenciais Geodésicos Horizontais: Chuá Astro Datum - cartas analógicas  
Córrego alegre - cartas digitais vetoriais
- Referencial Geodésico Altimétrico: Marégrafo de Imbituba, SC;
- Meridiano Central: 51° W.gr.
- Fuso UTM: 22°
- Eqüidistâncias das curvas de níveis: 20 metros
- Meios: analógico (papel) e digital vetorial (.dgn )

A Tabela 10 mostra a relação de cartas topográficas analógicas e digitais.



TABELA 10 - Relação das cartas topográficas analógicas e digitais

| MI     | NOME DA FOLHA            | NOMENCLATURA          | ESCALA    | EDITOR | ANO  | DATA            |
|--------|--------------------------|-----------------------|-----------|--------|------|-----------------|
| 2924-1 | AIURE                    | SH. 22 - X-B - I - 1  | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ/C. ALEGRE  |
| 2924-2 | GRÃO PARÁ                | SH. 22 - X-B - I - 2  | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ/C. ALEGRE  |
| 2925-1 | SÃO MARTINHO             | SH. 22 - X-B - II - 1 | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ/C. ALEGRE  |
| 2925-2 | IMBITUBA                 | SH. 22 - X-B - II - 2 | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ/C. ALEGRE  |
| 2924-3 | ORLEANS                  | SH. 22 - X-B - I - 3  | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ/C. ALEGRE  |
| 2924-4 | TUBARÃO                  | SH. 22 - X-B - I - 4  | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ /C. ALEGRE |
| 2925-3 | LAGUNA                   | SH. 22 - X-B - II - 3 | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ./C. ALEGRE |
| 2925-4 | VILA NOVA                | SH. 22 - X-B - II - 4 | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ./C. ALEGRE |
| 2940-1 | CRICIUMA                 | SH. 22 - X-B - IV - 1 | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ./C. ALEGRE |
| 2940-2 | JAGUARUNA                | SH. 22 - X-B - IV - 3 | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ./C. ALEGRE |
| 2941-1 | LAGOA DE GAROPABA DO SUL | SH. 22 - X-B - V - 1  | 1:50.2000 | IBGE   | 1976 | CHUÁ./C. ALEGRE |
| 2940-3 | ARARANGUÁ                | SH. 22 - X-B - IV - 3 | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ./C. ALEGRE |
| 2940-4 | RINCÃO                   | SH. 22 - X-B - IV - 4 | 1:50.000  | IBGE   | 1976 | CHUÁ./C. ALEGRE |

### 3.2.1 Mapeamento topográfico sistemático das 13 cartas em Santa Catarina

A seguir são descritas resumidamente a genealogia (linhagem - origem) do mapeamento das 13 cartas topográficas analógicas de Santa Catarina, quais sejam: Cobertura aerofotogramétrica, Apoio geodésico básico, Apoio de campo fotogramétrico, Reambulação, Aerotriangulação, Restituição estereofotogramétrica e Preparo para impressão offset, cujas informações serviram de base para a avaliação da qualidade das cartas.

a) Cobertura aerofotogramétrica

A cobertura aerofotogramétrica da área referente ao bloco 12 - Projeto SC-50 foi executada pelo Projeto AST-10 *USAF (United States of America)* em 1965 e 1966 na escala de 1: 60.000, que quase foi realizada em quase todo o Brasil, em virtude de um acordo cartográfico Brasil - Estados Unidos. O Anexo II apresenta um breve relato sobre as atividades desse aerolevanteamento.

b) Apoio geodésico básico

A estrutura geodésica fundamental utilizada para o apoio básico foram às estações de 1ª ordem pertencente ao IBGE - Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), constituída por um conjunto de estações clássicas (vértices de triangulação, estações poligonais e referências de níveis), dentre os quais pode-se citar os vértices de triangulação Azambuja e Martinelli localizados na carta Tubarão, que serviram de base para o adensamento de uma rede de pontos de 2ª e 3ª ordem, para a medição do apoio de campo fotogramétrico horizontal e vertical.

c) Apoio de campo fotogramétrico

As atividades de apoio de campo fotogramétrico foram realizadas pelo Departamento de Geodésia (DEGED) do IBGE em 1966, pelos métodos de irradiação eletrônico, triangulação topográfica, interseções a vante e a ré, poligonação estadimétrica e nivelamentos trigonométrico e barométricos a partir dos pontos de 2ª e 3ª ordem. As precisões para aerotriangulação e restituição estereofotogramétrica situaram-se dentro de 3,0 m para planimetria (horizontal) e 2,0 m para a altimetria (vertical), uma vez que as cartas foram impressas na escala de 1: 50.000.

d) Reambulação

As atividades de reambulação para a coleta de topônimos e classificação dos acidentes geográficos naturais e artificiais foram executadas em 1969, 1970, 1971 e 1972 pelo Departamento Estadual de Geografia e Cartografia do Estado de Santa Catarina, de acordo com o manual de reambulação do IBGE vigente na época.

e) Aerotriangulação

O método de aerotriangulação utilizado para o bloco 12 - Projeto SC-50 foi o semi-analítico com as faixas transversais aerotrianguladas e ajustadas para gerar pontos de uma falsa cadeia de apoio, que posteriormente entrava na própria aerotriangulação do bloco, como pontos de apoio de campo (suplementar). Esse artifício foi usado por muitos anos pelos norte americanos que passaram para o IBGE sua utilização.

Esse método foi realizado em equipamentos estereorestituidores de precisão de 1ª ordem (Wild A7 e Stereoplanígrafo C 8 - Zeiss - inversão de bases) e mecânicos de solução analógica, cujas orientações foram: orientação interior - processo mecânico; orientação exterior relativa - processo óptico-mecânico; e orientação exterior absoluta - processo analítico (processo matemático).

Quanto ao programa de ajustamento utilizado foi o PAT M 43 do professor ACKEMAN, no qual se obteve valores finais de desvios padrões (erros) de 2,489 m para planimetria e 2,40m para altimetria.

f) Restituição estereofotogramétrica

As atividades de restituição estereofotogramétrica foram realizadas pelo IBGE em instrumentos topográficos ou de 2ª ordem (Wild - B8 e Kern PG-2.) para a reconstituição precisa de modelos estereoscópicos e recomendados para os trabalhos de escalas médias e pequenas.

g) Preparo para impressão offset

Nas atividades de desenho, gravação e separação de cores dos elementos cartográficos para impressão das cartas foram produzidos três fotoplásticos (scribe-coat), um para cada tipo de representação que são executadas com traço, isto é, somente linhas são gravadas, correspondentes às cores:

- Azul - elementos hidrográficos;
- Preto - moldura, quadriculados, sistema viário e limites;
- Sépia - curvas de nível e pontos contados.

Para representação de áreas foi usado outro tipo de plástico estável no qual se acha aderida uma leve película opaca facilmente removível conhecido como peel-coat. A película a redor dos elementos é cortada e levantada, ficando transparente:

- Azul - para representar as massas d'água;
- Vermelho - para representar estradas e áreas edificadas;
- Verde - para representar a vegetação.

Além dessas atividades é feito uma aplicação (colagem-fixação de topônimos) de todos os nomes que vão constar na carta e parte das simbologias e convenções.

As atividades descritas acima foram realizadas pelo Departamento de Cartografia (DECAR) do IBGE e impressas pelo Centro de Documentação de Disseminação (CDDI) através do Departamento de Produção Gráfica em 1974 e 1976.

### 3.2.2 Conversão digital das cartas topográficas no IBGE

Desde o início dos anos 60, sistemas empregando digitalização manual foram utilizados para a aquisição de dados cartográficos vetoriais. Uma vez que este método era considerado por alguns usuários como lento, de alto custo e altamente passível de erros, quando mapas complexos eram digitalizados, a busca por novas tecnologias nunca parou e, nos anos 70, sistemas baseados em tecnologias de digitalização por varredura, tais como "seguidores automáticos de linhas" e sistema de "varredura" matricial, scanners foram desenvolvidos.

A digitalização com scanners é um processo automático onde elementos cartográficos pontuais, lineares e areais (poligonais) são convertidos para a representação digital usando equipamentos eletro-óticos, os quais varrem toda a extensão do documento cartográfico de acordo com linhas pré-definidas (passo de varredura ou varredura espiralada) a uma determinada resolução. O objetivo do sistema é gerar bases cartográficas digitais pela conversão de documentos cartográficos (impressos ou fotolitos) na forma de cartas e mapas para a composição de uma base nacional de dados cartográficos digitais na estrutura raster e na estrutura vetorial.

A metodologia completa da conversão digital das cartas topográficas desenvolvidas pelo IBGE (1987), seguiu as seguintes etapas: obtenção dos originais (fotolito) para digitalização automática via scanner e edição raster; georeferenciamento raster; vetorização e revisão da vetorização cujas especificações podem ser encontradas na Internet, no endereço [www.ibge.gov.br/cartografia/MTD](http://www.ibge.gov.br/cartografia/MTD).

Neste trabalho é descrito uma síntese do georeferenciamento raster dos arquivos digitais das cartas topográficas, no sentido de fundamentar a definição do número de pontos de teste de campo para as 13 cartas topográficas.

A etapa de georeferenciamento validou a geometria de cada arquivo no formato raster onde foi gerado um *grid* (quadriculado, canevá ou rede cartográfica) UTM da carta, utilizando-se o aplicativo "MGE *Coordinate System Operations (MCSO)*", e cada arquivo raster foi ajustado ao *grid* gerado.

Nessa etapa foram utilizados os seguintes modelos de transformação:

- Helmert (conforme) - é uma transformação de quatro parâmetros, que requer no mínimo de dois pontos de controle para ser executada e quando são utilizados mais de dois pontos ela

executa um ajustamento. Possui os seguintes parâmetros: um fator de escala, uma rotação e uma translação para X e para Y.

- Afim de 1ª ordem - é uma transformação que apresenta seis parâmetros, o que requer um mínimo de três pontos de controle. Se houver somente três pontos de controle estes não deverão ser colocados em linha, mas sim bem distribuídos sobre a área a ser transformada. Se mais de três pontos forem utilizados haverá uma redundância, o que proporciona a um melhor ajustamento. Possui os seguintes parâmetros: rotação dos eixos escala em X, escala em Y, inclinação dos eixos (não perpendicularismo), translação em X e translação em Y.

Na geração do *grid* de cada carta topográfica foi mantido o Datum horizontal do sistema geodésico original da carta impressa e, para validação do processo de georeferenciamento foram aceitos erros residuais médios com valores menores que erro gráfico (0,2mm x 50.000), conforme a Tabela 11.

TABELA 11 - Erros residuais máximos no georeferenciamento

| ESCALA    | TOLERÂNCIA |
|-----------|------------|
| 1: 25.000 | 5 metros   |
| 1:50.000  | 10 metros  |
| 1:100.000 | 20 metros  |
| 1:250.000 | 50 metros  |

Fonte: IBGE (1987)

Dessa forma o procedimento de georeferenciamento foi realizado a partir dos 4 cantos geográficos das cartas, sobrepondo os fotolitos nas cores preto, azul, vermelho, sépia e verde. Também foram utilizados nesse processo, através do *grid* UTM, mais ou menos 20 pontos para controle. Todavia, ao final do processo os 4 cantos geográficos de cada arquivo raster foram praticamente suficientes para o controle geométrico dos arquivos..

Vale ressaltar que excepcionalmente para o georeferenciamento dos arquivos digitais raster das 13 cartas topográficas, não foi possível manter o Datum CHUÁ que é o sistema geodésico horizontal das cartas analógicas, por falta dos parâmetros de transformações para a geração do *grid* UTM e dessa forma as cartas digitais foram georeferenciada no Datum CÓRREGO ALEGRE.

### 3.2.3 Fotografias aéreas de 2002 da empresa Aeroimagem

Para a seleção dos pontos de teste foram utilizadas as 13 cartas analógicas e fotografias aéreas na escala original 1: 40.000, do voo aerofotogramétrico realizado pela empresa Aeroimagem Aerofotogrametria S/A em 2002 para o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Estas fotos facilitaram muito o deslocamento em campo para o reconhecimento prévio dos pontos de teste a serem medidos com GPS. O Anexo III mostra uma fotografia aérea como exemplo.

### 3.2.4 Receptor GPS topográfico

Para a medição em campo dos pontos de teste foi utilizado um receptor GPS topográfico Promark X - CM da Magellan, conforme ilustrado no Anexo IV.

### 3.2.5 Programas de transformação de sistemas geodésicos

Para as transformações das coordenadas dos pontos de referência (campo) entre os Sistemas Geodésicos de Referências: SIRGAS 2000 para SAD69, SAD 69 para CHUÁ ASTRO e de SAD 69 para CÓRREGO ALEGRE, foram utilizados os programas TCGeo, TRASDAT1 e PTOPOG respectivamente, que são utilizados pelo IBGE.

As Tabelas 12 a 17 mostram os parâmetros de transformação e parâmetros definidores (elipsóide e estação origem) de cada sistema Geodésico.

TABELA 12 - Parâmetros de transformações de SIRGAS 2000 para SAD69

| <b>Parâmetros</b> | <b>SAD 69</b> |
|-------------------|---------------|
| $\Delta x$ (m)    | 67,35         |
| $\Delta y$ (m)    | - 3,88        |
| $\Delta z$ (m)    | 38,22         |

Fonte: IBGE (2005)

TABELA 13 - Parâmetros definidores (elipsóide e estação origem) de cada sistema

|                     | <b>SIRGAS 2000</b> | <b>SAD 69</b>      |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| Elipsóide           | GRS80              | Internacional 1967 |
| Achatamento 1/f     | 298,257222101      | 298,25             |
| Semi-eixo maior (m) | 6.378.137          | 6.378.160          |
| Estação origem      | Centro da Terra    | Vértice Chua'      |

Fonte: IBGE (2005)

TABELA 14 - Parâmetros de transformações de SAD 69 para CHUÁ ASTRO

| <b>Parâmetros</b> | <b>CHUÁ ASTRO</b> |
|-------------------|-------------------|
| $\Delta x$ (m)    | 77,00             |
| $\Delta y$ (m)    | - 239,0           |
| $\Delta z$ (m)    | - 5,0             |

Fonte: IBGE - IAGS (1970)

TABELA 15 - Parâmetros definidores (elipsóide e estação origem) de cada sistema

|                     | <b>SAD 69</b>      | <b>CHUÁ ASTRO</b>          |
|---------------------|--------------------|----------------------------|
| Elipsóide           | Internacional 1967 | Internacional 1924 Hayford |
| Achatamento 1/f     | 298,25             | 297,00                     |
| Semi-eixo maior (m) | 6378160,00         | 6378388,00                 |
| Estação origem      | Vértice Chua'      | Vértice Chuá               |

Fonte: IPGH (1972)

TABELA 16 - Parâmetros de transformações de SAD 69 para Córrego Alegre

| <b>Parâmetros</b> | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |
|-------------------|-----------------------|
| $\Delta x$ (m)    | 138,0                 |
| $\Delta y$ (m)    | - 164,4               |
| $\Delta z$ (m)    | - 34,0                |

Fonte: IBGE (1989)

TABELA 17 - Parâmetros definidores (elipsóide e estação origem) de cada sistema

|                     | <b>SAD 69</b>      | <b>CÓRREGO ALEGRE</b>      |
|---------------------|--------------------|----------------------------|
| Elipsóide           | Internacional 1967 | Internacional 1924 Hayford |
| Achatamento 1/f     | 298,25             | 297,00                     |
| Semi-eixo maior (m) | 6378160,00         | 6378388,00                 |
| Estação origem      | Vértice Chuá       | Vértice Córrego Alegre     |

Fonte: IBGE (1989)

### 3.2.6 Imagem do Google Earth de 2006

Para a análise da componente fidelidade temporal (atualidade) das cartas topográficas foram utilizadas imagens do Google Earth de 2006, com o objetivo de validar adicionalmente elementos geográficos verificados durante a campanha de campo para a medição GPS.

### 3.2.7 Programas de processamento de dados GPS

Para o descarregamento de dados da medição GPS e transformações desses dados para o formato RINEX2 foi utilizado o programa MSTAR 2.0. O pós-processamento e ajustamento para a obtenção das coordenadas dos pontos de teste no terreno em SIRGAS 2000, foi utilizado o programa ASTECH SOLUTION versão 2.7, que é utilizado hoje pelo IBGE nas atividades de medição do apoio de campo fotogramétrico para a elaboração das cartas topográficas nas escalas 1:50.000 e 1:25.000.

## 3.3 MÉTODOS

Na sua origem o processo de produção de documentos cartográficos é trabalhoso e complexo. Envolve atividades que devem ser desenvolvidas dentro de padrões e métodos específicos, que utilizam técnicos especializados para desenvolver tarefas em equipamentos sofisticados e precisos. Em virtude dessa complexidade e da natureza do produto final obtido torna-se necessário à adoção de procedimentos que garantam a sua qualidade.

A questão da manutenção e a garantia da qualidade de documentos cartográficos voltados principalmente para a exatidão posicional de seus dados vem sendo objeto de estudos de: NOVAES (1971); BRITO (1987); NAHUM (1988); TELES e RODRIGES (1990); GALO e CAMARGO (1994); LEAL e DALMOLIN (1998, 1999, 2002); ROCHA (2002); NOGUEIRA JÚNIOR (2003), MELLO (2003); e CINTRA e NERO (2002, 2005) que propõem o emprego de amostra de pontos de teste de carta, necessários à inferência estatística, que não implique em desperdício de recursos e, que ao mesmo tempo seja suficiente para gerar resultados confiáveis.



### 3.3.1 Determinação do número da amostra dos pontos de teste

CINTRA e NERO (2001) afirmam que uma questão importante se refere ao tamanho da amostra de pontos necessários para uma análise segura da exatidão cartográfica, pois não deve se deve ter um número de pontos tal que não se possa afirmar que a análise seja eficaz ou ter um número excessivo de pontos onde se tem uma análise segura, contudo inviável economicamente para a tarefa.

Em 1958 o *U.S. Geological Survey (USGS)* apud ROCHA (2002) iniciou testes de exatidão de seus mapas sistematicamente e a exatidão posicional foi testada em 10% da cartografia elaborada, definindo assim um método de avaliação global. Os resultados mostraram que, raramente, os testes de cartas apresentaram valores acima da tolerância permitida, apesar de algumas cartas terem sido reprovadas. Para esses testes, os peritos do USGS selecionaram 20 ou mais pontos bem definidos nas cartas e no terreno (campo), cujas posições foram estabelecidas por procedimentos de campo que usaram técnicas de agrimensura sofisticadas para determinar suas coordenadas. Estes testes realizados nos *USA (United State of América)* são aceitos para prova de exatidão oficial.

Nos estudos de NOVAES (1971) foi sugerido de 2 a 3 pontos por carta como teste. NAHUM (1988) considerou 10 por carta como número mínimo de pontos distribuídos pelos quadrantes das mesmas. GALO e CAMARGO (1994) utilizaram 22 pontos para a carta na escala 1: 50.000. NERO e CINTRA (2001) realizaram testes de carta na escala 1: 50.000 com 32 pontos, ROCHA (2002) utilizou 101 pontos para mapa digital urbano na escala 1: 2000 e NOGUEIRA JUNIOR (2003) utilizou 25 pontos para mapas digitais nas escalas de 1:10.000 e 1: 2.000.

Cabe ressaltar que não foi escopo deste trabalho a discussão de dimensionamento de amostras e dentre os autores citados acima ROCHA (2002) e NOGUERIA JUNIOR (2003) desenvolveram uma técnica de dimensionamento de amostras, utilizando modelo matemático, no qual utiliza como variáveis o tamanho da população, o erro amostral  $\epsilon_r$ , o intervalo de confiança da amostra, a média amostral e o desvio padrão amostral e para maiores detalhes sugere-se a leituras de seus trabalhos de dissertação de mestrado e de tese respectivamente.

Nesta pesquisa se definiu o número de pontos de teste estabelecendo-se um percentual do total dos pontos de apoio fotogramétrico, utilizados no mapeamento das 13 cartas topográficas, uma vez que esse quantitativo forneceu a estrutura geodésica básica necessária para a rigidez geométrica do bloco 12 - Projeto SC-50. Portanto, o entendimento é que esse procedimento poderá ser aplicado

para todo e qualquer projeto que utiliza um bloco de aerotriangulação. A seguir são descritos os procedimentos que determinaram o número da amostra dos pontos de teste.

Foi denominada área o conjunto de cartas elaboradas a partir de um bloco de aerotriangulação onde foram seguidas as mesmas prescrições e adotados os mesmos equipamentos fotogramétricos. Esta área é contida (constituída) por um número de cartas de forma contínua e contígua. Se for imaginado que a área pode ser assemelhada a um piso cerâmico (revestimento), essa superfície será coberta por um número  $n$  de pisos (cartas). Nesta linha de raciocínio, se pode afirmar que estes pisos (cartas) teoricamente tiveram o mesmo processo de fabricação e, portanto são iguais (mesmas faixas de tolerâncias), diferindo um pouco em razão do ambiente geográfico mapeado que influi diretamente nas soluções fotogramétricas aplicadas, contudo apresentam uma continuidade entre si.

Na elaboração de uma carta topográfica na escala 1:50.000 a partir de um vôo aerofotogramétrico na escala 1:60.000, de acordo com o cálculo do avanço longitudinal e lateral (lado da foto aérea no terreno), tem-se em condições ideais 16 modelos estereoscópicos, constituídos por 17 fotografias aéreas. Para o caso específico das 13 cartas desta pesquisa elaboradas a partir do vôo 1: 60.000 do *AST-10 USAF*, foi constatado no mapa do projeto do apoio fotogramétrico do bloco 12 - Projeto SC-50 na escala 1.200.000, que as cartas utilizaram aproximadamente vinte e uma fotografias aéreas contínuas e contíguas, constituindo 20 modelos estereoscópicos com 60% de superposição longitudinal e 30% de superposição lateral, conforme pode ser observado no exemplo do Anexo V.

Sabe-se que para cada modelo estereoscópico dentro dos procedimentos consagrados na restituição estereofotogramétrica, se utilizam 2 CP'S (centros perspectivos) das fotos aéreas, 2 pontos centrais (centro geométrico de cada fotografia), pontos de placas ou cruzetas para a orientação interior, 6 pontos para a orientação relativa e 4 pontos de apoio fotogramétrico por modelo estereoscópico (pontos de campo e de gabinete escolhidos em áreas pré-determinadas) para a orientação absoluta (escala e nivelamento).

Dos 4 pontos de apoio fotogramétrico, 3 são de apoio horizontal e vertical e 1 de apoio vertical. 2 deles servem para colocar o modelo em escala (de publicação) e 1 serve para definir o plano vertical, sendo o quarto ponto para controle. Se para cada fotografia aérea são disponibilizados 2 pontos de apoio fotogramétrico por foto e se uma carta no bloco 12 - Projeto SC-50 teve aproximadamente vinte e uma fotos (números de modelos mais um) aéreas então serão vinte

e uma fotos x 2 pontos que é igual a 42 pontos por carta. Finalmente se são 42 pontos que multiplicados por 13 cartas ter-se-á 546 pontos.

Dentre dos tratamentos estatísticos de controle de qualidade de uma carta nos quais se define o tamanho da amostra para teste e segundo LEAL e DALMOLIN (1999) apud NOGUEIRA JUNIOR (2003), na literatura estrangeira observa-se que os procedimentos para auferir a qualidade de uma carta consideram os riscos do consumidor (usuário) e o risco do produtor fixando-se um percentual de 5%, 10% ou 20%.

- Risco do consumidor (usuário): é dado pela existência da possibilidade de se aceitar uma carta desqualificada a partir da execução dos testes de controle de qualidade no qual se utilizou uma amostra de boa qualidade;
- Risco do produtor: é dado pela existência da possibilidade de se rejeitar uma carta qualificada, a partir da execução do teste de controle de qualidade com uma amostra de qualidade ruim.

Levando em consideração que 546 pontos de apoio fotogramétrico do bloco 12 - Projeto SC-50 seria um número inviável economicamente para os testes de campo, fixou-se o percentual de 10% como risco do consumidor (usuário) e do produtor, não a partir das 13 cartas, conforme o USGS adota para o mapeamento, mas sobre o total dos 546 pontos. Assim,  $546 \times 10\% = 54,6 \sim 55$  pontos. Considerando ainda que na etapa do georeferenciamento dos arquivos digitais raster realizado pelo IBGE, foram utilizados 4 pontos (cantos geográficos das cartas) conforme descrito no item 3.2.2, dividiu-se 55 pontos por 13 cartas encontrando-se 4,2 pontos por carta, número compatível com os ditos 4 pontos adotados no referido georeferenciamento.

Em razão de algumas das 13 cartas não possuírem cobertura total do mapeamento, por se localizarem próximas ao litoral e, em virtude do IBGE na etapa do georeferenciamento ter utilizado mais do que 4 pontos (cantos geográficos) para controle, foram necessários acrescentar aos 55 pontos de teste mais 3 de modo que também fosse feito um controle e, por conseguinte ter uma distribuição uniforme dos ditos pontos, nos quadrantes das 13 cartas. Dessa forma o número total de pontos de teste ficou em 58 e por fim adotou-se a seguinte distribuição: nas cartas inteiras foram utilizados 5 pontos, sendo 1 para cada quadrante (total de 4) e 1 na região central da carta para controle e, para as cartas que não possuem cobertura total (litoral) foram utilizado de 2 a 3 pontos. A Tabela 18 mostra o número e o nome da carta, o número de pontos por carta e o total e a Figura 4 mostra a sua distribuição.

TABELA 18 - Número e nome da carta, número de pontos por carta e total

| <b>NÚMERO E NOME DA CARTA</b> | <b>NÚMERO DE PONTOS POR CARTA</b> |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1 - AIURÊ                     | 5                                 |
| 2 - GRÃO PARÁ                 | 5                                 |
| 3 - SÃO MARTINHO              | 5                                 |
| 4 - IMBITUBA                  | 5                                 |
| 5 - ORLEANS                   | 5                                 |
| 6 - TUBARÃO                   | 5                                 |
| 7 - LAGUNA                    | 5                                 |
| 8 - VILA NOVA                 | 2                                 |
| 9 - CRICIUMA                  | 5                                 |
| 10 - JAGUARUNA                | 5                                 |
| 11 - LAGOA DE GAROPABA DO SUL | 3                                 |
| 12 - ARARANGUÁ                | 5                                 |
| 13 - RINCÃO                   | 3                                 |
| TOTAL                         | 58                                |

### 3.3.2 Seleção e distribuição dos pontos de teste

Para a ocupação e medição dos pontos de teste, foi realizada em gabinete uma seleção criteriosa carta por carta, tendo-se o cuidado de verificar as condições de acesso a área para tornar operacional a campanha de campo. Esses pontos receberam a nomenclatura PC e foram numerados seqüencialmente. Por exemplo, a carta Aiurê é a de número 1 e o ponto inicial é PC 11, o segundo é PC 12, a terceira é PC 13 e assim sucessivamente foi especificado para todas outras 12 cartas. A Figura 4 mostra a distribuição dos pontos pelos quadrantes das cartas.

A seleção dos pontos visou identificar preferencialmente bifurcações e cruzamentos de estradas, obras de arte (pontes) e edificações permanentes (cemitérios, igrejas e escolas). Para cada ponto de teste selecionado foram utilizados pelo menos mais 3 pontos alternativos, para os casos em que os principais tivessem dificuldades de acesso ou eventual obstrução dos sinais GPS, que poderiam comprometer os resultados da medição.

Conforme descrito no item 3.2.3 os pontos de teste foram reconhecidos previamente nas fotos aéreas de 2002, de modo que houvesse coincidências de feições entre a época da elaboração

das cartas e a realidade atual do terreno e sua distribuição foi sobre os quadrantes de cada uma das 13 cartas.

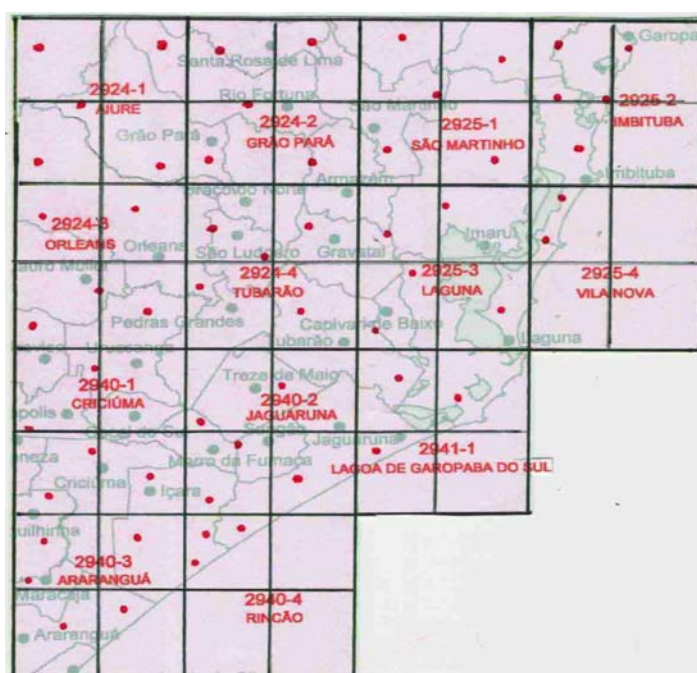


FIGURA 4 - Distribuição dos pontos de teste nas cartas

Fonte: Parte do Mapa da Divisão Municipal - Secretaria de Planejamento e Gestão/SC

### 3.3.3 Apoio geodésico utilizado na medição GPS dos pontos de teste

Os pontos de apoio de campo fotogramétrico horizontal e vertical (HV'S) do Projeto SC-25 do IBGE foram determinados a partir da rede geodésica básica, constituída pelas estações da rede GPS de alta precisão do estado de Santa Catarina e de RN'S - Rede de Referências de Níveis do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

Para a medição de campo dos pontos de teste foram utilizados como linhas de bases (vetores) os pontos HV'S, determinados nas duas campanhas de apoio de campo do Projeto SC-25, realizadas em julho e outubro de 2005. A Tabela 19 mostra a relação das estações e GPS e RN'S utilizadas para a determinação dos HV'S.

TABELA 19 - Relação das estações GPS e RN'S utilizadas no Projeto SC-25

|           |
|-----------|
| SAT 91854 |
| SAT 91855 |
| SAT 94000 |
| SAT 94008 |
| SAT 94016 |
| SAT 94017 |
| SAT 94022 |
| RN 6J     |
| RN 417G   |
| RN 445M   |
| RN 777J   |
| RN 778A   |
| RN 779E   |
| RN 1777G  |
| RN 1777J  |
| RN 1778A  |
| RN 2002A  |
| RN 2003S  |
| RN 2061N  |
| RN 2062N  |
| RN 2063P  |

### 3.3.4 Medição GPS dos pontos de teste

As medições GPS dos 58 pontos de teste ocorreram simultaneamente com o apoio de campo fotogramétrico do Projeto SC-25 e foram realizadas, na sua maioria, por uma equipe de 2 técnicos. Antes do início de cada medição foram feitas aquisições (atualizações) de almanaque do equipamento GPS durante 15 minutos para em seguida foram realizar testes do rastreo para observação do número de satélites e valores de PDOP (efeito da geometria dos satélites para a posição tridimensional) com a finalidade da obtenção de precisões compatíveis com o propósito deste trabalho.

O método de posicionamento adotado foi o relativo estático diferencial, modo 3D (4sats), com sessão de rastreo de uma hora no modo centimétrico, em virtude das distâncias das linhas de base que variaram de 5 até 50 km. A máscara (ângulo) de elevação foi de 15°, taxa de rastreo de 1" (padrão do equipamento) e utilizou-se antena de proteção contra multicaminhamento do fabricante do equipamento GPS..

No processamento dos pontos de teste de campo para a obtenção das coordenadas, foram utilizadas no mínimo duas estações bases de coordenadas conhecidas, as quais foram ocupadas por um período de 9 horas de rastreamento.

Os pontos de teste apresentaram PDOP inferiores a 3 e foram medidos com maior precisão possível e dessa forma de acordo com MERCAHNT (1982) apud GALO e CAMARGO (1994), as medições devem apresentar erros não superiores a 1/3 do erro padrão esperado para a classe da carta, que no caso por exemplo da escala 1: 50.000 classes A, os pontos deverão ter erros no máximo de 5 m, ou seja, 1/3 de 15m (0,3mm x 50.000).

### 3.3.5 Análise estatística da exatidão posicional

Segundo MERCHANT (1982) para a verificação da qualidade posicional de um produto cartográfico, deve ser baseada na análise estatística de tendência (erros sistemáticos - exatidão) e precisão e para tanto há que tomar sobre a representação cartográfica pontos bem identificáveis e distribuídos por toda a área a ser analisada, os quais devem ser determinados por meio de levantamentos terrestres rigorosos, e destes extrair suas coordenadas no sistema de representação (carta).

MELLO (2003) considera importante que os pontos da amostra sejam capazes de representar, significativamente, a área submetida ao mapeamento (paisagens), bem como as condições de execução da compilação cartográfica, processos e procedimentos aplicados no inventário dos objetos geográficos e a transformação dos mesmos em estruturas gráficas, os objetos cartográficos. Então para cada ponto se calculará as discrepâncias ( $\Delta$ ) entre as coordenadas do referencial no terreno (t) e da carta (c) e, essas discrepâncias são consideradas como variáveis aleatórias passíveis de tratamento estatístico, permitindo, com isso, o estabelecimento de critérios para a avaliação da exatidão e precisão. Assim, o tratamento estatístico estará ajustado em amostras de pontos que poderão ser tratadas no mapeamento.

Associadas a cada par de coordenadas determinadas no terreno (t) e extraídas (leitura) da carta (c), ter-se-á as discrepâncias  $\Delta N = N_{tn} - N_{cn}$  e  $\Delta E = E_{tn} - E_{cn}$  para  $n$  pontos, a partir das quais se estima o valor mais representativo de cada um dos conjuntos de discrepâncias, por exemplo, empregando-se o estimador para a média aritmética:

$$\Delta \bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i}{n} \quad \Delta \bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta E_i}{n}$$

Esses valores correspondem ao erro médio para as diferenças de coordenadas terreno-carta. Tomando-se essas médias, é possível calcular a discrepância média para a posição, algumas vezes denominada, na literatura cartográfica, por erro radial. Convém lembrar que a este erro o Decreto 89817 das normas cartográficas Brasileiras denomina por Erro Padrão ( $\Delta P$ ) para a posição, cuja estimativa pode ser realizada a partir da propagação de médias:

$$\Delta P_i = \pm \sqrt{\Delta \bar{N}^2 + \Delta \bar{E}^2}$$

Então o  $\Delta P_i$  corresponde ao erro médio para a diferença de coordenadas na posição.

Diante do exposto, nesta pesquisa serão realizados os testes de tendências e precisão, lembrando da diferença entre elas: a exatidão está relacionada com a proximidade do valor real, ou seja, sem a influência de erros sistemáticos enquanto que a precisão está ligada com a dispersão das observações em torno do valor médio.

A seguir são descritos os procedimentos utilizados e as fórmulas apresentadas, por GALO e CAMARGO (1994), em que a variável X representa qualquer uma das coordenadas, sejam elas planimétricas ou altimétricas.

#### a) Análise de tendência

Para a análise do produto cartográfico se aplica o teste de tendenciosidade (exatidão), segundo MERCHANT (1982) que envolve as médias e a variância da amostra. Utiliza-se a função distribuição de probabilidade da variável aleatória “t” de Student-Fisher, sendo este um teste quantitativo. Assim, para o teste da exatidão do produto cartográfico é baseada na análise estatística das discrepâncias entre as coordenadas de referência (terreno) e as coordenadas observadas no produto cartográfico (carta), calculada para cada ponto (i) por:

$$\Delta X_i = X_i^r - X_i \quad (1)$$



Onde,

$\Delta X_i$  = discrepâncias calculadas entre as coordenadas de referência (terreno) e do produto cartográfico (carta).

$X_i^r$  = coordenadas obtidas como referência (terreno).

$X_i$  = coordenadas obtidas no produto cartográfico (carta).

A média (2) e o desvio padrão (3) das discrepâncias amostrais devem ser calculadas por:

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i \quad (2)$$

Onde,

$\overline{\Delta X}$  = média das discrepâncias observadas;

$n$  = número de amostras;

$\Delta X_i$  = discrepâncias calculadas entre as coordenadas de referência (campo) e do produto analisado (carta) e o desvio padrão é dado por:

$$S_{\Delta X} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \overline{\Delta X})^2} \quad (3)$$

onde,

$S_{\Delta X}$  = desvio-padrão das discrepâncias encontradas;

$n - 1$  = número de amostras menos uma amostra;

$(\Delta X_i - \overline{\Delta X})^2$  = desvios em relação à média, elevado ao quadrado.

No teste de tendência são analisadas as seguintes hipóteses:

$$H_0: \Delta X = 0, \text{ não é tendencioso} \quad (4)$$

$$H_1: \Delta X \neq 0 \text{ é tendencioso}$$

Para este teste deve-se calcular a estatística amostral "t", e verificar se o valor de "t", amostral está no intervalo de aceitação ou rejeição da hipótese básica ou nula.

O valor de "t", amostral é calculado por:

$$t_x = \frac{\overline{\Delta X}}{S_{\Delta X}} \sqrt{n}$$

(5)

O valor limite  $t_{(n-1, \alpha/2)}$  é determinado através da tabela “t” de Student para um nível de confiança  $(1 - \alpha)$  e o intervalo de confiança por:

$$|t_x| < t_{(n-1; \alpha/2)}$$

(6)

A estatística amostral "t", não satisfazendo a desigualdade acima se rejeita a hipótese nula, ou seja, o produto cartográfico não está livre de tendências na coordenada, para um determinado nível de confiança.

A existência de tendências em alguma direção indica a ocorrência de algum problema (cujas causas podem ser as mais variadas), mas uma vez conhecida, o seu efeito pode ser minimizado pela subtração de seu valor a cada coordenada "lida" no produto cartográfico (GALO e CARMAGO, 1994).

#### b) Análise da precisão

Para a análise da precisão do produto cartográfico de acordo com MERCHANT (1982), utiliza-se o Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) ou de Pearson baseado no intervalo de confiança de 90% ( $\alpha = 10\%$ ), teste qualitativo que envolve a variância da amostra, comparando-se o desvio padrão das discrepâncias com o erro padrão (EP) esperado para a classe da carta desejada e para tanto se formula a seguinte hipótese:

$$\begin{aligned} H_0 &= S^2_{\Delta X} = \sigma^2_X, \text{ contra} \\ H_1 &= S^2_{\Delta X} > \sigma^2_X, \end{aligned} \quad (7)$$

Onde,  $\sigma_{\Delta X}$  é o desvio padrão esperado para a classe de interesse (EP).

Considerando que o Erro Padrão (EP) é fixado não para o exame isolado de cada componente planimétrica (E e N), mas para a resultante das mesmas para os testes planimétricos  $S_{\Delta X} = EP$ .

Uma vez calculada a variância realiza-se a estatística através da equação:

$$\chi^2_x = (n-1) \frac{S^2_{\Delta X}}{\sigma^2_x} \quad (8)$$

Onde,

$\chi^2$  = Qui-Quadrado

$n - 1$  = número de amostras menos uma amostra

$S^2_{\Delta X}$  = Variância da amostra

$\sigma^2_x$  = Desvio padrão das discrepâncias

e verifica-se se o valor acima calculado está no intervalo de aceitação, ou seja:

$$\chi^2_x \geq \chi^2_{(n-1; \alpha)} \quad (9)$$

Se essa expressão não for obedecida rejeita-se a hipótese nula, isto é, o produto não atende à precisão pré-estabelecida.

Para esta análise da precisão utiliza-se o intervalo de confiança de 90%.

### 3.3.6 Extração das coordenadas UTM dos pontos de teste nas cartas analógicas e digitais

Diversos são os procedimentos de extração (leitura) das coordenadas para a determinação da posição dos pontos na carta. No caso de cartas analógicas poderia ser utilizado um coordenatógrafo de precisão com leitura de variando de 0,1 mm a 0,001mm ou uma régua graduada com leitura de 1 mm e nesse caso se deve interpolar os valores que não são inteiros na graduação da mesma..

Neste trabalho considerando que o erro padrão para a classe A da carta é 0,3mm x 50.000 = 15m e considerando que não se dispunha de um coordenatógrafo, utilizou-se uma régua de escala graduada e um micrômetro com precisão de leitura de 0,1mm, ou seja, 0,1mm x 50.000 = 5m.

Para as cartas digitais (arquivos com extensão.dgn) as leituras das coordenadas foram feitas em tela de computador utilizando o aplicativo Microstation.

### 3.3.7 Croquis dos pontos de teste

Para os pontos de teste medidos no campo por GPS foram elaborados croquis de localização, caso houvesse a necessidade de reocupá-los em virtude da possibilidade de ocorrer problemas de descarregamento dos dados GPS para o notebook. No Anexo VI foi apresentado um croqui como exemplo.

### 3.3.8 Toponímias coletadas em campo para fidelidade à semântica

Durante os deslocamentos em campo para ocupação e medição dos pontos de teste e durante o período da sessão de rastreamento, foram coletadas informações toponímicas junto à comunidade local, referentes a elementos cartográficos constantes das cartas, quais sejam: localidades, cursos d'água, lagoas, serras, morros, praias, edificações permanentes como igrejas, escolas, etc. com vistas a validar a fidelidade à semântica (nomes geográficos).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 COORDENADAS UTM DOS PONTOS DE TESTE NO TERRENO EM SIRGAS 2000, SAD69, CHUÁ ASTRO E CÓRREGO ALEGRE

As Tabelas dos Anexos VI, VII, VIII e IX contêm a relação das coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno.

### 4.2 COORDENADAS UTM DOS PONTOS DE TESTE NAS CARTAS EM CHUÁ ASTRO E CÓRREGO ALEGRE

As Tabelas dos Anexos X e XI contêm a relação das coordenadas UTM dos pontos de teste nas cartas analógicas e digitais.

### 4.3 ERRO PADRÃO (EP), DESVIO PADRÃO OU ERRO MÉDIO QUADRÁTICO (EMQ)

No item a seguir são apresentados os testes estatísticos para a obtenção da qualidade posicional planimétrica das cartas analógicas e digitais e classificação das mesmas de acordo com as classes A, B e C.

#### 4.3.1 Testes estatísticos quanto à qualidade posicional planimétrica das cartas analógicas e digitais

Para a obtenção da qualidade posicional planimétrica das cartas analógicas e digitais foram elaboradas tabelas no Excel, cujos cálculos estatísticos foram realizados a partir das resultantes  $\Delta P_i$  (discrepâncias ou erro médio para a diferença de coordenadas na posição), ou seja, a composição das duas coordenadas planimétricas N e E do sistema UTM.

Para o cálculo das discrepâncias foi utilizada a equação (1) mostrada no item 3.3.5.a.

$$\Delta X_i = X_i^r - X_i$$

Para o cálculo das médias foi utilizada a equação (2) mostrada também no item 3.3.5.a.

Assim,

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i$$

Para o cálculo dos erros padrões (desvios padrões ou erros médios quadráticos) foi utilizada a equação (3) mostrada também no item 3.3.5.a.

$$S_{\Delta X} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \overline{\Delta X})^2}$$

### 1) Qualidade planimétrica das cartas analógicas

A Tabela 20 apresenta os resultados da qualidade planimétrica das cartas analógicas no Datum CHUÁ.

TABELA 20 - Resultados da qualidade planimétrica das cartas analógicas no Datum CHUÁ

| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Aiurê     |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|---------------------------|----------------------|-----------|-----------------|-----------|---------------|------------|---------------|
|                           | N (m)                | E (m)     | N (m)           | E (m)     | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC11                      | 6897659,48           | 651136,44 | 6897745,00      | 651100,00 | -85,52        | 36,44      | 92,96         |
| PC12                      | 6896857,49           | 668508,44 | 6896900,00      | 668525,00 | -42,52        | -16,56     | 45,63         |
| PC13                      | 6877527,49           | 663266,44 | 6877470,00      | 663260,00 | 57,48         | 6,44       | 57,84         |
| PC14                      | 6877854,49           | 651401,45 | 6877880,00      | 651395,00 | -25,52        | 6,45       | 26,32         |
| PC15                      | 6885418,78           | 659915,36 | 6885615,00      | 659495,00 | -196,22       | 420,36     | 463,90        |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                 |           |               |            | 686,65        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                 |           |               |            | 137,33        |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |           |                 |           |               |            | <b>184,16</b> |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Grão Pará |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N (m)                | E (m)     | N (m)           | E (m)     | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC21                      | 6894743,48           | 676323,44 | 6894750,00      | 676320,00 | -6,52         | 3,44       | 7,37          |
| PC22                      | 6897046,48           | 688213,44 | 6897060,00      | 688225,00 | -13,52        | -11,56     | 17,79         |
| PC23                      | 6879486,48           | 688401,44 | 6879555,00      | 688100,00 | -68,51        | 301,44     | 309,13        |
| PC24                      | 6880248,48           | 675275,44 | 6880250,00      | 675280,00 | -1,51         | -4,56      | 4,80          |
| PC25                      | 6886056,48           | 685002,44 | 6886030,00      | 684980,00 | 26,49         | 22,44      | 34,71         |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                 |           |               |            | 373,80        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                 |           |               |            | 74,76         |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |           |                 |           |               |            | <b>131,54</b> |

| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta São Martinho |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|---------------------------|----------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------|------------|---------------|
|                           | N (m)                | E (m)     | N (m)              | E (m)     | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC31                      | 6896834,49           | 701174,44 | 6896700,00         | 701150,00 | 134,49        | 24,44      | 136,69        |
| PC32                      | 6890315,49           | 717243,43 | 6890300,00         | 717260,00 | 15,49         | -16,57     | 22,68         |
| PC33                      | 6882759,49           | 717333,43 | 6882715,00         | 717320,00 | 44,49         | 13,43      | 46,47         |
| PC34                      | 6882631,49           | 698773,44 | 6882610,00         | 698760,00 | 21,49         | 13,44      | 25,34         |
| PC35                      | 6889610,49           | 704357,44 | 6889585,00         | 704365,00 | 25,49         | -7,56      | 26,59         |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                    |           |               |            | 257,77        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                    |           |               |            | 51,55         |
| <b>Desvio Padrão =EP</b>  |                      |           |                    |           |               |            | <b>48,52</b>  |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Imbituba     |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)               | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC41                      | 6895263,49           | 724099,43 | 6895245,00         | 724100,00 | 18,49         | -0,57      | 18,50         |
| PC42                      | 6896495,49           | 734651,43 | 6896500,00         | 734605,00 | -4,51         | 46,43      | 46,65         |
| PC43                      | 6876900,49           | 725091,43 | 6876900,00         | 725100,00 | 0,49          | -8,57      | 8,58          |
| PC44                      | 6882614,49           | 724380,43 | 6882590,00         | 724410,00 | 24,49         | -29,57     | 38,39         |
| PC45                      | 6890585,49           | 729189,43 | 6890580,00         | 729190,00 | 5,49          | -0,57      | 5,52          |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                    |           |               |            | 117,64        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                    |           |               |            | 23,53         |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |           |                    |           |               |            | <b>18,22</b>  |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Orleans      |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)               | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC51                      | 6866024,52           | 652700,36 | 6866290,00         | 652740,00 | -265,48       | -39,64     | 268,42        |
| PC52                      | 6871012,48           | 665778,44 | 6871000,00         | 665765,00 | 12,49         | 13,44      | 18,35         |
| PC53                      | 6851196,49           | 665619,48 | 6851180,00         | 665645,00 | 16,49         | -25,55     | 30,41         |
| PC54                      | 6849699,49           | 651515,45 | 6849300,00         | 651150,00 | 399,49        | 365,45     | 541,43        |
| PC55                      | 6858550,49           | 658278,45 | 6858610,00         | 658640,00 | -59,51        | -361,55    | 366,42        |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                    |           |               |            | 1.225,02      |
| <b>Média</b>              |                      |           |                    |           |               |            | 245,00        |
| <b>Desvio Padrão =EP</b>  |                      |           |                    |           |               |            | <b>223,93</b> |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Tubarão      |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)               | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC61                      | 6864921,49           | 680240,44 | 6864925,00         | 680255,00 | -3,51         | -14,56     | 14,97         |
| PC62                      | 6863346,49           | 694780,44 | 6863350,00         | 694775,00 | -3,51         | 5,44       | 6,47          |
| PC63                      | 6855541,49           | 691442,44 | 6855500,00         | 691430,00 | 41,49         | 12,44      | 43,32         |
| PC64                      | 6853844,48           | 678828,44 | 6853820,00         | 678780,00 | 24,49         | 48,44      | 54,28         |
| PC65                      | 6860129,49           | 684526,44 | 6860040,00         | 684525,00 | 89,49         | 1,44       | 89,50         |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                    |           |               |            | 208,55        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                    |           |               |            | 41,71         |
| <b>Desvio Padrão =EP</b>  |                      |           |                    |           |               |            | <b>33,17</b>  |

| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Laguna                |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|---------------------------|----------------------|-----------|-----------------------------|-----------|---------------|------------|---------------|
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)                        | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC71                      | 6861303,49           | 697624,44 | 6861300,00                  | 697650,00 | 3,49          | -25,56     | 25,80         |
| PC72                      | 6865453,49           | 712336,44 | 6865410,00                  | 712405,00 | 43,49         | -68,56     | 81,19         |
| PC73                      | 6853396,49           | 716761,44 | 6853400,00                  | 716760,00 | -3,51         | 1,44       | 3,79          |
| PC74                      | 6849990,49           | 697468,44 | 6849830,00                  | 697220,00 | 160,49        | 248,44     | 295,77        |
| PC75                      | 6860778,49           | 704965,44 | 6860760,00                  | 704945,00 | 18,49         | 20,44      | 27,56         |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                             |           |               |            | 434,12        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                             |           |               |            | 86,82         |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |           |                             |           |               |            | <b>120,23</b> |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Vila Nova             |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)                        | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC81                      | 6871230,49           | 724755,43 | 6871220,00                  | 724750,00 | 10,49         | 5,44       | 11,82         |
| PC82                      | 6863205,49           | 725020,44 | 6863210,00                  | 724990,00 | -4,51         | 30,44      | 30,77         |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                             |           |               |            | 42,58         |
| <b>Média</b>              |                      |           |                             |           |               |            | 21,29         |
| <b>Desvio Padrão =EP</b>  |                      |           |                             |           |               |            | <b>13,40</b>  |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Criciúma              |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)                        | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC91                      | 6832017,49           | 648151,45 | 6832045,00                  | 648180,00 | -27,51        | -28,55     | 39,65         |
| PC92                      | 6838605,49           | 664151,45 | 6838535,00                  | 664175,00 | 70,49         | -23,55     | 74,32         |
| PC93                      | 6825039,49           | 663975,45 | 6825470,00                  | 663445,00 | - 430,51      | 530,45     | 683,17        |
| PC94                      | 6823804,49           | 650814,45 | 6823860,00                  | 650855,00 | -55,51        | -40,55     | 68,74         |
| PC95                      | 6830931,49           | 657435,45 | 6830950,00                  | 657450,00 | -18,51        | -14,55     | 23,54         |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                             |           |               |            | 889,42        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                             |           |               |            | 177,88        |
| <b>Desvio Padrão =EP</b>  |                      |           |                             |           |               |            | <b>283,23</b> |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Jaguaruna             |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)                        | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC101                     | 6834086,49           | 672473,45 | 6834075,00                  | 672475,00 | 11,49         | -1,55      | 11,60         |
| PC102                     | 6840833,49           | 688540,44 | 6840825,00                  | 688550,00 | 8,49          | -9,56      | 12,78         |
| PC103                     | 6825253,49           | 685865,45 | 6825215,00                  | 685880,00 | 38,49         | -14,55     | 41,15         |
| PC104                     | 6824813,49           | 677307,45 | 6824740,00                  | 677355,00 | 73,49         | -47,55     | 87,53         |
| PC105                     | 6831147,49           | 682954,45 | 6831125,00                  | 682980,00 | 22,49         | -25,55     | 34,04         |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                             |           |               |            | 187,11        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                             |           |               |            | 37,42         |
| <b>Desvio Padrão =EP</b>  |                      |           |                             |           |               |            | <b>30,87</b>  |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Lagoa Garopaba do Sul |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)                        | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC111                     | 6842035,49           | 705202,44 | 6841975,00                  | 705205,00 | 60,49         | -2,56      | 60,55         |
| PC112                     | 6839013,48           | 714792,44 | 6838980,00                  | 714775,00 | 33,50         | 17,44      | 37,77         |
| PC113                     | 6834311,49           | 697881,44 | 6834300,00                  | 697885,00 | 11,49         | -3,56      | 12,03         |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                             |           |               |            | 110,34        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                             |           |               |            | 36,78         |
| <b>Desvio Padrão</b>      |                      |           |                             |           |               |            | <b>24,27</b>  |



| Ponto                    | Referência (terreno) |           | Carta Araranguá |           | Discrepâncias |            | Resultante   |
|--------------------------|----------------------|-----------|-----------------|-----------|---------------|------------|--------------|
|                          | N(m)                 | E(m)      | N(m)            | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |              |
| PC121                    | 6813047,49           | 653329,45 | 6813030,00      | 653350,00 | 17,49         | -20,55     | 26,98        |
| PC122                    | 6812544,49           | 667667,45 | 6812595,00      | 667705,00 | -50,51        | -37,55     | 62,94        |
| PC123                    | 6797458,49           | 654983,45 | 6797430,00      | 655025,00 | 28,49         | -41,55     | 50,38        |
| PC124                    | 6804270,49           | 651494,45 | 6804245,00      | 651510,00 | 25,49         | -15,55     | 29,86        |
| PC125                    | 6808415,49           | 657314,45 | 6808410,00      | 657305,00 | 5,49          | 9,45       | 10,93        |
| <b>Somatório</b>         |                      |           |                 |           |               |            | 181,09       |
| <b>Média</b>             |                      |           |                 |           |               |            | 36,22        |
| <b>Desvio Padrão =EP</b> |                      |           |                 |           |               |            | <b>20,49</b> |
| Ponto                    | Referência (terreno) |           | Carta Rincão    |           | Discrepâncias |            | Resultante   |
|                          | N(m)                 | E(m)      | N(m)            | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |              |
| PC131                    | 6818052,49           | 680741,45 | 6817925,00      | 680625,00 | 127,49        | 116,45     | 172,67       |
| PC132                    | 6815482,49           | 675182,45 | 6815445,00      | 675150,00 | 37,49         | 32,45      | 49,59        |
| PC133                    | 6812389,49           | 671304,45 | 6812372,00      | 671330,00 | 17,49         | -25,55     | 30,96        |
| <b>Somatório</b>         |                      |           |                 |           |               |            | 253,22       |
| <b>Média</b>             |                      |           |                 |           |               |            | 84,41        |
| <b>Desvio Padrão =EP</b> |                      |           |                 |           |               |            | <b>77,00</b> |

Na Tabela 20 foram calculadas: as discrepâncias ( $\Delta N$  e  $\Delta E$ ) entre coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno e nas 13 cartas analógicas; as resultantes (composição das componentes planimétricas N e E) de cada uma delas; as médias e os desvios padrões (EP), que conforme dito eles não podem ultrapassar as tolerâncias estabelecidas para cada classe da carta.

A Tabela 21 mostra os valores dos erros padrões (EP) planimétricos das cartas analógicas para as classes A, B e C e valores dos EP para as cartas não enquadradas nas classes.

TABELA 21 - Resumo dos valores dos Erros Padrões (EP) planimétricos das cartas analógicas

| <b>Cartas Analógicas</b> | <b>EP</b>             | <b>EP</b>             | <b>EP</b>             | <b>EP</b>         |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Escala 1:50.000          | Classe A<br>(EP 15 m) | Classe B<br>(EP 25 m) | Classe C<br>(EP 30 m) | Sem classificação |
| Aiurê                    |                       |                       |                       | 184,16 m          |
| Grão Para                |                       |                       |                       | 131,54 m          |
| São Martinho             |                       |                       |                       | 48,52m            |
| Imbituba                 |                       | 18,22 m               |                       |                   |
| Orleans                  |                       |                       |                       | 223,93 m          |
| Tubarão                  |                       |                       |                       | 33,17 m           |
| Laguna                   |                       |                       |                       | 120,23 m          |
| Vila Nova                | 13,40 m               |                       |                       |                   |
| Criciúma                 |                       |                       |                       | 283,23 m          |
| Jaguaruna                |                       |                       |                       | 30,87 m           |
| Lagoa de Garopaba do Sul |                       | 24,27 m               |                       |                   |
| Araranguá                |                       | 20,49 m               |                       |                   |
| Rincão                   |                       |                       |                       | 77,00 m           |

A seguir são apresentados os testes de tendência e precisão para as cartas que tiveram classificação, visto que as demais não foram classificadas devido aos erros padrões (EP) ficarem acima da tolerância.

a) Teste de tendência para a carta Vila Nova - Classe A

Para o teste de tendência foi calculado o valor de t teórico, obtido na tabela de distribuição t de Student, baseado no intervalo de confiança de 90% e no número de amostras (2 pontos), conforme equação a seguir:

$$t_{(n-1; \alpha/2)}$$

$$t_{(1; 0,05)} = 6,314$$

Depois foi calculado o valor de t amostral, onde foi necessário para determinar a escala e a classe testada, para definir o EP esperado, segundo o PEC. O cálculo de t amostral, para a escala 1: 50.000, Classe A é mostrado a seguir:

$$t_x = \frac{\overline{\Delta X}}{S_{\Delta X}} \sqrt{n}$$

$$t = (21,29/13,40) \times 1,41 = 2,240$$

A partir do  $t$  amostral e  $t$  teórico, basta aplicar a desigualdade apresentada na equação (5) item 3.3.5 confrontando com as hipóteses apresentadas na equação do mesmo item.

$H_0: \Delta X = 0$ , não é tendencioso.

$H_1: \Delta X \neq 0$  é tendencioso

Se a estatística  $t$  não satisfaz a desigualdade acima se rejeita a hipótese nula, ou seja, o produto cartográfico não está livre de tendências para o nível de confiança de 90%.

Para esta carta, obteve-se:

$$|t| < t_{(n-1; \alpha/2)}$$

$$2,240 < 6,314$$

A Tabela 22 mostra o resultado do teste de tendência com todas as variáveis envolvidas de forma simplificada.

TABELA 22 - Teste de tendência para a carta Vila Nova - Classe A

|                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| n               | 2 pontos                    |
| Média           | 21,29 m                     |
| Desvio padrão   | 13,40 m                     |
| EP 1:50.000     | 15 m                        |
| $t_{(1; 0,05)}$ | 6,314                       |
| $t_x$           | 2,240                       |
| Análise         | $ t  < t_{\text{amostral}}$ |
|                 | Sem tendência               |

Dessa forma, o produto analisado, está livre de erros sistemáticos, porque não apresenta tendência, uma vez que a hipótese nula foi aceita no teste.

#### b) Testes de precisão para a carta Vila Nova - Classe A

Para o teste de precisão, inicialmente foi extraído o valor de  $\chi^2$  teórico obtido na tabela de Distribuição Qui-Quadrado baseado também no intervalo de confiança de 90% ( $\alpha = 0,10$ ) e no número de amostras (2 pontos), conforme equação a seguir:

$$\chi^2 (n - 1; \alpha)$$

$$\chi^2 (2; 0,10) = 4,61$$

Depois, foi calculado o valor de  $\chi^2$  amostral, baseado nos valores de desvio padrão estipulado pelo PEC para a escala 1: 50.000, Classe A, conforme equação (5) do item 3.3.5.

$$\chi^2_X = (n - 1) \frac{S_{\Delta X}^2}{\sigma_X^2}$$

Onde  $\sigma_X$  equivale ao EP estipulado pelo PEC para a escala em análise e  $S_{\Delta X}$  corresponde ao valor de desvio-padrão calculado a partir das discrepâncias. Desse modo, se  $S_{\Delta X} = \sigma^2$  o valor de  $\chi^2$  amostral foi calculado por:

$$\chi^2 = (1) \times (13,4)^2 / (15)^2 = 0,798$$

A seguir foi aplicada a desigualdade apresentada na equação (6) do item 3.3.5 e confrontada com as hipóteses apresentadas na equação (7) do mesmo item.

$$H_0 : S^2_{\Delta X} = \sigma^2_X, \text{ contra}$$

$$H_1 : S^2_{\Delta X} < \sigma^2_X,$$

$$\chi^2_X \leq \chi^2_{(n-1, \alpha)} \cdot$$

$$0,798 < 4,61$$

A Tabela 23 mostra o resultado quanto ao teste de precisão com todas as variáveis envolvidas de forma simplificada.

TABELA 23 - Teste de precisão para a carta Vila Nova - Classe A

|                      |                               |
|----------------------|-------------------------------|
| n                    | 2 pontos                      |
| Média                | 21,29 m                       |
| Desvio padrão        | 13,4 m                        |
| EP 1:50.000          | 15 m                          |
| $\chi^2_{(1; 0,10)}$ | 2,71                          |
| $\chi^2$             | 0,798                         |
| Análise              | $\chi^2 < \chi^2_{(1; 0,10)}$ |
|                      | Atende                        |

Portanto, a carta Vila Nova atendeu à precisão pré-estabelecida para a escala 1:50.000 classe A. Da mesma forma como foi feita para esta carta seguir foram feitos os testes de tendência e precisão para as cartas Imbituba, Lagoa de Garopaba do Sul e Araranguá classe B, conforme são apresentados nas Tabelas 24 a 26.

TABELA 24 - Testes de tendência e precisão para a carta Imbituba - Classe B

| Tendência              |                        | Precisão               |                               |
|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|
| n                      | 5 pontos               | n                      | 5 pontos                      |
| Média                  | 23,53 m                | Média                  | 23,53 m                       |
| Desvio padrão          | 18,22 m                | Desvio padrão          | 18,22 m                       |
| EP <sub>1:50.000</sub> | 25 m                   | EP <sub>1:50.000</sub> | 25 m                          |
| $t_{(4; 0,05)}$        | 2,132                  | $\chi^2_{(4; 0,10)}$   | 7,78                          |
| $t_x$                  | 2,887                  |                        |                               |
| Análise                | $ t_i  < t_{amostral}$ | $\chi^2$               | 2,125                         |
|                        | Com tendência          | Análise                | $\chi^2 < \chi^2_{(4; 0,10)}$ |
|                        |                        |                        | Atende                        |

TABELA 25 - Testes de tendência e precisão para a carta Lagoa de Garopaba do Sul - Classe B

| Tendência              |                        | Precisão               |                               |
|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|
| n                      | 3 pontos               | n                      | 3 pontos                      |
| Média                  | 36,78 m                | média                  | 36,78 m                       |
| Desvio padrão          | 24,27 m                | Desvio padrão          | 24,27 m                       |
| EP <sub>1:50.000</sub> | 25 m                   | EP <sub>1:50.000</sub> | 25 m                          |
| $t_{(2; 0,05)}$        | 2,920                  | $\chi^2_{(2; 0,10)}$   | 4,61                          |
| $t_x$                  | 2,625                  |                        |                               |
| Análise                | $ t_i  < t_{amostral}$ | $\chi^2$               | 1,885                         |
|                        | Sem tendência          | Análise                | $\chi^2 < \chi^2_{(2; 0,10)}$ |
|                        |                        |                        | Atende                        |

TABELA 26 - Testes de tendência e precisão para carta Araranguá - Classe B

| Tendência        |                        | Precisão             |                               |
|------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|
| n                | 5 pontos               | n                    | 5 pontos                      |
| Média            | 36,22 m                | Média                | 36,22 m                       |
| Desvio padrão    | 20,49 m                | Desvio padrão        | 20,49 m                       |
| EP 1:50.000(PEC) | 25 m                   | EP 1:50.000(PEC)     | 25 m                          |
| $t_{(4; 0,05)}$  | 2,132                  | $\chi^2_{(4; 0,10)}$ | 7,78                          |
| $t_x$            | 3,953                  |                      |                               |
| Análise          | $ t_i  < t_{amostral}$ | $\chi^2$             | 2,687                         |
|                  | Com tendência          | Análise              | $\chi^2 < \chi^2_{(4; 0,10)}$ |
|                  |                        |                      | Atende                        |

## 2) Qualidade planimétrica das cartas digitais

A Tabela 27 apresenta os resultados da qualidade planimétrica das cartas digitais no Datum CÓRREGO ALEGRE. Cabe ressaltar que este Datum difere do original das cartas analógicas conforme citado no item 3.2.2, por falta de parâmetros de transformação utilizados no processo de georeferenciamento dos arquivos raster.

TABELA 27 - Resultados da qualidade planimétrica das cartas digitais no Datum CÓRREGO ALEGRE

| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Aiurê     |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|---------------------------|----------------------|-----------|-----------------|-----------|---------------|------------|---------------|
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)            | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC11                      | 6897624,87           | 651231,48 | 6897752,10      | 651077,50 | -127,23       | 153,98     | 199,74        |
| PC12                      | 6896822,55           | 668603,44 | 6896892,10      | 668517,90 | -69,55        | 85,54      | 110,25        |
| PC13                      | 6877493,22           | 663362,36 | 6877486,00      | 663258,80 | 7,22          | 103,56     | 103,82        |
| PC14                      | 6877819,69           | 651497,04 | 6877883,80      | 651392,40 | -64,11        | 104,64     | 122,71        |
| PC15                      | 6885383,69           | 660010,29 | 6885645,80      | 659502,20 | -262,11       | 508,09     | 571,72        |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                 |           |               |            | 1.108,23      |
| <b>Média</b>              |                      |           |                 |           |               |            | 221,65        |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |           |                 |           |               |            | <b>199,44</b> |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Grão Pará |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)            | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC21                      | 6894708,91           | 676415,40 | 6894772,90      | 676309,50 | -63,99        | 105,90     | 123,73        |
| PC22                      | 6897012,29           | 688309,17 | 6897049,70      | 688207,00 | -37,41        | 102,18     | 108,81        |
| PC23                      | 6879451,85           | 688496,62 | 6879453,10      | 688094,10 | -1,25         | 402,52     | 402,52        |
| PC24                      | 6880214,30           | 675371,10 | 6880254,10      | 675266,20 | -39,80        | 104,90     | 112,20        |
| PC25                      | 6886022,32           | 685098,26 | 6886013,40      | 684962,00 | 8,92          | 136,26     | 136,55        |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                 |           |               |            | 883,81        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                 |           |               |            | 176,76        |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |           |                 |           |               |            | <b>126,67</b> |

| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta São Martinho |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|---------------------------|----------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------|------------|---------------|
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)               | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC31                      | 6896799,78           | 701269,39 | 6896741,20         | 701137,40 | 58,58         | 131,99     | 144,41        |
| PC32                      | 6890280,71           | 717339,29 | 6890308,10         | 717245,70 | -27,38        | 93,59      | 97,51         |
| PC33                      | 6882724,43           | 717428,42 | 6882718,30         | 717330,00 | 6,13          | 98,42      | 98,61         |
| PC34                      | 6882596,99           | 698868,83 | 6882595,10         | 698759,00 | 1,89          | 109,83     | 109,85        |
| PC35                      | 6889575,56           | 704453,29 | 6889583,90         | 704373,90 | -8,34         | 79,39      | 79,83         |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                    |           |               |            | 530,21        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                    |           |               |            | 106,04        |
| <b>Desvio Padrão</b>      |                      |           |                    |           |               |            | <b>23,99</b>  |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Imituba      |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)               | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC41                      | 6895228,39           | 724195,16 | 6895273,90         | 724127,80 | -45,51        | 67,36      | 81,29         |
| PC42                      | 6896460,80           | 734746,44 | 6896512,80         | 734603,10 | -52,00        | 143,34     | 152,48        |
| PC43                      | 6876866,13           | 725187,13 | 6876882,70         | 725093,30 | -16,56        | 93,83      | 95,28         |
| PC44                      | 6882579,71           | 724475,88 | 6882596,80         | 724390,90 | -17,09        | 84,97      | 86,68         |
| PC45                      | 6890551,16           | 729285,33 | 6890573,30         | 729197,40 | -22,14        | 87,93      | 90,67         |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                    |           |               |            | 506,40        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                    |           |               |            | 101,28        |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |           |                    |           |               |            | <b>29,08</b>  |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Orleans      |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)               | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC51                      | 6866269,46           | 652819,45 | 6866288,30         | 652724,80 | -18,84        | 94,65      | 96,51         |
| PC52                      | 6870978,09           | 665873,95 | 6870977,70         | 665775,00 | 0,39          | 98,95      | 98,95         |
| PC53                      | 6851162,08           | 665714,85 | 6851192,30         | 665630,10 | -30,22        | 84,75      | 89,98         |
| PC54                      | 6849664,54           | 651610,45 | 6849312,60         | 651170,60 | 351,94        | 439,85     | 563,32        |
| PC55                      | 6858515,46           | 658374,07 | 6858641,00         | 658631,40 | -125,54       | -257,33    | 286,32        |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                    |           |               |            | 1.135,08      |
| <b>Média</b>              |                      |           |                    |           |               |            | 227,02        |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |           |                    |           |               |            | <b>205,44</b> |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Tubarão      |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)               | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC61                      | 6864886,73           | 680335,66 | 6864937,90         | 680263,70 | -51,17        | 71,96      | 88,30         |
| PC62                      | 6863311,64           | 694875,43 | 6863367,60         | 694786,90 | -55,96        | 88,54      | 104,74        |
| PC63                      | 6855506,40           | 691537,95 | 6855521,40         | 691445,20 | -15,00        | 92,75      | 93,96         |
| PC64                      | 6853809,40           | 678924,33 | 6853824,90         | 678795,60 | -15,50        | 128,73     | 129,66        |
| PC65                      | 6860094,50           | 684622,19 | 6860060,90         | 684539,20 | 33,60         | 82,99      | 89,53         |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                    |           |               |            | 506,19        |
| <b>Média</b>              |                      |           |                    |           |               |            | 101,24        |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |           |                    |           |               |            | <b>17,16</b>  |

| Ponto                     | Referência (terreno) |            | Carta Laguna                |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|---------------------------|----------------------|------------|-----------------------------|-----------|---------------|------------|---------------|
|                           | N(m)                 | E(m)       | N(m)                        | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC71                      | 6861268,59           | 697719,45  | 6861294,10                  | 697626,80 | -25,51        | 92,65      | 96,10         |
| PC72                      | 6865418,41           | 712432,30  | 6865466,80                  | 712333,40 | -48,39        | 98,90      | 110,10        |
| PC73                      | 6853361,77           | 716856,79  | 6853356,90                  | 716750,40 | 4,88          | 106,39     | 106,50        |
| PC74                      | 6849956,02           | 697563,60  | 6849833,45                  | 697214,35 | 122,57        | 349,25     | 370,13        |
| PC75                      | 6860744,24           | 705061,14  | 6860780,80                  | 704936,40 | -36,56        | 124,74     | 129,99        |
| <b>Somatório</b>          |                      |            |                             |           |               |            | 812,82        |
| <b>Média</b>              |                      |            |                             |           |               |            | 162,56        |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |            |                             |           |               |            | <b>116,68</b> |
| Ponto                     | Referência (terreno) |            | Carta Vila Nova             |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)       | N(m)                        | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC81                      | 6871195,43           | 724851,18  | 6871226,60                  | 724741,10 | -31,17        | 110,08     | 114,41        |
| PC82                      | 6863170,92           | 725116,15  | 6863236,20                  | 724959,00 | -65,28        | 157,15     | 170,17        |
| <b>Somatório</b>          |                      |            |                             |           |               |            | 284,57        |
| <b>Média</b>              |                      |            |                             |           |               |            | 142,29        |
| <b>Desvio Padrão</b>      |                      |            |                             |           |               |            | <b>39,43</b>  |
| Ponto                     | Referência (terreno) |            | Carta Criciúma              |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)       | N(m)                        | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC91                      | 6831982,86           | 648.246,88 | 6832028,40                  | 648156,40 | -45,54        | 90,48      | 101,30        |
| PC92                      | 6838570,73           | 664247,12  | 6838514,30                  | 664149,90 | 56,44         | 97,22      | 112,41        |
| PC93                      | 6825004,52           | 664071,19  | 6825510,40                  | 663427,70 | -505,88       | 643,49     | 818,53        |
| PC94                      | 6823769,55           | 650909,65  | 6823895,10                  | 650847,30 | -125,55       | 62,35      | 140,18        |
| PC95                      | 6830897,28           | 657531,04  | 6830946,30                  | 657439,50 | -49,02        | 91,54      | 103,84        |
| <b>Somatório</b>          |                      |            |                             |           |               |            | 1.276,26      |
| <b>Média</b>              |                      |            |                             |           |               |            | 255,25        |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |            |                             |           |               |            | <b>315,26</b> |
| Ponto                     | Referência (terreno) |            | Carta Jaguaruna             |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)       | N(m)                        | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC101                     | 6834052,12           | 672569,26  | 6834084,00                  | 672488,90 | -31,88        | 80,36      | 86,45         |
| PC102                     | 6840798,91           | 688636,03  | 6840815,50                  | 688548,30 | -16,59        | 87,73      | 89,29         |
| PC103                     | 6825219,24           | 685960,86  | 6825243,30                  | 685875,40 | -24,06        | 85,46      | 88,79         |
| PC104                     | 6824778,50           | 677402,6   | 6824770,50                  | 677345,10 | 8,00          | 57,76      | 58,31         |
| PC105                     | 6831112,85           | 683049,90  | 6831141,60                  | 682980,00 | -28,75        | 69,90      | 75,58         |
| <b>Somatório</b>          |                      |            |                             |           |               |            | 398,42        |
| <b>Média</b>              |                      |            |                             |           |               |            | 79,68         |
| <b>Desvio Padrão</b>      |                      |            |                             |           |               |            | <b>13,18</b>  |
| Ponto                     | Referência (terreno) |            | Carta Lagoa Garopaba do Sul |           | Discrepâncias |            | Resultante    |
|                           | N(m)                 | E(m)       | N(m)                        | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |               |
| PC111                     | 6842001,12           | 705297,95  | 6841969,90                  | 705212,20 | 31,22         | 85,75      | 91,25         |
| PC112                     | 6838978,94           | 714887,91  | 6838990,50                  | 714805,90 | -11,56        | 82,01      | 82,82         |
| PC113                     | 6834276,83           | 697976,98  | 6834286,80                  | 697873,40 | -9,96         | 103,58     | 104,06        |
| <b>Somatório</b>          |                      |            |                             |           |               |            | 278,14        |
| <b>Média</b>              |                      |            |                             |           |               |            | 92,71         |
| <b>Desvio Padrão</b>      |                      |            |                             |           |               |            | <b>10,70</b>  |



| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Araranguá |           | Discrepâncias |            | Resultante   |
|---------------------------|----------------------|-----------|-----------------|-----------|---------------|------------|--------------|
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)            | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |              |
| PC121                     | 6813012,50           | 653425,02 | 6813040,20      | 653343,80 | -27,70        | 81,22      | 85,81        |
| PC122                     | 6812509,72           | 667763,02 | 6812579,90      | 667694,20 | -70,18        | 68,90      | 98,35        |
| PC123                     | 6797423,50           | 655078,57 | 6797438,40      | 655015,70 | -14,90        | 62,87      | 64,61        |
| PC124                     | 6804236,30           | 651590,08 | 6804240,60      | 651500,80 | -4,30         | 89,28      | 89,38        |
| PC125                     | 6808381,20           | 657410,06 | 6808395,60      | 657301,10 | -14,40        | 108,96     | 109,91       |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                 |           |               |            | 448,06       |
| <b>Média</b>              |                      |           |                 |           |               |            | 89,61        |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |           |                 |           |               |            | <b>16,79</b> |
| Ponto                     | Referência (terreno) |           | Carta Rincão    |           | Discrepâncias |            | Resultante   |
|                           | N(m)                 | E(m)      | N(m)            | E(m)      | $\Delta N$    | $\Delta E$ |              |
| PC131                     | 6818018,20           | 680837,05 | 6817934,60      | 680645,20 | 83,60         | 191,86     | 209,28       |
| PC132                     | 6815447,44           | 675278,02 | 6815461,00      | 675154,80 | -13,56        | 123,22     | 123,97       |
| PC133                     | 6812354,79           | 671399,77 | 6812371,50      | 671329,30 | -16,71        | 70,47      | 72,42        |
| <b>Somatório</b>          |                      |           |                 |           |               |            | 405,67       |
| <b>Média</b>              |                      |           |                 |           |               |            | 135,22       |
| <b>Desvio Padrão = EP</b> |                      |           |                 |           |               |            | <b>69,12</b> |

Na Tabela 27 foram calculadas: as discrepâncias ( $\Delta N$  e  $\Delta E$ ) entre coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno e nas 13 cartas digitais; as resultantes (composição das componentes planimétricas N e E) de cada uma delas; as médias e os desvios padrões (EP), que conforme dito eles não podem ultrapassar as tolerâncias estabelecidas para cada classe da carta.

A Tabela 28 mostra os valores dos Erros Padrões (EP) planimétricos das cartas analógicas para as classes A, B e C e valores dos EP para as cartas não enquadradas nas classes.

TABELA 28 - Resumo dos valores dos Erros Padrões (EP) planimétricos das cartas digitais

| <b>Cartas Digitais</b>   | <b>EP</b>             | <b>EP</b>             | <b>EP</b>             | <b>EP</b>         |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Escala 1: 50.000         | Classe A<br>(EP 15 m) | Classe B<br>(EP 25 m) | Classe C<br>(EP 30 m) | Sem classificação |
| Aiurê                    |                       |                       |                       | 199,44 m          |
| Grão Pará                |                       |                       |                       | 126,67 m          |
| São Martinho             |                       | 23,99 m               |                       |                   |
| Imbituba                 |                       |                       | 29,09 m               |                   |
| Orleans                  |                       |                       |                       | 205,44 m          |
| Tubarão                  |                       | 17,16 m               |                       |                   |
| Laguna                   |                       |                       |                       | 116,68 m          |
| Vila Nova                |                       |                       |                       | 39,43 m           |
| Criciúma                 |                       |                       |                       | 315,26 m          |
| Jaguaruna                | 13,18 m               |                       |                       |                   |
| Lagoa de Garopaba do Sul | 10,70 m               |                       |                       |                   |
| Araranguá                |                       | 16,79 m               |                       |                   |
| Rincão                   |                       |                       |                       | 69,12 m           |

Nas tabelas 29 a 34 são apresentados os testes de tendência e precisão para as cartas digitais classificadas nas classes A, B e C, porque as demais não foram classificadas devido aos Erros Padrões (EP) ficarem acima da tolerância.

TABELA 29 - Testes de tendência e precisão carta Jaguaruna - Classe A

| <b>Tendência</b>       |                        | <b>Precisão</b>        |   |
|------------------------|------------------------|------------------------|---|
| n                      | 5 pontos               | n                      | 5 pontos                                |
| Média                  | 79,68 m                | Média                  | 79,68 m                                 |
| Desvio padrão          | 13,18 m                | Desvio padrão          | 13,18 m                                 |
| EP <sub>1:50.000</sub> | 15 m                   | EP <sub>1:50.000</sub> | 15 m                                    |
| $t_{(4; 0,05)}$        | 2,132                  | $\chi^2_{(4; 0,10)}$   | 7,78                                    |
| $t_x$                  | 13,518                 |                        |   |
| Análise                | $ t_i  < t_{amostral}$ | $\chi^2$               | 3,088                                   |
|                        | Com tendência          | Análise                | $\chi^2 < \chi^2_{(4; 0,10)}$<br>Atende |

TABELA 30 - Testes de tendência e precisão para a carta Lagoa de Garopaba do Sul - Classe A

| Tendência       |                        | Precisão             |                               |
|-----------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|
| n               | 3 pontos               | n                    | 3 pontos                      |
| Média           | 92,71 m                | Média                | 92,71 m                       |
| Desvio padrão   | 10,70 m                | Desvio padrão        | 10,70 m                       |
| EP 1:50.000     | 15 m                   | EP 1:50.000          | 15 m                          |
| $t_{(2; 0,05)}$ | 2,920                  | $\chi^2_{(2; 0,10)}$ | 4,61                          |
| $t_x$           | 15,007                 |                      |                               |
| Análise         | $ t_i  < t_{amostral}$ | $\chi^2$             | 1,018                         |
|                 | Com tendência          | Análise              | $\chi^2 < \chi^2_{(2; 0,10)}$ |
|                 |                        |                      | Atende                        |

TABELA 31 - Testes de tendência e precisão para a carta São Martinho - Classe B

| Tendência       |                        | Precisão             |                               |
|-----------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|
| n               | 5 pontos               | n                    | 5 pontos                      |
| Média           | 106,04                 | Média                | 106,04                        |
| Desvio padrão   | 23,99m                 | Desvio padrão        | 23,99m                        |
| EP 1:50.000     | 25m                    | EP 1:50.000          | 25m                           |
| $t_{(4; 0,05)}$ | 2,132                  | $\chi^2_{(4; 0,10)}$ | 7,78                          |
| $t_x$           | 9,884                  |                      |                               |
| Análise         | $ t_i  < t_{amostral}$ | $\chi^2$             | 3,683                         |
|                 | Com tendência          | Análise              | $\chi^2 < \chi^2_{(4; 0,10)}$ |
|                 |                        |                      | Atende                        |

TABELA 32 - Testes de tendência e precisão para a carta Imbituba - Classe C

| Tendência        |                        | Precisão             |                               |
|------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|
| n                | 5 pontos               | n                    | 5 pontos                      |
| Média            | 101,28                 | Média                | 101,28                        |
| Desvio padrão    | 29,08m                 | Desvio padrão        | 29,08m                        |
| EP 1:50.000(PEC) | 30m                    | EP 1:50.000(PEC)     | 30m                           |
| $t_{(4; 0,05)}$  | 2,132                  | $\chi^2_{(4; 0,10)}$ | 7,78                          |
| $t_x$            | 7,788                  |                      |                               |
| Análise          | $ t_i  < t_{amostral}$ | $\chi^2$             | 3,758                         |
|                  | Com tendência          | Análise              | $\chi^2 < \chi^2_{(4; 0,10)}$ |
|                  |                        |                      | Atende                        |

TABELA 33 - Testes de tendência e precisão para a carta Tubarão - Classe B

| Tendência       |                      | Precisão             |                               |
|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
| n               | 5 pontos             | n                    | 5 pontos                      |
| Média           | 101,24 m             | Média                | 101,24 m                      |
| Desvio padrão   | 17,16 m              | Desvio padrão        | 17,16 m                       |
| EP 1:50.000     | 25 m                 | EP 1:50.000          | 25 m                          |
| $t_{(4; 0,05)}$ | 2,132                | $\chi^2_{(4; 0,10)}$ | 7,78                          |
| $t_x$           | 13,192               |                      |                               |
| Análise         | $ t  < t_{amostral}$ | $\chi^2$             | 1,885                         |
|                 | Com tendência        | Análise              | $\chi^2 < \chi^2_{(4; 0,10)}$ |
|                 |                      |                      | Atende                        |

TABELA 34 - Testes de tendência e precisão para a carta Araranguá - Classe B

| Tendência       |                      | Precisão             |                               |
|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|
| n               | 5 pontos             | n                    | 5 pontos                      |
| Média           | 89,61 m              | Média                | 89,61 m                       |
| Desvio padrão   | 16,79 m              | Desvio padrão        | 16,79 m                       |
| EP 1:50.000     | 25 m                 | EP 1:50.000          | 25 m                          |
| $t_{(4; 0,05)}$ | 2,132                | $\chi^2_{(4; 0,10)}$ | 7,78                          |
| $t_x$           | 11,934               |                      |                               |
| Análise         | $ t  < t_{amostral}$ | $\chi^2$             | 1,804                         |
|                 | Com tendência        | Análise              | $\chi^2 < \chi^2_{(4; 0,10)}$ |
|                 |                      |                      | Atende                        |

#### 4.4 ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO DAS CARTAS DE ACORDO COM OS ERROS PADRÕES (EP)

A partir da classificação das 13 cartas analógicas e digitais constantes das Tabelas 21 e 28 respectivamente, a seguir foram feitas análises das mesmas de acordo com os seus Erros Padrões (EP).

- a) As cartas Aiurê, Grão Pará, Orleans, Laguna, Criciúma e Rincão tanto analógicas quanto digitais não foram classificadas, pois os Erros Padrões (EP) apresentaram valores acima das

tolerâncias permitidas para as classes A, B e C. As cartas digitais Aiurê e Criciúma apresentaram Erros padrões (EP) acima das cartas analógicas e neste caso vale a afirmativa de que o produto digital, oriundo da conversão do produto analógico tem exatidão inferior. As cartas digitais Grão Pará, Orleans, Laguna e Rincão apresentaram Erros padrões (EP) abaixo das cartas analógicas e neste caso pressupõe uma melhoria da exatidão, em função do georeferenciamento dos arquivos raster no processo de conversão.

- b) A carta São Martinho analógica não foi classificada e a digital foi classe B e neste caso pressupõe também uma melhoria da exatidão, em função do georeferenciamento dos arquivos raster no processo de conversão.
- c) A carta Imituba analógica foi classificada B e a digital foi classe C e neste caso vale a afirmativa de que o produto digital, oriundo da conversão do produto analógico, tem exatidão inferior.
- d) A carta Tubarão analógica não foi classificada e ficou bem próxima da classe C. A carta digital foi classificada B e neste caso pressupõe também que houve uma melhoria da exatidão, em função do georeferenciamento dos arquivos raster no processo de conversão.
- e) A carta Vila Nova analógica foi classificada A e a carta digital não foi classificada e ficou bem próxima da classe C. Neste caso vale a afirmativa de que o produto digital, oriundo da conversão do produto analógico, tem exatidão inferior.
- f) A carta Jaguaruna analógica não foi classificada e ficou bem próxima da classe C. A digital foi classificada A e neste caso pressupõe também que houve uma melhoria da exatidão, em função do georeferenciamento dos arquivos raster no processo de conversão.
- g) A carta Lagoa de Garopaba do Sul analógica foi classificada B e a digital classe A e neste caso pressupõe também que houve uma melhoria da exatidão, em função do georeferenciamento dos arquivos raster no processo de conversão.
- h) A carta Araranguá tanto analógica como a digital foi classificada B, pois ambas apresentaram Erros Padrões (EP) próximos. A carta digital teve melhor exatidão e neste caso pressupõe também que houve uma melhoria em função do georeferenciamento dos arquivos raster no processo de conversão.

## 4.5 ANÁLISE DE OUTROS COMPONENTES DA QUALIDADE DAS CARTAS

### 4.5.1 Qualidade gráfica (semiografia)

A qualidade semiográfica das cartas analógicas foi com base nas normas estabelecidas no Manual Técnico T 34700 - Convenções Cartográficas da DSG, para o emprego dos símbolos para a representação dos acidentes naturais e artificiais destinados à confecção de cartas topográficas e similares nas escalas de 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000 e de acordo com aquele órgão a carta topográfica é a representação gráfica e simbólica do terreno e ela deve refletir fielmente o aspecto físico da área levantada e as obras humanas que o terreno possibilitou ou condicionou.

No caso da qualidade gráfica das cartas topográficas convertidas para o meio digital pelo IBGE a utilização dos símbolos, convenções cartográficas e toponímia estão de acordo com a tabela de elementos para o I/Geovec (aplicativo para vetorização), tabela de cores, bibliotecas de células e de fontes para Microstation de acordo com o padrão da Mapoteca Topográfica Digital (MTD) do IBGE.

### 4.5.2 Completude

Considerando que a completude é relativa e depende das necessidades de cada usuário, a base cartográfica da carta topográfica pode estar incompleta para um grupo de usuários e para outros pode estar detalhada. Dentro dessa idéia a elaboração da carta pelo método analógico, foi sempre uma preocupação dos órgãos produtores do SCN, quanto ao aspecto completude, haja vista as orientações técnicas contidas no manual da reambulação que especifica sobre o cuidado que se deve tomar quanto à coleta excessiva de elementos geográficos em campo, devido à escala final de publicação da carta. Atualmente a Cartografia digital alterou esse conceito, uma vez que os elementos geográficos são organizados por categorias e níveis de informação, o que facilita a generalização cartográfica. Quanto as informações relativas à semântica o IBGE desenvolveu um banco de dados que vem sendo utilizado hoje em dia na atividade de reambulação, cujo procedimento veio facilitar sobremaneira a edição final da toponímia sobre as cartas topográficas.

#### 4.5.3 Consistência lógica

Essa componente da qualidade se refere às cartas topográficas convertidas para o meio digital pelo IBGE e pela DSG e sua forma de organização e estruturação dos arquivos estão de acordo com a MTD do IBGE e TBCD da DSG, ambas consolidadas no formato vetorial com requisitos de topologia para uso em Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

#### 4.5.4 Fidelidade à semântica (toponímia)

Segundo o manual técnico T 34-700 da DSG a nomenclatura geográfica, composta de topônimos e antropônimos, é uma das partes mais importantes e delicadas da carta, porque aí lançados, eles a animam e, em síntese, registram a linguagem essencial falada na região representada. No âmbito cartográfico, a toponímia é como um registro civil da região. Com efeito, eliminem-se da carta os topônimos e a representação da área e ela torna-se inerte e incógnita, apesar de todo seu enquadramento analítico.

De acordo com AUGUSTO, M. e GRUPO DE TRABALHO DE NOMES GEOGRÁFICOS (IBGE, 2005), os nomes geográficos, em conjunto com o posicionamento espacial são requisitos fundamentais para a qualidade do mapeamento do país e das bases geoespaciais. Topônimos e nomes geográficos são usados pelas pessoas no dia a dia para descrever o que está ao seu redor e para informar sobre locais onde residem ou estiveram. Quando se usam mapas, os nomes são de valiosa ajuda para identificar os elementos geográficos naturais e culturais, as características das paisagens e, também para esclarecer a história local.

Portanto, foi com esta visão que se coletou em campo amostras de toponímias de elementos geográficos, para fidelidade à semântica, ou seja, validar nomenclaturas existentes nas cartas como um componente de importância para a qualidade dos produtos cartográficos.

A seguir são relacionadas 4 cartas tomadas como amostra, sendo duas localizadas na área rural (região da serra geral) e duas próximas ao litoral, nas quais foram validados topônimos dos objetos geográficos naturais e culturais, a saber:

##### 1. Carta Aiurê

- a) Localidades: Aiurê, São José, São Pedro, Boa Vista, Espraiado, Serrinha, Barrinha do Aiurê, Ilha Grande, Capivaras, Capivaras do Meio, Serra Furada, São Camilo, Braço Esquerdo,

Linha Antunes Braga, Antunes Braga, Invernada, Chapadão, Rio Minador, Curral Falso, Três Barras, Rio do Meio Alto e Brusque do Sul, destacando que na maioria dessas localidades tem capelas cujos nomes permanecem até os dias de hoje e cemitérios.

- b) Cursos d'água: Rio Canoas, Rio da Serra, Rio Braço Esquerdo, Rio Capivaras, Rio do Meio, Rio Três Barras, Rio Laranjeiras e Rio Minador;
- c) Serras: Geral, das Laranjeiras e do Maruim.
- d) Morros: da Igreja

Transcorreram 29 anos e nesta carta não se encontrou grandes alterações na semântica (nomes geográficos - topônimos) coletada, o que traduz consistência de nomenclatura caracterizada possivelmente pela cultura local, tendo em vista que as comunidades (população) mantiveram no tempo uma história e características da paisagem desde a época da ocupação da área.

## 2. Carta São Martinho

- a) Localidades: São Martinho, Vargem do Cedro, Santa Maria, Rio Engano, Rio Sete, Riacho Ana Matias, Aratingaúba, Forquilha do Aratingaúba, Bom Jesus, São João, São Luis, Rio Duna, Águas Mornas, Canto dos Hoepers e Rio do Ponche e Fazenda São Paulo;
- b) Cursos d'água: Rio Duna, Rio Chicão, Rio Hoepers, Rio Aratingaúba, Rio Forquilha, Rio Santa Maria, Rio Cachoeira dos Inácios, Rio Capivari e Rio Espreado;
- c) Serras: da Capivara, do Capivari e do Aratingaúba;
- d) Morros: São João, do Aratingaúba, da Vargem do Cedro, São Martinho e Volta Grande.

Para esta carta foram aplicadas as mesmas observações feitas para a carta Aiurê.

## 3. Carta Lagoa de Garopaba do Sul

- a) Localidades: Garopaba do Sul, Morro Bonito, Laranjal, Camacho, Cigana, Passagem da Barra, Mato Alto, Madre, Campo Verde, Jabuticabeira e Santa Marta;
- b) Propriedade Rural: a fazenda Santa Marta teve sua denominação alterada para fazenda dos Gordos;
- c) Cursos d'água: Rio Tubarão, Rio das Congonhas, Rio Sangão, Rio da Madre, Rio Mirim, Rio do meio, Rio da Carniça, Rio Sambaqui, Rio da Guarda, Canal do Jaguaruna e Canal do Amorim;
- d) Lagoas: de Garopaba do Sul, do Laranjal, da Figueirinha, do Gregório Bento, a Manteiga, do Lino, do Ribeirão Grande, Gamboa Grande, Gamboa dos Paus, do Camacho, de Santa Marta, Lagoinha Primeira e Lagoinha Segunda;



- e) Praias: Grande do Sul, do Cardoso, do Cabo de Santa Marta, Grande do Norte, de Santa Marta Pequena, da Teresa e do Gravatá.
- f) Cabos: de Santa Marta Grande e de Santa Marta Pequeno.

Esta carta localiza-se próxima ao litoral e todos os topônimos coletados em campo foram validados. Todavia, se observou que devido ao desenvolvimento ocorrido nos últimos anos, com o surgimento de novos loteamentos, o elemento hidrográfico costeiro denominado Praia Grande do Sul com extensão aproximada de 20 km e localizada no município de Jaguaruna, recebeu mais 3 novas denominações: Praia da Figueirinha, Praia Nova Camboriu e Praia Dunas do Sul.

Outra informação constatada e validada em campo foram os sambaquis, que por definição do moderno dicionário da língua portuguesa Michaelis (2000) é uma colina resultante da acumulação de conchas, cascas de ostras e outros restos de cozinha dos habitantes pré-históricos no Brasil.

Encontram-se sambaquis ao longo da costa (sambaquis costeiros ou marinhos), à margem de rios (sambaquis fluviais) e até em pontos distantes das águas (sambaquis centrais). Em Santa Catarina e São Paulo tem o nome de casqueiro, concheira ou *ostreira*; no Pará, cemambi ou sarnambi; noutros pontos do Brasil chamam-lhe de berbuigueira, caieira ou caleira.

#### 4. Carta Araranguá

- a) Localidades: Araranguá, Balneário Arroio do Silva, Morro dos Conventos, Hercílio Luz, Boa Vista, Coqueiros, Vila Nova, Encruzo do Barro Vermelho, Barro Vermelho, Maracajá, Verdinho, Espigão da Toca, Espigão da Pedra, Vila São José, Vila Beatriz, São Roque, Campo Mãe Luzia, Coqueiros e Lombas;
- b) Cursos D'água: Rio Araranguá, Rio Sangradouro e Rio dos Porcos;
- c) Morros: do Barro Vermelho e Mãe Luzia
- d) Lagoas: Lagoa dos Esteves, Lagoa Mãe Luzia, Lagoa da Serra e Lagoa do Faxinal;
- e) Praias: do Arroio do Silva, Morro dos Conventos, da Barra Velha e Praia do Rincão.

Nesta carta todos os topônimos dos elementos geográficos coletados foram validados.

Por fim, cabe destacar que o objetivo principal da fidelidade à semântica foi verificar a qualidade das cartas com relação à reambulação executada em 1974 e 1976 e se houveram alterações toponímicas significativas. Dessa forma, vale também comentar que alterações de nomenclatura e outros elementos da paisagem dependem da região geográfica relativa ao fator desenvolvimento populacional. Assim, pode-se afirmar que nesta região relativa às cartas utilizadas

neste trabalho os nomes geográficos são consistentes e entendidos como topônimos padronizados (consolidados), porque traduzem um patrimônio preservado culturalmente.

#### 4.5.5 Fidelidade temporal (atualidade)

As mudanças das informações e seus efeitos além do tempo devem ser entendidos e considerados, principalmente para aplicação em SIG espaço-temporal, já que devem permitir o processamento de operações que combinam espaço e tempo, possibilitando a elaboração de uma grande gama de consultas espaciais, temporais e espaço-temporal (NOGUEIRA JUNIOR, 2003).

Para SATO (1999) a temporalidade consiste na avaliação dos dados temporais, ou seja, são analisadas as características ou elementos que exigem diferentes intervalos de tempo para inspeção ou validação. Alguns dados são invariantes no tempo, outros variam rapidamente. Estas considerações envolvem ciclos de atualizações, verificações e validações dos dados.

O processo de produção de documento cartográfico, como por exemplo, a carta topográfica dependendo da escala e da área a ser mapeada pode mais de 2 anos, fazendo com que fique desatualizada quando disponibilizada ao usuário. Entretanto, essa afirmativa pode não ser válida para o caso de regiões geográficas de relevo acidentado onde geralmente existe baixa densidade populacional e dessa forma as mudanças no ambiente levam um pouco mais tempo para ocorrer..

Quanto aos elementos geográficos que mais alteraram a paisagem foram as estradas de rodagem, com relação aos alinhamentos e classificações quanto à trafegabilidade (pavimentadas e não pavimentadas de tráfego permanente) e caminhos carroçáveis na área rural que passaram parte para estradas municipais de tráfegos periódicos e permanentes. Dentre os elementos relacionados à vegetação que mais alteraram podem-se citar matas, florestas e culturas. Por fim, podem-se citar as cidades de Garopaba, Imbituba, Laguna, Tubarão Criciúma e Balneário Arroio do Silva que tiveram crescimento na área urbana e no seu entorno, comprovação realizada tanto no campo (*in loco*) como através da confrontação das imagens do *google earth* 2006 com as cartas topográficas.

#### 4.5.6 Acessibilidade

Hoje em dia existem bem mais facilidade e rapidez na obtenção de produtos cartográficos junto aos órgãos produtores do SCN, a exemplo do IBGE que tem em cada Unidade da Federação um setor de documentação e disseminação da Informação. Além disso, também disponibilizado gratuitamente através do site [www.ibge.gov.br/cartografia/produtos](http://www.ibge.gov.br/cartografia/produtos) cartas topográficas em meio digital.

#### 4.6 CRÍTICAS E NECESSIDADES DOS USUÁRIOS DE CARTAS TOPOGRÁFICAS

As cartas topográficas têm sido criticadas principalmente quanto aos aspectos geométricos e desatualização e por esses dois motivos principais não tem atendido satisfatoriamente as necessidades dos usuários. Nesse sentido os órgãos IBGE e DSG deveriam buscar uma solução para o problema, testando efetivamente suas cartas no campo para a validação da geometria e, propor ao governo federal uma política permanente de atualização cartográfica, seja para os produtos cartográficos existentes ou remapeamento de áreas que tiveram grandes mudanças ambientais.

Infelizmente nada de significativo tem sido feito nos últimos anos pelas mesmas razões de sempre, ou seja, falta de aporte de recursos financeiros significativos. Uma das soluções para a questão seria uma parceria das Instituições do SCN com Instituições Estaduais de Cartografia (onde existentes) e com a iniciativa privada para uma co-participação das atividades do mapeamento como, por exemplo, reambulação, restituição estereofotogramétrica e editoração final, pois assim sendo acredita-se na possibilidade da retomada do então Programa de Dinamização da Cartografia (PDC) Nacional.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 CONCLUSÃO

Os estudos desenvolvidos neste trabalho para a obtenção da qualidade posicional planimétrica das cartas topográficas, foram realizados à luz do Decreto 89817 com a adoção de uma amostra mínima (parcimoniosa) de 2 a 5 pontos de teste por carta, determinados de forma prática a partir de 10% do risco do consumidor (usuário) e do produtor sobre o total de pontos do apoio fotogramétrico do bloco 12 - Projeto SC-50 e combinado com a metodologia de georeferenciamento utilizado pelo IBGE no processo de conversão digital das cartas analógicas.

Diante dos resultados encontrados nos testes estatísticos só foram possíveis classificar 4 cartas analógicas e 6 cartas digitais, porque as 16 restantes (9 analógicas e 7 digitais) apresentaram Erros Padrões (EP) acima das tolerâncias permitidas para as classes. Estes resultados em termos percentuais significam 31% para as cartas analógicas e 46% para as cartas digitais, índice a nosso ver aquém daquilo que se esperava para a qualidade geométrica destes produtos cartográficos, cujo fato traz grandes preocupações. Nesse sentido sugere-se: a realização de testes de campo em todas as demais cartas digitais de Santa Catarina, inclusive testando a qualidade altimétrica; ou refazer o georeferenciamento de todos os arquivos raster, através de pontos de controle de campo, para a melhoria da geometria. Cabe ainda ressaltar que a preocupação demonstrada procede na medida em que estes produtos cartográficos digitais no formato vetorial, oriundos dos arquivos raster, estão sendo disponibilizados pelo IBGE no seu site, sem a devida indicação da classe ou do erro padrão verificado, quando não enquadradas nas classes A, B e C.

Muito se critica no meio acadêmico e cartográfico sobre as controvérsias existentes no Decreto 89817, quais sejam: falta de definição do tamanho da amostra para os testes de campo; dúvida quanto à análise individual das componentes planimétricas (N, E) ou composição das mesmas; aplicação dessas normas para os produtos digitais; indicação do tratamento estatístico que melhor se adapta à estimativa da exatidão e precisão; não é levado em conta os riscos do consumidor (usuário) e do produtor; e falta de uma definição clara para os produtos cartográficos não enquadrados nas classes A, B e C, pois essa afirmativa admite padrões piores que as 3 classes mencionadas.

Quanto à fidelidade à semântica (toponímia) constatou-se que apesar de decorrido 29 anos (2005 - 1976), as cartas topográficas analisadas em campo sobre esse aspecto, de uma maneira geral apresentaram boa fidelidade (qualidade) quanto aos nomes geográficos.

No que se refere à fidelidade temporal (atualidade) as principais alterações ocorreram nas áreas das cartas que contêm as maiores cidades da região sul do estado de Santa Catarina e na área rural ocorreram alterações no quadro viário e nos elementos de vegetação.

Cabe ressaltar que o procedimento analógico da produção de cartas topográficas ainda que sem as devidas avaliações da sua qualidade geométrica, de acordo com as normas cartográficas em vigor, tem seu valor histórico e uma validade garantida por ter contribuído no desenvolvimento econômico e social do País nas décadas de 60, 70 e 80.

Na definição da qualidade dos produtos cartográficos deve ficar evidente a preocupação dos produtores e usuários quanto ao produto elaborado e disponibilizado para solucionar uma demanda cartográfica.

A Cartografia Brasileira deve primar por bases cartográficas regionais e locais com boa geometria, nomes geográficos confiáveis e atualidade permanente e, para a consecução desses objetivos deve a CONCAR otimizar os esforços e os recursos junto às empresas públicas e privadas em âmbito federal, estadual e municipal e exigir o cumprimento das normas cartográficas brasileiras para a garantia da qualidade.

Concluindo, o Decreto 89817 deve necessariamente passar por uma reavaliação e atualização e para tanto se deve buscar normas e padrões internacionais, principalmente com relação às exatidões planimétrica e altimétrica e adequá-las a realidade Brasileira.

## 5.2 EXPECTATIVAS

Quanto às expectativas de utilização do conteúdo desenvolvido neste trabalho estão prioritariamente:

- a) O desenvolvimento de uma cultura de controle de qualidade em Cartografia através da implantação de procedimentos rigorosos de fiscalização, supervisão, acompanhamento, controle e revisão de todas as etapas e fases do processo de elaboração dos produtos cartográficos e para tanto criar um grupo de especialistas no âmbito interno da produção;

- b) A realização de um programa de atualização cartográfica permanente por sensoriamento remoto, com metodologia voltada as cartas topográficas convertidas para o ambiente digital pelas instituições do SCN (IBGE e DSG), a partir do conhecimento prévio da exatidão posicional planimétrica e altimétrica e da análise da fidelidade temporal, visto que hoje no Brasil existe grande disponibilidade de imagens de satélites orbitais.
- c) A continuidade dos estudos e pesquisas na academia e na produção sobre o tema controle de qualidade em Cartografia, para que o País tenha informações confiáveis para uma gestão ambiental eficiente em todas as suas fases - planejamento, controle, fiscalização e recomposição de áreas degradadas.

### 5.3 RECOMENDAÇÕES - PROPOSTA METODOLÓGICA

A seguir apontam-se recomendações consideradas como proposta metodológica para a avaliação das cartas topográficas do mapeamento sistemático nacional:

- a) Trabalhar com um número mínimo de pontos de teste representativos para a análise (enfoque estatístico) da qualidade geométrica dos produtos cartográficos sem comprometer financeiramente os custos do projeto de mapeamento.
- b) Selecionar amostras diversificadas de pontos (feições) localizados em vários ambientes geográficos: áreas de relevo plano, suavemente ondulado e acidentado e, áreas densamente urbanizadas;
- c) Abrir possibilidades da utilização de feições lineares e de área não incluídas na norma brasileira, que só se refere a pontos bem identificáveis;
- d) Realizar testes de carta durante as atividades de apoio de campo fotogramétrico, destinando equipes específicas para tal finalidade;
- e) Atualizar o Decreto 89817 por legislação complementar, por norma da ABNT ou por outro instrumento pertinente;
- f) Abrir possibilidade de alteração do nível de confiança de 90% para 95% nos testes de carta, conforme já vem sendo utilizado em outros Países.
- g) Incluir outros componentes da qualidade para o produto cartográfico digital: completude, precisão de atributos, consistência lógica, fidelidade à semântica (toponímia), fidelidade temporal (atualidade) e outros de interesse do usuário.

- h) Tratar o mapeamento não como cartas isoladas, mas como cartografia contínua uma vez que os projetos de mapeamento geralmente são constituídos por blocos (áreas de trabalho) e em razão da produção em meio digital. Nesse sentido buscar novas metodologias de avaliação e classificação dos produtos cartográficos.
- i) Definir o método de posicionamento GPS com vistas à obtenção da melhor precisão possível dos pontos de teste, os quais devem ser compatíveis com qualidade esperada para o produto cartográfico.
- j) Quantificar os recursos financeiros e humanos e ainda o tempo gasto para a realização dos testes de carta no campo, de acordo com o método de posicionamento GPS a ser utilizado.
- k) Informar obrigatoriamente aos usuários as exatidões planimétrica e altimétrica dos produtos cartográficos, para que eles conheçam a qualidade e decidam se os produtos atendem as suas necessidades.

Por fim recomenda-se a criação de um grupo composto por profissionais da área acadêmica e de organizações públicas e privadas responsáveis pelo mapeamento do Brasil, no sentido de buscar uma solução conjunta quanto ao tema Controle de Qualidade em Cartografia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, D. F. P. N. de. **Terminologia da avaliação dos trabalhos cartográficos**. Revista Brasileira de Cartografia. Nº 16, Rio de Janeiro, RJ, 1976.

ANDRADE, D. F. P. N. de. **Avaliação da exatidão de documentos cartográficos**, Revista Brasileira de Cartografia, nº 44, Rio de Janeiro, RJ, 1991.

AUGUSTO, M. J. de C; GRUPO DE TRABALHO DE NOMES GEOGRÁFICOS DO IBGE. Anais do XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, Macaé, RJ, 2005.

BARBETTA, P. A, **Estatística aplicada às ciências sociais**. Editora da UFSC. Florianópolis, SC, 2003.

BARROS, L. R.; FERREIRA, L. F.; VERGARA, O. R. **Análise de padrões de classificação de documentos cartográficos**. Anais do XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, RS, 2001.

BRANDÃO, A. C.; ROCHA, R. dos S.; PAULINO, L. A. **Novos paradigmas da Cartografia**. Anais do XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, RS, 2001.

BRANDÃO, A. C.; ROCHA, R. dos S.; PHILIPS, J. **Exatidão posicional do cadastro imobiliário**. Anais do XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, RS, 2001.

BRASIL. **Decreto nº. 89.817 de 20 de junho de 1984**. Dispõe sobre as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia Nacional, Cartografia e Aerolevanteamento Legislação, COCAR, Brasília, DF, 1981.

BRASIL. **Decreto Lei nº. 243 de 28 de fevereiro de 1967. Fixas as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras Providencias**. Publicação COCAR nº 01. Cartografia e Aerolevanteamento, Brasília, DF, 981.

BRITO, J. L. N. **Proposta de metodologia para a classificação de documentos cartográficos**, Revista Brasileira de Cartografia, nº 41, Rio Janeiro , RJ, 1987.

BRITO, J. L. N.; PRADO, W. S.; AUGUSTO, E. G. **Estágio de fotogrametria digital para Engenheiros Cartógrafos** - Notas de Aula. IME - Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, RJ, 1999.

BRITO, J. L. N. S.; COELHO, L.C.T. **Fotogrametria digital**. Trabalho de Graduação, IME - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, 2002.



BURITY, E. F. **A carta cadastral urbana - Seleção de dados a partir da análise das necessidades dos usuários.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Cartográfica. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, 1999.

CINTRA, J. P.; NERO, M. A. **Documentos cartográficos: determinação do PEC:** Anais do XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, RS, 2001.

\_\_\_\_\_. **Metodologia para controle de qualidade de mapeamentos sistemáticos em meio digital.** Anais do XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, Macaé, RJ, 2005a.

\_\_\_\_\_. **Considerações sobre o tamanho da amostra no controle qualidade em mapeamentos com deferentes níveis de qualidade.** Anais do XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, Macaé, RJ, 2005b.

\_\_\_\_\_. **Proposta de interpretação e sugestão de complemento da norma brasileira de controle de qualidade cartográfica.** Anais do XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, Macaé, RJ, 2005c.

\_\_\_\_\_. **Controle de qualidade de mapeamento: visão geral das normas de diversos países.** Anais do XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, Macaé, RJ, 2005 d.

COCAR, **Cartografia e aerolevanteamento. Legislação, nº. 01.** Brasília: IBGE,1981.

COSTA, S.M.A. **Uma proposta para compatibilização entre referenciais geodésicos.** Dissertação (Mestrado em Geociências). Departamento de Geomática. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1999.

\_\_\_\_\_. **Evolução do sistema geodésico Brasileiro - Razões e Impactos com a Mudança do Referencial.** Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil - IBGE - Rio de Janeiro, RJ, 2000.

COSTA, S.M.A. FORTES, L.P.S. **Nova hierarquia da rede planimétrica do sistema geodésico Brasileiro.** Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil - IBGE - Rio de Janeiro, RJ, 2000.

COSTA, S. M. A. LIMA, M.A.A.; **Ajustamento da rede planimétrica brasileira em SIRGAS 2000.** IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Curitiba, PR, 2005.

FISCHER, I. **The basic framework of the South American Datum of 1969.** IPGH. Revista Cartográfica nº. 23. Buenos Aires, 1972.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio século XXI: dicionário da língua portuguesa.** 4ª Edição. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, RJ, 1999.

FREITAS, S. R. C. de; DALAZOANA, R. **Alguns aspectos relacionados á adoção do sirgas no Brasil.** Anais do XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, RS, 2001.

FREITAS, S.R. C de, LAZZAROTTO, D. R.; LUZ, R. T. **Avaliação da compatibilidade dos sistemas geodésicos de referência no Brasil.** Boletim Ciências Geodésicas. Artigos, Curitiba, PR, 2004.

FREITAS, S. R. C. de; DALAZOANA, R. **Implicações cartográficas e cadastrais das diferentes realizações do SAD 69 no Paraná.** Anais do 4º COBRAC - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, SC, 2000.

GALO, M.; CAMARGO, P. O. **Utilização do GPS no controle de qualidade de cartas.** Anais do 1º COBRAC - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, SC, 1994.

GALO, M; DAL POZ; A.P FERREIRA, F.M. **O uso de feições no controle de qualidade em Cartografia,** Anais do XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, RS, 2001.

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações, aplicações geodésicas,** Editora UFPR, Curitiba, PR, 1994.

GUPTTIL, S. C.; MORRISON, J. L (ED.) **Elements of spatial data quality.** International Cartographic Association. Oxford: Elsevier Science Ltda, 1997.

IBGE. **Programa especial de dinamização da cartografia terrestre:** Rio de Janeiro, RJ, 1978 - 1985.

\_\_\_\_\_. **Especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos.** Resolução PR nº 22, Rio de Janeiro, RJ, 1983.

\_\_\_\_\_. **Metodologia de conversão de bases cartográficas para meio digital:** Rio de Janeiro, RJ, 1987.

\_\_\_\_\_. **Especificações e normas gerais para levantamentos GPS:** versão preliminar; Resolução PR nº. 5, Rio de Janeiro, RJ, 1993.

\_\_\_\_\_. **Mapoteca Topográfica Digital (MTD) - documentação geral:** Rio de Janeiro, RJ, 1997.

\_\_\_\_\_. **Noções básicas de Cartografia.** Rio de Janeiro, RJ, 1997.

\_\_\_\_\_. **Proposta preliminar para a adoção de um referencial geocêntrico no Brasil**, Rio de Janeiro, RJ, 2000a.

\_\_\_\_\_. **Planejamento Estratégico 2002 - 2004**. Rio de Janeiro, RJ, 2000.

JURAN, J. M. **Controle de qualidade**. Fundação Getulio Vargas, São Paulo, SP, 1991.

JURASZEK, M, 2º ten.QOE. Topo. **Atividades do AST -10 /USAF no Brasil**. Anuário Estatístico da DSG, 1968/1969.

KARNAUKHOVA, E.; LOCH, C. **Alguns problemas atuais do mapeamento digital**. Anais do XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, RS, 2001.

LAZZAROTTO, D. R.; SLUTER, C. R.; QUINTINO, D. **Estudo sobre o uso de indicadores analíticos para projeto de bases cartográficas orientadas ao usuário**. Anais do III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. UFPR, Curitiba, PR, 2003.

LEAL, E. da M.; DALMOLIN, Q. **Análise da qualidade posicional em base cartográficas Geradas em CAD**. Anais do GISBRASIL - Congresso e Feira para Usuários em Geoprocessamento da América Latina, Salvador, BA, 1999.

LOCH, R. E. NOGUEIRA. **Considerações sobre a base cartográfica**. 1º COBRAC - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, SC, 1994.

LOCH, R.E. NOGUEIRA. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Editora da UFSC, Florianópolis, SC, 2006.

MANUAL TÉCNICO MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. **Aerotriangulação - T34-304 - 2ª Edição**, Brasília, Brasil: 1984.

\_\_\_\_\_. **Apoio suplementar para aerotriangulação e restituição -T34-601**. 1ª Edição. Brasília, Brasil: 1976.

\_\_\_\_\_. **Normas gerais para operações geodésicas, astronômicas, topográficas, fotogramétricas e cartográficas - T34-201 - 2ª Edição**. Brasília, Brasil: 1982.

\_\_\_\_\_. **Restituição Fotogramétrica - T34-303**. 1ª Edição. Brasília, Brasil: 1982.

\_\_\_\_\_. **Reambulação - T34-703**. 1ª Edição. Brasília, Brasil: 1975.

MELLO, M. P. de. **Qualidade total e qualidade em Cartografia - Apontamentos para uma discussão.** ENCE - IBGE, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

\_\_\_\_\_. **Projeções cartográficas: Capítulo I - Cartografia - conceito, objeto e processos.** UERJ, Rio de Janeiro, RJ, 2005.

MERCHANT, D. C. **Spatial accuracy standards for large scale line maps.** American Congress on Surveying and Mapping, v.1, 1982. Technical Papers of the American Congress on Surveying and Mapping, 1982.

MICHAELLIS. **Moderno dicionário da língua portuguesa,** Editora Melhoramentos, São Paulo, SP, 2000.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicação.** Editora UNESP, São Paulo, SP, 2000.

NAHUM, H, da. S. **Avaliação preliminar de carta referente ao projeto copel (bloco - 126, vale do ribeira).** IBGE, Rio de Janeiro, 1988.

NOGUEIRA JÚNIOR, J. B.; MALDONADO, V. C. **Controle de qualidade em cartografia - Um Estudo de Caso.** Trabalho de Graduação, Departamento de Cartografia - Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP, Presidente Prudente, SP, 2000.

NOGUERA JÚNIOR, J. B. **Controle de qualidade de produtos cartográficos - Uma proposta metodológica.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas - UNESP, Presidente Prudente, SP, 2003.

NOTARI, J. M. **Seleção de instrumentos fotogramétricos.** Instituto Militar de Engenharia - IME, Rio de Janeiro, RJ, 1967.

NOVAES, J. R D. **Teste de cartas.** Revista Brasileira de Cartografia, nº 02, Rio Janeiro, 1971.

OLIVEIRA, C. de **Dicionário cartográfico.** 4ª Edição Revisada e aumentada. Rio de Janeiro, IBGE, 1985.

PHILIPS, J.; BRANDÃO. A. C.; PAULINO, L.A.; ROCHA, R. S. da. **Novos paradigmas da cartografia.** Anais do IX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, 2001.

PHILIPS, J.; BURITY, E. F; BRITO, J. L. N. **Qualidade de dados para o mapeamento.** Anais do IX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, 2001.

PAULINO, L. A. **Construção do mapa base para sistemas de informações geográficas.** Uma proposta baseada no levantamento de necessidades de usuários de informações cartográficas.

Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, SC, 2001.

PEREIRA, K. D. **Indicadores técnicos para uso da RBMC para uso no mapeamento** - Dissertação de Mestrado em Engenharia Cartográfica. Instituto Militar de Engenharia - IME, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

PEREIRA, K. D; AUGUSTO, M. J. de; SANTOS, C. J. B. dos; FREITAS, A .L. **Atualização da legislação cartográfica brasileira: Necessidade nacional.**: Anais do III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Curitiba, PR, 2003.

QUINTANILHA, J.A. **Erros em bases digitais de dados espaciais para uso em sistemas de informação geográfica.** 1996 (Tese de Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

ROCHA, R. S. da. **Exatidão cartográfica para as cartas digitais urbanas.** Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2002.

SEEMANN, J. **A aventura cartográfica: perspectivas, pesquisas e reflexões sobre a cartografia humana:** Jorn Seemann (org). Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2005.

SATO, S. S. **Controle de qualidade, conceitos e normalização dos processos de aquisição de dados fotogramétricos.** Anais do GISBRASIL 99. V Congresso e Feira para Usuários em geoprocessamento da América Latina, Salvador, BA, 1999.

SANTOS, C. J. B. dos. **Avaliação da qualidade de modelos digitais do terreno construídos a partir de diferentes fontes de aquisição de dados.** Dissertação de Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais - Produção e Análise da Informação Geográfica. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - Escola Nacional de Ciências Estatísticas - ENCE, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

SILVA FILHO, J. E. **Perfil histórico dos serviços de mapeamento sistemático no Brasil,** Revista Fator GIS, nº 3. Curitiba, PR, Outubro/Novembro/Dezembro,1993.

TELLES, J. D. L.; RODRIGUES T. S, **Controle de qualidade de documentos cartográficos,** Projeto de Fim de Curso, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, 1990.

## CONSULTAS À INTERNET

IBGE. **Geodésia**. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), site acessado em out/2005 e abr/2007.

IBGE, DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS (DGC). **Quem\_somos/missão**. Disponível em [http://w3.dgc.ibge.gov.br/site\\_intranet](http://w3.dgc.ibge.gov.br/site_intranet), site acessado em /abr./2005.

BRASIL. **Resolução PR 1/2005, de 25 de fevereiro de 2005**. Altera a Caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Disponível em: [geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmig/legislacao/RPR\\_01\\_25fev2005.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmig/legislacao/RPR_01_25fev2005.pdf), site acessado em set/2006.

CONCAR. **Legislação cartográfica**. [www.concar.ibge.gov.br](http://www.concar.ibge.gov.br), site acessado em março/2006

FORTES, L. P. S. **SIRGAS: O Sistema de referência para o novo milênio**. I Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/geografia/seminar/seminario.html>, site acessado em abr/2006.

LEAL, E. da M.; DALMOLIN, Q. **Considerações sobre a classificação de documentos cartográficos**. Curitiba, 2002. Disponível em: <http://geodesia.ufsc.br/geodesia-online/arquivo/2002/01/eq.htm>, site acessado em nov/2005.

## **ANEXOS**

ANEXO I - Descrição dos sistemas geodésicos de referências utilizados no mapeamento sistemático nacional

ANEXO II - Atividades do AST - 10 /USAF no Brasil

ANEXO III - Fotografia aérea de 2002 da Aeroimagem na escala original 1: 40.000

ANEXO IV - Receptor GPS Promark X-CM da Magellan

ANEXO V - Projeto do apoio fotogramétrico do bloco 12 - Projeto SC-50 na escala 1:200.000 - 1975

ANEXO VI - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em SIRGAS 2000

ANEXO VII - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em SAD69

ANEXO VIII - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em CHUÁ ASTRO

ANEXO IX - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em CÓRREGO ALEGRE

ANEXO X - Relação de coordenadas UTM das cartas analógicas em CHUÁ ASTRO

ANEXO XI - Relação de coordenadas UTM das cartas digitais em CÓRREGO ALEGRE

ANEXO XII - Decreto Lei nº. 89817 - Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da Cartografia Nacional

ANEXO XIII - Croqui de rastreamento de satélites GPS - Exemplo

ANEXO XIV - Tela do processamento de dados GPS - Exemplo

ANEXO XV - Relatório do processamento de dados GPS - Exemplo

## **ANEXO I - Descrição dos sistemas geodésicos de referências utilizados no mapeamento sistemático nacional**

### **a) CÓRREGO ALEGRE**

Sistema de referência de concepção clássica cuja escolha do vértice Córrego Alegre para ponto Datum, bem como, do elipsóide internacional de Hayford para superfície matemática de referência, foram baseadas em determinações astronômicas realizadas na implantação da cadeia de triangulação em Santa Catarina. O Vértice Córrego Alegre teve posicionamento e orientação definidos astronomicamente tendo como azimute o vértice Chapada das Areias. Por convenção adotou-se que para o vértice Córrego Alegre, o desnível geoidal e o desvio da vertical seriam nulos, forçando assim a condição de tangência entre o geóide e o elipsóide.

Com a finalidade de conhecer melhor o geóide na região do Datum Córrego Alegre, foram determinadas 2113 estações gravimétricas em uma área circular em torno dele. Estas observações tinham como objetivo a adoção de um novo ponto Datum, considerando-se arbitrária a escolha anteriormente feita (forçada à condição de tangência entre elipsóide e geóide). Como resultado destas pesquisas, foi escolhido um novo ponto Datum, o vértice Chuá, localizado na mesma cadeia do anterior e através de um novo ajustamento foi definido um novo sistema de referência, denominado Datum Chuá Astro.

### **b) DATUM CHUÁ ASTRO**

Este sistema tem ponto origem no vértice Chuá e elipsóide de referência Hayford. Foi um sistema estabelecido segundo a técnica de posicionamento astronômico com o propósito de ser um ensaio ou referência para a definição do SAD69. Ele desenvolveria o papel de um sistema razoável a ser utilizado unicamente na uniformização dos dados disponíveis na época (o IBGE tinha recém concluído um ajustamento da rede planimétrica referido a este sistema). Isso não representaria ainda o sistema “ótimo” para a América do Sul, faltando ainda a boa adaptação geóide-elipsóide para que as observações geodésicas terrestres pudessem ser reduzidas à superfície do elipsóide. Sendo assim, na condição de um sistema provisório, as componentes do desvio da vertical foram ignoradas, ou seja, foi assumida a coincidência entre geóide e elipsóide, no ajustamento das coordenadas no Datum Chuá Astro.



c) SAD69

O *South American Datum of 1969* (SAD 69) é um sistema geodésico regional de concepção clássica. Em 1965, o “Grupo de Trabalho para o Estudo do Datum Sul Americano” sugeriu à Comissão do Instituto Pan Americano de Geografia e História (IPGH), através de seu comitê de Geodésia e Cartografia, que fosse estabelecido um Datum geodésico consistente para a América do Sul, de maneira a estabelecer um referencial uniforme para todos os trabalhos desenvolvidos na região, empregando para isso, uma rede continental de controle.

Os estudos iniciais levaram ao estabelecimento de um Datum provisório, o PSAD56 (*Provisional South American Datum of 1956*). Posteriormente, foi escolhido o ponto físico denominado Chuá, determinado astronômicamente e considerado como origem do sistema Chuá Astro Datum. Na sua definição, o desnível geoidal e o desvio da vertical foram considerados nulos na origem, ou seja, a condição de tangência entre o elipsóide (o Internacional de Hayford) e o geóide foi forçada. Após novos estudos gravimétricos na área obtiveram-se, depois do ajustamento final das observações, os valores do desvio da vertical e do desnível geoidal, bem como as coordenadas ajustadas do mesmo ponto físico - Vértice Chuá, porém no elipsóide Internacional de 1967. Este sistema de referência foi denominado *South American Datum of 1969* - SAD 69. É um exemplo típico de sistema estabelecido segundo o método clássico (triangulação, trilateração e poligonação).

Em junho de 1969, o *South American Datum 1969* foi aceito pela comissão, durante a IX Assembléia Geral do IPGH, em Washington, D.C e o Brasil só passou a adotá-lo oficialmente como sistema de referência para trabalhos geodésicos e cartográficos desenvolvidos em território brasileiro em 1977 (COSTA, 1999a) apud PERREIRA (2001). O Decreto Presidencial nº 89.817, de 20/06/84, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, especificou a o SAD 69 como sistema de referência a ser utilizado em toda e qualquer representação cartográfica do território nacional. Entretanto, diversos órgãos públicos e empresas privadas, continuaram a produzir documentos cartográficos referidos a outros sistemas de referência.

d) SAD69 - Realização 1996

As estações geodésicas que materializaram originalmente o SAD 69 foram estabelecidas através de métodos clássicos de levantamentos geodésicos. Entretanto, durante sua densificação foram verificados diversos problemas, constando-se, assim, a necessidade de um reajustamento da rede planimétrica, desta vez de uma forma simultânea e abrangendo todas as observações

disponíveis até o momento. Como o SAD 69 era o referencial adotado no Brasil, neste reajustamento foram mantidos os mesmos parâmetros definidores e injunções iniciais do primeiro ajustamento em SAD 69.

COSTA (1999a) apud PERREIRA (2001) esclarece que para este novo ajustamento, ocorrido em 1996, os parâmetros definidores do SAD 69 foram mantidos no reajustamento, sendo alterada somente a metodologia de ajustamento e a inclusão de novas observações, não caracterizando desta forma uma mudança do referencial definido, apenas do materializado (SAD 69 - materialização 1996).

#### e) ITARARÉ

O vértice de triangulação Itararé foi um dos primeiros sistemas de referência adotado no Brasil. É também é um ponto Laplace e foi determinado pelos métodos clássicos de astronomia meridiana, sendo suas coordenadas astronômicas determinadas com precisão de 1ª ordem (“erro menor que 0.1”). Está localizado em São Paulo, e é considerado a origem do sistema. Não há informações sobre o desvio da vertical e o desnível geoidal empregados na concepção desse sistema. Para representação matemática utilizou-se o elipsóide de Hayford 1924 e foi utilizado para referenciar o mapeamento sistemático de algumas cartas do IBGE nas regiões sul e sudeste do Brasil.

## **ANEXO II - Atividades do AST - 10 /USAF no Brasil**

Anuário Estatístico da DSG - 1968/1969 - págs. 153 -157

Modesto Juraszek - 2º Tenente QOE Topo

### ▪ Introdução

Cumprindo o acordo firmado entre o Brasil e os Estados Unidos da América do Norte, coube à Força Aérea daquele país a difícil tarefa de aerofotografar o nosso território.

Dos vários grupos aerofotos existentes nos EEUU, foi designado para o Brasil o “Décimo Grupo de Aerofotogrametria (AST-10) da USAF (United States Air Force)”. Este Grupo, organizado por aviadores, engenheiros e técnicos formou um elo de execução e trabalho entre a USAF e o *Army Map Service (AMS)*. Juntos e com grande dedicação desbravaram fotograficamente grande parte do território Brasileiro desde 1965.

### ▪ Coordenação

Motivado pelo grande vulto dos trabalhos a serem realizados foi criada no Estado-Maior das Forças Armadas, a Comissão Mista Executora do Acordo Brasil - Estados Sobre Serviços Cartográficos (CMEABEUSC).

Estão ligados ao presente acordo, brasileiros e americanos. O órgão representativo americano é o Serviço Geodésico Interamericano no Brasil.

Como representantes brasileiros assinalam vários membros das seguintes organizações civis e militares: Conselho Nacional de Geografia, Diretoria do Serviço Geográfico, Diretoria de Hidrografia e Navegação, Diretoria de Rotas Aéreas, Observatório Nacional e Instituto Brasileiro de Reforma Agrária.

Todos os trabalhos executados, em execução e a serem executados são estudados, coordenados e presididos por um oficial-general, Presidente da CMEABEUSC. Os períodos dessa Presidência são ora exercidos pelo Exército, Marinha ou Aeronáutica, conforme nomeação do Excelentíssimo Senhor Presidente da República.

### ▪ Instalação

A princípio o AST-10, por motivos de tempo e economia, instalou-se na cidade de São Paulo (Base Aérea de Cumbica), dirigindo suas atividades nas regiões sulinas do país. Posteriormente pelas mesmas razões acima citadas, o AST-10 transferiu suas instalações para Brasília (Base Aérea

de Brasília), onde se encontra até a presente data, levando avante os vôos fotográficos, no Centro e Norte do Brasil.

Após entendimentos com a CMEABEUSC, o referido Grupo fez da ultima Base (Brasília), o centro de operações não só do nosso país, como de toda a América do Sul. E assim, é de Brasília, que decolam todos os aviões que se dirigem aos demais países Sul americanos, filiados ao semelhante acordo de aerofotografar os seus territórios.

Em ambas as Bases - São Paulo e Brasília, os componentes do AST-10, tanto Brasileiros como americanos, receberam e continuam recebendo, na pessoa dos Comandantes daquelas Unidades, todo o apoio e acolhida quando do surgimento de dificuldade.

- Equipamentos

A responsabilidade sempre evidente e a grandeza da obra a enfrentar, fizeram com que os Norte Americanos trouxessem, para o bom desempenho de sua missão, as aeronaves RC-130 A, com autonomia de até 12 horas.

Estes aviões além de sua grande estabilidade e velocidade de 550 quilômetros por hora, possuem condições adequadas para romperem as grandes distancias de nossa terra.

Do variado equipamento útil ao vôo, encontramos no seu interior adaptação para 3 câmaras fotográficas. Para os vôos do Brasil foram ali instaladas apenas 2 câmaras Fairchild KC-1B, comandadas automaticamente.

Um moderno laboratório montado em trailers e todos um conjunto de mecânica e manutenção acompanham os 3 a 5 aviões que revezam de 3 em 3 meses.

Fazem parte do laboratório em trailers o seguinte: duas Kodak Versamat II, onde cada uma revela, fixa laca e seca automaticamente os filmes; um densitômetro; duas copiadoras; um purificador de filme; dois laboratórios químicos; uma geladeira para conservação de filmes; oficina para pequenos reparos.

Convém notar, que os trailers, formando um conjunto concatenado, é alimentado por energia própria e abastecido por água quente e fria.

O ambiente interno é enriquecido de ar condicionado.

São complementos do laboratório um Redutor e um Múltiplas Bach & Lomba.

- Organização

Encontra-se assim constituído o AST-10 baseado em Brasília:

*Comando* - De 3 em 3 meses é designado pela Força Aérea Norte Americana um Tenente-Coronel ou major aviador para comandar o AST-10.

*Operações* - Tem como chefe um major aviador.

*Secretaria* – Diretamente ligada ao Comando é ela dirigida por um Sargento e Auxiliares.

*Controle, Cálculo e Preparo* – Um 2º Tenente controla a produção. Sargentos de varias especialidades o auxiliam.

*Meteorologia* - Responsável é um 2º Tenente e dois Sargentos que operam da Estação ligada diretamente a um Satélite meteorológico.

*Laboratório em Trailers* - O Chefe é um 2º Tenente. Tem como auxiliares Sargentos especialistas.

*Rádio* - 2 Sargentos operadores.

*Manutenção* - (aviões, viaturas) e *Depósito de peças*: - É controlado por um 2º tenente e auxiliado por uma competente equipe de Sargentos especialistas.

*Múltiplas e Redutor Bach & Lomba* - Estes dois aparelhos são operados por especialistas do Army Map Service, no tocante aos filmes de países estrangeiros. Em filmes que se destinam ao Brasil e EEUU vem o Múltiplas e Redutor sendo operados por um tenente brasileiro especialista no assunto e que tem como dever controlar os filmes quanto a sua qualidade, rejeitando ou aceitando os mesmos.

São condições essenciais na aceitação do filme: - boa superposição – que elimine a paralaxe nivele, não tenha deformações e que as escalas da foto não representem grandes variações.

Para os testes acima são confeccionados 3 dispositivos no inicio, meio, e final de cada filme.

- **Fiscalização**

O EMFA dentro de um espírito de cordiabilidade e sociabilidade mantêm no AST-10 uma equipe permanente de fiscalização comandada por um supervisor e orientada pela CMEABEUSC.

Fazem parte da equipe de observadores, oficiais do EMFA, EME e oficiais engenheiros do Exercito, Marinha e Aeronáutica.

Os ficais acompanham os aviões que decolam da base, observando a hora do pouso, projeto a ser fotografado, área, direção de vôo, faixa e numeração do filme, inicio e término da filmagem, lentes usadas, chassi, tipo de filme, abertura de diafragma, velocidade, altura de vôo, piloto, navegador e fotógrafo.

Além das missões em vôo os observadores verificam e anotam em ficha especial os números definitivos de rolo do filme fotografado, numero da faixa, numeração aceita em vôo, numeração rejeitada e suas razões, superposição longitudinal e lateral das faixas coordenadas das faixas no início e final de cada uma.

Mensalmente é remetido para a CMEABEUSC, um relatório de todas as atividades executadas pelo AST-10.

- Execução

Para a realização dos vôos em escalas de 1:60.000 e 1:20.000 a Força Aérea Americana e a CMEABEUSC estudaram e planejaram dividir o Brasil em dois grandes projetos, que são os seguintes: AF 63-32 e AF 63-32 A.

O 1º compreende a região Sul até o paralelo 14°. O 2º se estende do paralelo 14° para o norte.

O City Plans - projeto secundário traz como finalidade as fotografias das cidades ad rede escolhidas pelo EMFA.

O projeto AF63-32 foi subdividido em áreas de 1 a 8 e o projeto AF 63-32 A em áreas de 9 a 14.

Os vôos de faixas normais de 5 em 5 minutos arco, foram orientados do paralelo 24° para o sul, em direção leste-oeste e do paralelo 24° para o norte tiveram sua orientação norte-sul.

Para os vôos destinados à aerotriangulação o sentido é o contrário ao citado anteriormente. Do sul até o paralelo 24° - direção norte-sul. Do paralelo 24° para o norte a direção é leste-oeste.

- Conclusão

Como nota final e a título de informação, sabe-se que para o projeto AF 63-32 foram programadas 1.023.422 milhas quadradas em faixas normais de 5 em 5 minutos em 28.138 milhas lineares para as faixas destinadas à aerotriangulação.

O projeto AF 63-32 A teve a sua programação em 1.081.926 milhas quadradas para as faixas normais e 23.295 milhas lineares para as faixas de aerotriangulação (neste projeto estão incluídas somente as milhas correspondentes às áreas 9, 10, 11 e 12).

Foram voadas no projeto AF 63-32 - 727.000 milhas quadradas e no projeto AF 63-32 A - 659.894 milhas quadradas.

Feita esta exposição, verificamos que o Brasil em dados de porcentagem, incluindo o *City Plans*, já foi voado 65% aproximadamente. (constatamos isso pelo anexo nº. 2 que acompanha este trabalho).

Finalizando esclarece-se ainda que o AST-10 possui, para a locação das faixas voadas e a serem voadas, as “*Operational Navigation Chart*” em escala de 1:1.000.000.

**ANEXO III - Fotografia aérea de 2002 da Aeroimagem na escala original 1: 40.000**





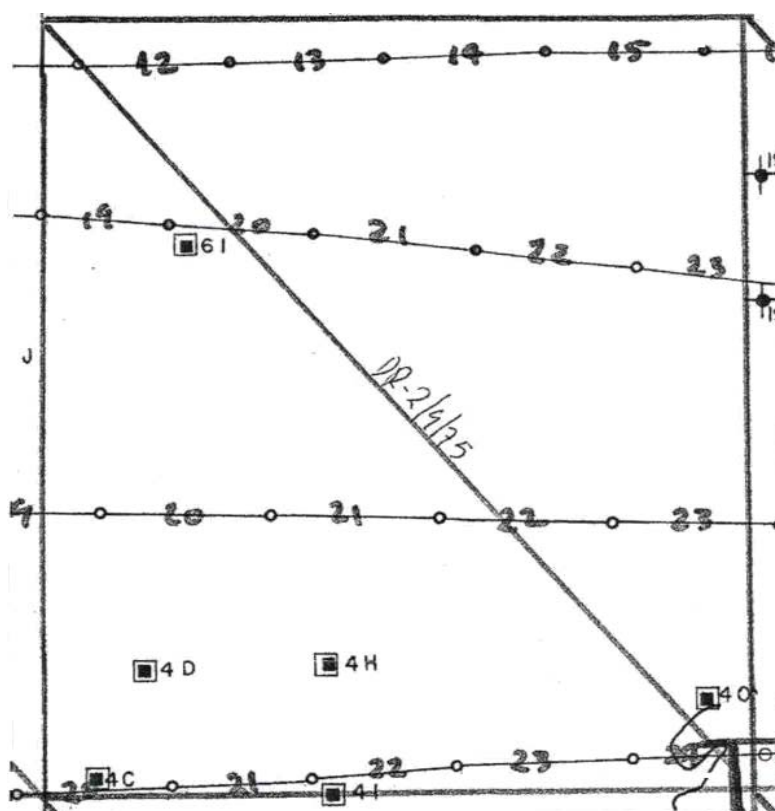
#### ANEXO IV - Receptor GPS Promark X-CM da Magellan



##### Características:

- 10 canais
- Código C/A (pseudo-distância) e fase do batimento da portadora (L1)
- Mais de 500 waypoints
- 10 rotas com 20 pernas cada
- Taxa fixa de observação - 1 segundo
- Capacidade para 9 horas de medição (rastreamento)
- 8 pilhas AA
- Precisão de 3ª ordem = 12m (método de posicionamento absoluto)
- Precisão centimétrica (15 mm +/-3ppm) ou submétrica (0.9m RMS) com a utilização de software de pós-processamento
- Antena contra multicaminhamento
- Mascara de elevação - 10 ° a 20°

ANEXO V - Projeto do apoio fotogramétrico do bloco 12 - Projeto SC-50 na escala 1:200.000 - 1975



Aproximadamente vinte e uma fotografias aéreas na escala 1: 60.000 contidas na carta na escala 1: 50.000 - Exemplo

**ANEXO VI - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em SIRGAS 2000**

| <b>Pontos</b> | <b>Latitude</b> | <b>Erro (m)</b> | <b>Longitude</b> | <b>Erro (m)</b> | <b>N</b>   | <b>E</b>  | <b>H Elip</b> | <b>Erro (m)</b> |
|---------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------|-----------|---------------|-----------------|
| PC11          | - 28 02 17,31   | 0,01            | - 49 27 43,19    | 0,01            | 6897618,64 | 651177,22 | 944,77        | 0,02            |
| PC12          | - 28 02 35,84   | 0,01            | - 49 17 06,76    | 0,01            | 6896816,33 | 668549,16 | 730,41        | 0,02            |
| PC13          | - 28 13 06,09   | 0,01            | - 49 20 08,95    | 0,02            | 6877487,00 | 663308,09 | 301,21        | 0,12            |
| PC14          | - 28 13 00,59   | 0,02            | - 49 27 24,26    | 0,02            | 6877813,46 | 651442,77 | 353,09        | 0,04            |
| PC15          | - 28 08 51,25   | 0,01            | - 49 22 15,77    | 0,01            | 6885377,46 | 659956,00 | 418,39        | 0,08            |
| PC21          | - 28 03 40,84   | 0,01            | - 49 12 19,61    | 0,01            | 6894702,67 | 676361,12 | 348,34        | 0,01            |
| PC22          | - 28 02 20,14   | 0,01            | - 49 05 05,44    | 0,01            | 6897006,04 | 688254,89 | 434,99        | 0,01            |
| PC23          | - 28 11 18,94   | 0,01            | - 49 06 02,32    | 0,02            | 6879445,63 | 686442,34 | 426,68        | 0,02            |
| PC24          | - 28 11 32,15   | 0,01            | - 49 12 50,05    | 0,01            | 6880208,07 | 675316,80 | 103,36        | 0,02            |
| PC25          | - 28 08 18,72   | 0,01            | - 49 06 56,75    | 0,01            | 6886016,08 | 685043,97 | 120,06        | 0,01            |
| PC31          | - 28 02 20,20   | 0,01            | - 48 57 10,90    | 0,01            | 6896793,53 | 701215,11 | 250,32        | 0,03            |
| PC32          | - 28 05 42,78   | 0,01            | - 48 47 18,39    | 0,01            | 6890274,47 | 717284,99 | 12,83         | 0,03            |
| PC33          | - 28 09 48,10   | 0,01            | - 48 47 10,08    | 0,01            | 6882718,17 | 717374,11 | 9,99          | 0,02            |
| PC34          | - 28 10 02,77   | 0,01            | - 48 58 30,11    | 0,01            | 6882590,75 | 698814,52 | 52,82         | 0,03            |
| PC35          | - 28 06 13,06   | 0,02            | - 48 55 09,84    | 0,02            | 6889569,31 | 704399,01 | 188,68        | 0,04            |
| PC41          | - 28 02 58,00   | 0,02            | - 48 43 10,73    | 0,01            | 6895222,16 | 724140,86 | 10,55         | 0,01            |
| PC42          | - 28 02 11,42   | 0,02            | - 48 36 45,44    | 0,01            | 6896454,54 | 734692,14 | 60,18         | 0,01            |
| PC43          | - 28 12 53,65   | 0,01            | - 48 42 21,73    | 0,01            | 6876859,90 | 725132,82 | 20,48         | 0,01            |
| PC44          | - 28 09 48,56   | 0,01            | - 48 42 51,75    | 0,01            | 6882573,47 | 724421,57 | 9,66          | 0,01            |
| PC45          | - 28 05 26,75   | 0,01            | - 48 40 01,14    | 0,01            | 6890544,90 | 729231,03 | 13,04         | 0,01            |
| PC51          | - 28 19 15,24   | 0,01            | - 49 26 30,30    | 0,01            | 6866263,22 | 652765,17 | 31636         | 0,02            |
| PC52          | - 28 16 36,59   | 0,01            | - 49 18 33,51    | 0,01            | 6870971,88 | 665819,66 | 24498         | 0,01            |
| PC53          | - 28 27 20,33   | 0,01            | - 49 18 29,14    | 0,01            | 6851155,85 | 665660,57 | 210,75        | 0,01            |
| PC54          | - 28 28 15,15   | 0,01            | - 49 27 06,85    | 0,01            | 6849658,34 | 651556,18 | 245,06        | 0,02            |
| PC55          | - 28 23 24,75   | 0,01            | - 49 23 02,58    | 0,01            | 6858509,25 | 658319,78 | 198,48        | 0,03            |
| PC61          | - 28 19 47,58   | 0,01            | - 49 09 39,50    | 0,01            | 6864880,50 | 680281,37 | 46,58         | 0,01            |
| PC62          | - 28 20 31,25   | 0,01            | - 49 00 44,85    | 0,01            | 6863305,41 | 694821,14 | 10,12         | 0,01            |
| PC63          | - 28 25 48,07   | 0,01            | - 49 10 25,14    | 0,01            | 6853803,19 | 678870,05 | 38,39         | 0,04            |
| PC64          | - 28 24 46,52   | 0,02            | - 49 02 42,72    | 0,02            | 6855500,17 | 691483,66 | 30,58         | 0,01            |
| PC65          | - 28 22 21,08   | 0,02            | - 49 06 59,40    | 0,01            | 6860088,29 | 684567,89 | 317,56        | 0,02            |
| PC71          | - 28 21 36,07   | 0,03            | - 48 58 59,20    | 0,03            | 6861262,35 | 697665,15 | 19,85         | 0,05            |
| PC72          | - 28 19 13,02   | 0,01            | - 48 50 01,80    | 0,01            | 6865412,16 | 712377,99 | 4,79          | 0,02            |
| PC73          | - 28 25 41,92   | 0,01            | - 48 47 11,31    | 0,01            | 6853355,53 | 716802,49 | 9,65          | 0,01            |
| PC74          | - 28 27 43,54   | 0,02            | - 48 58 57,96    | 0,03            | 6849949,78 | 697509,29 | 9,18          | 0,04            |
| PC75          | - 28 21 49,04   | 0,01            | - 48 54 29,33    | 0,01            | 6860738,01 | 705006,84 | 10,19         | 0,01            |
| PC81          | - 28 15 57,99   | 0,01            | - 48 42 30,11    | 0,01            | 6871189,18 | 724796,86 | 2,70          | 0,01            |
| PC82          | - 28 20 18,39   | 0,01            | - 48 42 14,79    | 0,01            | 6863164,68 | 725061,83 | 2,82          | 0,01            |
| PC91          | - 28 37 50,92   | 0,01            | - 49 29 02,28    | 0,01            | 6831976,65 | 648192,60 | 167,14        | 0,01            |
| PC92          | - 28 34 09,99   | 0,01            | - 49 19 16,61    | 0,01            | 6838564,52 | 664192,82 | 134,08        | 0,01            |
| PC93          | - 28 41 30,72   | 0,01            | - 49 19 16,08    | 0,01            | 6824998,31 | 664016,87 | 53,37         | 0,02            |
| PC94          | - 28 42 16,61   | 0,01            | - 49 27 20,33    | 0,01            | 6823763,34 | 650855,37 | 45,67         | 0,01            |
| PC95          | - 28 38 22,24   | 0,01            | - 49 23 19,93    | 0,01            | 6830891,06 | 657476,77 | 109,03        | 0,01            |
| PC101         | - 28 36 32,87   | 0,01            | - 49 14 07,97    | 0,01            | 6834045,90 | 672514,96 | 21,56         | 0,01            |
| PC102         | - 28 32 45,70   | 0,01            | - 49 04 20,65    | 0,02            | 6840792,67 | 688581,75 | 2,92          | 0,02            |

|       |               |      |               |      |            |           |       |      |
|-------|---------------|------|---------------|------|------------|-----------|-------|------|
| PC103 | - 28 41 13,07 | 0,01 | - 49 05 49,93 | 0,02 | 6825213,02 | 685906,55 | 24,25 | 0,03 |
| PC104 | - 28 41 31,72 | 0,01 | - 49 11 04,88 | 0,01 | 6824772,28 | 677348,57 | 6,45  | 0,02 |
| PC105 | - 28 38 03,16 | 0,02 | - 49 07 40,54 | 0,02 | 6831106,64 | 682995,61 | 23,23 | 0,03 |
| PC111 | - 28 31 57,57 | 0,03 | - 48 54 08,63 | 0,03 | 6841994,91 | 705243,63 | 3,01  | 0,03 |
| PC112 | - 28 33 30,13 | 0,03 | - 48 48 13,97 | 0,04 | 6838972,73 | 714833,60 | 3,04  | 0,06 |
| PC113 | - 28 36 12,50 | 0,01 | - 48 58 33,04 | 0,02 | 6834270,60 | 697922,67 | 9,98  | 0,03 |
| PC121 | - 28 48 04,96 | 0,01 | - 49 25 42,43 | 0,01 | 6813006,30 | 653370,74 | 15,49 | 0,01 |
| PC122 | - 28 48 14,84 | 0,01 | - 49 16 53,44 | 0,01 | 6812503,53 | 667708,81 | 25,44 | 0,01 |
| PC123 | - 28 56 30,60 | 0,01 | - 49 24 33,74 | 0,02 | 6797417,32 | 655024,28 | 8,44  | 0,03 |
| PC124 | - 28 52 50,81 | 0,02 | - 49 26 45,86 | 0,02 | 6804230,09 | 651535,79 | 4,48  | 0,02 |
| PC125 | - 28 50 33,65 | 0,01 | - 49 23 13,16 | 0,01 | 6808375,02 | 657355,76 | 44,47 | 0,02 |
| PC131 | - 28 45 09,56 | 0,03 | - 49 08 54,52 | 0,03 | 6818011,99 | 680782,76 | 19,88 | 0,04 |
| PC132 | - 28 46 35,82 | 0,01 | - 49 12 17,97 | 0,01 | 6815441,23 | 675223,73 | 5,96  | 0,01 |
| PC133 | - 28 48 18,15 | 0,01 | - 49 14 39,26 | 0,01 | 6812348,59 | 671345,46 | 16,11 | 0,01 |

**ANEXO VII - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em SAD69**

| Ponto | Latitude |    |       | Longitude |    |       | N          | E         | H Elip (m) | Resíduos de transformação (m) |
|-------|----------|----|-------|-----------|----|-------|------------|-----------|------------|-------------------------------|
|       |          |    |       |           |    |       |            |           |            |                               |
| PC11  | -28      | 02 | 15,51 | -49       | 27 | 41,41 | 6897662,48 | 651227,10 | 945,18     | 0,01                          |
| PC12  | -28      | 02 | 34,04 | -49       | 17 | 04,98 | 6896860,15 | 668599,06 | 730,94     | 0,01                          |
| PC13  | -28      | 13 | 4,29  | -49       | 20 | 07,17 | 6877530,83 | 663357,99 | 301,54     | 0,01                          |
| PC14  | -28      | 12 | 58,79 | -49       | 27 | 22,47 | 6877857,30 | 651492,66 | 353,33     | 0,01                          |
| PC15  | -28      | 08 | 49,46 | -49       | 22 | 13,99 | 6885421,29 | 660005,91 | 418,76     | 0,01                          |
| PC21  | -28      | 03 | 39,04 | -49       | 12 | 17,83 | 6894746,52 | 676411,02 | 348,91     | 0,01                          |
| PC22  | -28      | 02 | 18,34 | -49       | 05 | 03,67 | 6897049,90 | 688304,79 | 435,68     | 0,01                          |
| PC23  | -28      | 11 | 17,14 | -49       | 06 | 00,55 | 6879489,46 | 686492,23 | 427,21     | 0,01                          |
| PC24  | -28      | 11 | 30,35 | -49       | 12 | 48,27 | 6880251,91 | 675366,72 | 103,80     | 0,01                          |
| PC25  | -28      | 08 | 16,92 | -49       | 6  | 54,98 | 6886059,93 | 685093,88 | 120,63     | 0,01                          |
| PC31  | -28      | 02 | 18,40 | -48       | 57 | 09,13 | 6896837,39 | 701265,00 | 251,11     | 0,01                          |
| PC32  | -28      | 05 | 40,97 | -48       | 47 | 16,62 | 6890318,32 | 717334,90 | 13,68      | 0,01                          |
| PC33  | -28      | 09 | 46,30 | -48       | 47 | 08,31 | 6882762,04 | 717424,03 | 10,78      | 0,01                          |
| PC34  | -28      | 10 | 00,97 | -48       | 58 | 28,34 | 6882634,60 | 698864,44 | 53,46      | 0,01                          |
| PC35  | -28      | 06 | 11,26 | -48       | 55 | 08,07 | 6889613,16 | 704448,90 | 189,43     | 0,01                          |
| PC41  | -28      | 02 | 56,20 | -48       | 43 | 08,97 | 6895266,00 | 724190,76 | 11,5       | 0,01                          |
| PC42  | -28      | 02 | 09,62 | -48       | 36 | 43,68 | 6896498,40 | 734742,04 | 61,22      | 0,01                          |
| PC43  | -28      | 12 | 51,84 | -48       | 42 | 19,97 | 6876903,75 | 725182,73 | 21,27      | 0,01                          |
| PC44  | -28      | 09 | 46,75 | -48       | 42 | 49,99 | 6882617,32 | 724471,48 | 10,50      | 0,01                          |
| PC45  | -28      | 05 | 24,94 | -48       | 39 | 59,38 | 6890588,76 | 729280,93 | 13,99      | 0,01                          |
| PC51  | -28      | 19 | 13,45 | -49       | 26 | 28,52 | 6866307,07 | 652815,07 | 316,51     | 0,01                          |
| PC52  | -28      | 16 | 34,79 | -49       | 18 | 31,73 | 6871015,70 | 665869,57 | 245,27     | 0,01                          |
| PC53  | -28      | 27 | 18,53 | -49       | 18 | 27,36 | 6851199,70 | 665710,48 | 210,86     | 0,01                          |
| PC54  | -28      | 28 | 13,35 | -49       | 27 | 05,06 | 6849702,16 | 651606,08 | 245,06     | 0,01                          |
| PC55  | -28      | 23 | 22,95 | -49       | 23 | 00,71 | 6858553,07 | 658369,70 | 198,60     | 0,01                          |
| PC61  | -28      | 19 | 45,78 | -49       | 09 | 37,72 | 6864924,34 | 680331,28 | 46,93      | 0,01                          |
| PC62  | -28      | 20 | 29,44 | -49       | 00 | 43,08 | 6863349,25 | 694871,05 | 10,57      | 0,01                          |
| PC63  | -28      | 25 | 46,27 | -49       | 10 | 23,36 | 6853847,02 | 678919,95 | 38,64      | 0,01                          |
| PC64  | -28      | 24 | 44,71 | -49       | 02 | 40,95 | 6855544,02 | 691533,57 | 30,93      | 0,01                          |
| PC65  | -28      | 22 | 19,28 | -49       | 06 | 57,63 | 6860132,11 | 684617,81 | 317,90     | 0,01                          |
| PC71  | -28      | 21 | 34,27 | -48       | 58 | 57,43 | 6861306,21 | 697715,07 | 20,31      | 0,01                          |
| PC72  | -28      | 19 | 11,22 | -48       | 50 | 00,30 | 6865456,02 | 712427,91 | 5,39       | 0,01                          |
| PC73  | -28      | 25 | 40,11 | -48       | 47 | 09,54 | 6853399,39 | 716852,39 | 10,18      | 0,01                          |
| PC74  | -28      | 27 | 41,74 | -48       | 58 | 56,19 | 6849993,64 | 697559,21 | 9,53       | 0,01                          |
| PC75  | -28      | 21 | 47,23 | -48       | 54 | 27,56 | 6860781,85 | 705056,75 | 10,69      | 0,01                          |
| PC81  | -28      | 15 | 56,18 | -48       | 42 | 28,34 | 6871233,05 | 724846,79 | 3,45       | 0,01                          |
| PC82  | -28      | 20 | 16,58 | -48       | 42 | 13,03 | 6863208,54 | 725111,75 | 3,5        | 0,01                          |
| PC91  | -28      | 37 | 49,12 | -49       | 29 | 00,49 | 6832020,48 | 648242,51 | 166,95     | 0,01                          |
| PC92  | -28      | 34 | 8,19  | -49       | 19 | 14,83 | 6838608,36 | 664242,74 | 134,07     | 0,01                          |
| PC93  | -28      | 41 | 28,91 | -49       | 19 | 14,29 | 6825042,14 | 664066,81 | 53,24      | 0,01                          |
| PC94  | -28      | 42 | 14,81 | -49       | 27 | 18,54 | 6823807,17 | 650905,28 | 45,44      | 0,01                          |
| PC95  | -28      | 38 | 20,43 | -49       | 23 | 18,14 | 6830934,90 | 657526,67 | 108,91     | 0,01                          |
| PC101 | -28      | 36 | 31,07 | -49       | 14 | 06,19 | 6834089,75 | 672564,88 | 21,58      | 0,01                          |

|       |     |    |       |     |    |       |            |           |       |      |
|-------|-----|----|-------|-----|----|-------|------------|-----------|-------|------|
| PC102 | -28 | 32 | 43,89 | -49 | 04 | 18,88 | 6840836,53 | 688631,65 | 3,13  | 0,01 |
| PC103 | -28 | 41 | 11,27 | -49 | 05 | 48,15 | 6825256,86 | 685956,48 | 24,3  | 0,01 |
| PC104 | -28 | 41 | 29,91 | -49 | 11 | 03,09 | 6824816,13 | 677398,48 | 6,43  | 0,01 |
| PC105 | -28 | 38 | 01,35 | -49 | 07 | 38,76 | 6831150,47 | 683045,52 | 23,31 | 0,01 |
| PC111 | -28 | 31 | 55,76 | -48 | 54 | 06,86 | 6842038,74 | 705293,56 | 3,36  | 0,01 |
| PC112 | -28 | 33 | 28,32 | -48 | 48 | 12,20 | 6839016,57 | 714883,52 | 3,43  | 0,01 |
| PC113 | -28 | 36 | 10,70 | -48 | 58 | 31,27 | 6834314,46 | 697972,60 | 10,2  | 0,01 |
| PC121 | -28 | 48 | 3,15  | -49 | 25 | 40,63 | 6813050,13 | 653420,65 | 15,18 | 0,01 |
| PC122 | -28 | 48 | 13,04 | -49 | 16 | 51,65 | 6812547,35 | 667758,72 | 25,24 | 0,01 |
| PC123 | -28 | 56 | 28,79 | -49 | 24 | 31,95 | 6797461,13 | 655074,20 | 8,01  | 0,01 |
| PC124 | -28 | 52 | 49,00 | -49 | 26 | 44,06 | 6804273,93 | 651585,71 | 4,08  | 0,01 |
| PC125 | -28 | 50 | 31,85 | -49 | 23 | 11,36 | 6808418,83 | 657405,69 | 44,16 | 0,01 |
| PC131 | -28 | 45 | 07,76 | -49 | 8  | 52,74 | 6818055,83 | 680832,67 | 19,82 | 0,01 |
| PC132 | -28 | 46 | 34,02 | -49 | 12 | 16,19 | 6815485,07 | 675273,64 | 5,84  | 0,01 |
| PC133 | -28 | 48 | 16,34 | -49 | 14 | 37,47 | 6812392,42 | 671395,39 | 15,94 | 0,01 |

**ANEXO VIII - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em CHUÁ ASTRO**

| <b>CHUA</b> | <b>N(m)</b> | <b>E(m)</b> |
|-------------|-------------|-------------|
| PC11        | 6897659,48  | 651136,44   |
| PC12        | 6896857,48  | 668508,44   |
| PC13        | 6877527,48  | 663266,44   |
| PC14        | 6877854,48  | 651401,45   |
| PC15        | 6885418,78  | 659915,36   |
| PC21        | 6894743,48  | 676323,44   |
| PC22        | 6897046,48  | 688213,44   |
| PC23        | 6879486,49  | 688401,44   |
| PC24        | 6880248,48  | 675275,44   |
| PC25        | 6886056,48  | 685002,44   |
| PC31        | 6896834,49  | 701174,44   |
| PC32        | 6890315,49  | 717243,43   |
| PC33        | 6882759,49  | 717333,43   |
| PC34        | 6882631,49  | 698773,44   |
| PC35        | 6889610,49  | 704357,44   |
| PC41        | 6895263,49  | 724099,43   |
| PC42        | 6896495,49  | 734651,42   |
| PC43        | 6876900,49  | 725091,43   |
| PC44        | 6882614,49  | 724380,43   |
| PC45        | 6890585,49  | 729189,43   |
| PC51        | 6866024,52  | 652700,36   |
| PC52        | 6871012,48  | 665778,44   |
| PC53        | 6851196,48  | 665619,45   |
| PC54        | 6849699,49  | 651515,45   |
| PC55        | 6858550,49  | 658278,45   |
| PC61        | 6864921,49  | 680240,45   |
| PC62        | 6863346,49  | 694780,44   |
| PC63        | 6855541,49  | 691442,44   |
| PC64        | 6853844,49  | 678828,44   |
| PC65        | 6860129,49  | 684526,44   |
| PC71        | 6861303,49  | 697624,44   |
| PC72        | 6865453,49  | 712336,44   |
| PC73        | 6853396,49  | 716761,44   |
| PC74        | 6849990,49  | 697468,44   |
| PC75        | 6860778,49  | 704965,44   |
| PC81        | 6871230,49  | 724755,43   |
| PC82        | 6863205,49  | 725020,44   |
| PC91        | 6832017,49  | 648151,45   |
| PC92        | 6838605,49  | 664151,45   |
| PC93        | 6825039,49  | 663975,45   |
| PC94        | 6823804,49  | 650814,45   |

|       |            |           |
|-------|------------|-----------|
| PC95  | 6830931,49 | 657435,45 |
| PC101 | 6834086,49 | 672473,45 |
| PC102 | 6840833,49 | 688540,44 |
| PC103 | 6825253,49 | 685865,45 |
| PC104 | 6824813,49 | 677307,44 |
| PC105 | 6831147,49 | 682954,45 |
| PC111 | 6842035,49 | 705202,44 |
| PC112 | 6839013,50 | 714792,44 |
| PC113 | 6834311,49 | 697881,44 |
| PC121 | 6813047,49 | 653329,45 |
| PC122 | 6812544,49 | 667667,45 |
| PC123 | 6797458,49 | 654983,45 |
| PC124 | 6804270,49 | 651494,45 |
| PC125 | 6808415,49 | 657314,45 |
| PC131 | 6818052,49 | 680741,45 |
| PC132 | 6815482,49 | 675182,45 |
| PC133 | 6812389,49 | 671304,45 |



**ANEXO IX - Relação de coordenadas UTM dos pontos de teste no terreno em CÓRREGO ALEGRE**

| <b>PONTOS</b> | <b>N (m)</b> | <b>E (m)</b> |
|---------------|--------------|--------------|
| PC11          | 6897624,87   | 651231,48    |
| PC12          | 6896822,55   | 668603,44    |
| PC13          | 6877493,22   | 663362,36    |
| PC14          | 6877819,69   | 651497,04    |
| PC15          | 6885383,69   | 660010,29    |
| PC21          | 6894708,91   | 676415,40    |
| PC22          | 6897012,43   | 688309,17    |
| PC23          | 6879451,85   | 688496,61    |
| PC24          | 6880214,30   | 675371,10    |
| PC25          | 6886022,32   | 685098,26    |
| PC31          | 6896799,78   | 701269,40    |
| PC32          | 6890280,72   | 717339,29    |
| PC33          | 6882724,43   | 717428,42    |
| PC34          | 6882596,99   | 698868,83    |
| PC35          | 6889575,56   | 704453,29    |
| PC41          | 6895228,39   | 724195,16    |
| PC42          | 6896460,80   | 734.746,44   |
| PC43          | 6876.86,14   | 725187,13    |
| PC44          | 688257,71    | 724475,87    |
| PC45          | 689055,16    | 729285,33    |
| PC51          | 686626,46    | 652819,45    |
| PC52          | 6870978,09   | 665873,95    |
| PC53          | 6851162,08   | 665714,85    |
| PC54          | 6849664,54   | 651610,45    |
| PC55          | 6858515,46   | 658374,07    |
| PC61          | 6864886,73   | 680335,66    |
| PC62          | 6863311,64   | 694875,43    |
| PC63          | 6855506,40   | 691537,95    |
| PC64          | 6853809,40   | 678924,33    |
| PC65          | 6860094,50   | 684622,19    |
| PC71          | 6861268,59   | 697719,45    |
| PC72          | 6865418,41   | 712432,30    |
| PC73          | 6853361,77   | 716856,79    |
| PC74          | 6849956,02   | 697563,60    |
| PC75          | 6860744,24   | 705061,14    |
| PC81          | 6871195,43   | 724851,18    |
| PC82          | 6863170,92   | 725116,15    |
| PC91          | 6831982,86   | 648.246,88   |
| PC92          | 6838570,73   | 664247,12    |
| PC93          | 6825004,52   | 664071,19    |
| PC94          | 6823769,55   | 650909,65    |

|       |            |           |
|-------|------------|-----------|
| PC95  | 6830897,28 | 657531,04 |
| PC101 | 6834052,12 | 672569,26 |
| PC102 | 6840798,91 | 688636,03 |
| PC103 | 6825219,24 | 685960,86 |
| PC104 | 6824778,50 | 677402,86 |
| PC105 | 6831112,85 | 683049,90 |
| PC111 | 6842001,12 | 705297,95 |
| PC112 | 6838978,95 | 714887,91 |
| PC113 | 6834276,83 | 697976,99 |
| PC121 | 6813012,50 | 653425,02 |
| PC122 | 6812509,72 | 667763,10 |
| PC123 | 6797423,50 | 655078,57 |
| PC124 | 6804236,30 | 651590,08 |
| PC125 | 6808381,20 | 657410,06 |
| PC131 | 6818018,20 | 680837,05 |
| PC132 | 6815447,44 | 675278,02 |
| PC133 | 6812354,79 | 671399,77 |

**ANEXO X - Relação de coordenadas UTM das cartas analógicas em CHUÁ ASTRO**

| <b>1 - CARTA AIURE</b>        |                   |             |
|-------------------------------|-------------------|-------------|
| <b>Pontos</b>                 | <b>CHUA ASTRO</b> |             |
|                               | <b>N (m)</b>      | <b>E(m)</b> |
| PC 11                         | 6897745,00        | 651100,00   |
| PC 12                         | 6896900,00        | 668525,00   |
| PC 13                         | 6877470,00        | 663260,00   |
| PC 14                         | 6877880,00        | 651395,00   |
| PC 15                         | 6885615,00        | 659495,00   |
| <b>2 - CARTA GRÃO PARÁ</b>    |                   |             |
| <b>Pontos</b>                 | <b>CHUA ASTRO</b> |             |
|                               | <b>N (m)</b>      | <b>E(m)</b> |
| PC 21                         | 6894750,00        | 676320,00   |
| PC 22                         | 6897060,00        | 688225,00   |
| PC 23                         | 6879555,00        | 688100,00   |
| PC 24                         | 6880250,00        | 675280,00   |
| PC 25                         | 6886030,00        | 684980,00   |
| <b>3 - CARTA SÃO MARTINHO</b> |                   |             |
| <b>Pontos</b>                 | <b>CHUA ASTRO</b> |             |
|                               | <b>N(m)</b>       | <b>E(m)</b> |
| PC 31                         | 6896700,00        | 701150,00   |
| PC 32                         | 6890300,00        | 717260,00   |
| PC 33                         | 6882715,00        | 717320,00   |
| PC 34                         | 6882610,00        | 698760,00   |
| PC 35                         | 6889585,00        | 704365,00   |
| <b>4 - CARTA IMBITUBA</b>     |                   |             |
| <b>Pontos</b>                 | <b>CHUÁ ASTRO</b> |             |
|                               | <b>N(m)</b>       | <b>E(m)</b> |
| PC 41                         | 6895245,00        | 724100,00   |
| PC 42                         | 6896500,00        | 734605,00   |
| PC 43                         | 6876900,00        | 725100,00   |
| PC 44                         | 6882590,00        | 724410,00   |
| PC 45                         | 6890580,00        | 729190,00   |
| <b>5 - CARTA ORLEANS</b>      |                   |             |
| <b>Pontos</b>                 | <b>CHUA ASTRO</b> |             |
|                               | <b>N(m)</b>       | <b>E(m)</b> |
| PC 51                         | 6866290,00        | 652740,00   |
| PC 52                         | 6871000,00        | 665765,00   |
| PC 53                         | 6851180,00        | 665645,00   |
| PC 54                         | 6849300,00        | 651150,00   |
| PC 55                         | 6858610,00        | 658640,00   |

| <b>6 - CARTA TUBARÃO</b>    |                   |                 |
|-----------------------------|-------------------|-----------------|
| <b>Pontos</b>               | <b>CHUÁ ASTRO</b> |                 |
|                             | <b>N(m)</b>       | <b>E(m)</b>     |
| PC 61                       | 6864925,00        | 680255,00       |
| PC 62                       | 6863350,00        | 694775,00       |
| PC 63                       | 6855500,00        | 691430,00       |
| PC 64                       | 6853820,00        | 678780,00       |
| PC 65                       | 6860040,00        | 684525,00       |
| <b>7 - CARTA LAGUNA</b>     |                   |                 |
| <b>Pontos</b>               | <b>CHUÁ ASTRO</b> |                 |
|                             | <b>N(m)</b>       | <b>E(m)</b>     |
| PC 71                       | 6861300,00        | 697650,00       |
| PC 72                       | 6865410,00        | 712405,00       |
| PC 73                       | 6853400,00        | 716760,00       |
| PC 74                       | 6849830,00        | 697220,00       |
| PC 75                       | 6860760,00        | 704945,00       |
| <b>8 - CARTA VILA NOVA</b>  |                   |                 |
| <b>Pontos</b>               | <b>CHUÁ ASTRO</b> |                 |
|                             | <b>N(m)</b>       | <b>E(m)</b>     |
| PC 81                       | 6871220,00        | 724750,00       |
| PC 82                       | 6863210,00        | 724990,00       |
| <b>9 - CARTA CRICIÚMA</b>   |                   |                 |
| <b>Pontos</b>               | <b>CHUÁ ASTRO</b> |                 |
|                             | <b>N(m)</b>       | <b>E(m)</b>     |
| PC 91                       | 6832045,00        | 648180,00       |
| PC 92                       | 6838535,00        | 664175,00       |
| PC 93                       | 6825470,00        | 663445,00       |
| PC 94                       | 6823860,00        | 650855,00       |
| PC 95                       | 6830950,00        | 657450,00       |
| <b>10 - CARTA JAGUARUNA</b> |                   |                 |
| <b>Pontos</b>               | <b>CHUÁ ASTRO</b> |                 |
|                             | <b>N(m)</b>       | <b>Este (m)</b> |
| PC 101                      | 6834075,00        | 672475,00       |
| PC 102                      | 6840825,00        | 688550,00       |
| PC 103                      | 6825215,00        | 685880,00       |
| PC 104                      | 6824740,00        | 677355,00       |
| PC 105                      | 6831125,00        | 682980,00       |

| <b>11 - CARTA LAGOA DE GAROPABA DO SUL</b> |                   |                 |
|--|-------------------|-----------------|
| <b>Pontos</b>                              | <b>CHUÁ ASTRO</b> |                 |
|  | <b>N(m)</b>       | <b>Este (m)</b> |
| PC 111                                     | 6841975,00        | 705205,00       |
| PC 112                                     | 6838980,00        | 714775,00       |
| PC 113                                     | 6834300,00        | 697885,00       |
| <b>12 - CARTA ARARANGUÁ</b>                |                   |                 |
| <b>Pontos</b>                              | <b>CHUÁ ASTRO</b> |                 |
|  | <b>N(m)</b>       | <b>E(m)</b>     |
| PC 121                                     | 6813030,00        | 653350,00       |
| PC 122                                     | 6812595,00        | 667705,00       |
| PC 123                                     | 6797430,00        | 655025,00       |
| PC 124                                     | 6804245,00        | 651510,00       |
| PC 125                                     | 6808410,00        | 657305,00       |
| <b>13 - CARTA RINCÃO</b>                   |                   |                 |
| <b>Pontos</b>                              | <b>CHUÁ ASTRO</b> |                 |
|  | <b>N(m)</b>       | <b>E(m)</b>     |
| PC 131                                     | 6817925,00        | 680625,00       |
| PC 132                                     | 6815445,00        | 675150,00       |
| PC 133                                     | 6812372,00        | 671330,00       |

**ANEXO XI - Relação de coordenadas UTM das cartas digitais em CÓRREGO ALEGRE**

| <b>1 - CARTA AIURE</b>        |                       |             |
|-------------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>Pontos</b>                 | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |             |
|                               | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b> |
| PC 11                         | 6897752,10            | 651077,50   |
| PC 12                         | 6896892,10            | 668517,90   |
| PC 13                         | 6877486,00            | 663258,80   |
| PC 14                         | 6877883,80            | 651392,40   |
| PC 15                         | 6885645,80            | 659502,20   |
| <b>2 - CARTA GRÃO PARÁ</b>    |                       |             |
| <b>Pontos</b>                 | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |             |
|                               | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b> |
| PC 21                         | 6894772,90            | 676309,50   |
| PC 22                         | 6897049,70            | 688207,00   |
| PC 23                         | 6879453,10            | 688094,10   |
| PC 24                         | 6880254,10            | 675266,20   |
| PC 25                         | 6886013,40            | 684962,00   |
| <b>3 - CARTA SÃO MARTINHO</b> |                       |             |
| <b>Pontos</b>                 | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |             |
|                               | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b> |
| PC 31                         | 6896741,20            | 701137,40   |
| PC 32                         | 6890308,10            | 717245,70   |
| PC 33                         | 6882718,30            | 717330,00   |
| PC 34                         | 6882595,10            | 698759,00   |
| PC 35                         | 6889583,90            | 704373,90   |
| <b>4 - CARTA IMBITUBA</b>     |                       |             |
| <b>Pontos</b>                 | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |             |
|                               | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b> |
| PC 41                         | 6895273,90            | 724127,80   |
| PC 42                         | 6896512,80            | 734603,10   |
| PC 43                         | 6876882,70            | 725093,30   |
| PC 44                         | 6882596,80            | 724390,90   |
| PC 45                         | 6890573,30            | 729197,40   |
| <b>5 - CARTA ORLEANS</b>      |                       |             |
| <b>Pontos</b>                 | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |             |
|                               | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b> |
| PC 51                         | 6866288,30            | 652724,80   |
| PC 52                         | 6870977,70            | 665775,00   |
| PC 53                         | 6851192,30            | 665630,10   |
| PC 54                         | 6849312,60            | 651170,60   |
| PC 55                         | 6858641,00            | 658631,40   |

| <b>6 - CARTA TUBARÃO</b>    |                       |                 |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|
| <b>Pontos</b>               | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |                 |
|                             | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b>     |
| PC 61                       | 6864937,90            | 680263,70       |
| PC 62                       | 6863367,60            | 694786,90       |
| PC 63                       | 6855521,40            | 691445,20       |
| PC 64                       | 6853824,90            | 678795,60       |
| PC 65                       | 6860060,90            | 684539,20       |
| <b>7 - CARTA LAGUNA</b>     |                       |                 |
| <b>Pontos</b>               | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |                 |
|                             | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b>     |
| PC 71                       | 6861294,10            | 697626,80       |
| PC 72                       | 6865466,80            | 712333,40       |
| PC 73                       | 6853356,90            | 716750,40       |
| PC 74                       | 6849833,45            | 697214,35       |
| PC 75                       | 6860780,80            | 704936,40       |
| <b>8 - CARTA VILA NOVA</b>  |                       |                 |
| <b>Pontos</b>               | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |                 |
|                             | <b>N(m)</b>           | <b>Este (m)</b> |
| PC 81                       | 6871226,60            | 724741,10       |
| PC 82                       | 6863236,20            | 724959,00       |
| <b>9 - CARTA CRICIÚMA</b>   |                       |                 |
| <b>Pontos</b>               | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |                 |
|                             | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b>     |
| PC 91                       | 6832028,40            | 648156,40       |
| PC 92                       | 6838514,30            | 664149,90       |
| PC 93                       | 6825510,40            | 663427,70       |
| PC 94                       | 6823895,10            | 650847,30       |
| PC 95                       | 6830946,30            | 657439,50       |
| <b>10 - CARTA JAGUARUNA</b> |                       |                 |
| <b>Pontos</b>               | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |                 |
|                             | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b>     |
| PC 101                      | 6834084,00            | 672488,90       |
| PC 102                      | 6840815,50            | 688548,30       |
| PC 103                      | 6825243,30            | 685875,40       |
| PC 104                      | 6824770,50            | 677345,10       |
| PC 105                      | 6831141,60            | 682980,00       |

| <b>11 - CARTA LAGOA DE GAROPABA DO SUL</b> |                       |             |
|--|-----------------------|-------------|
| <b>Pontos de Carta</b>                     | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |             |
|  | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b> |
| PC 111                                     | 6841969,90            | 705212,20   |
| PC 112                                     | 6838990,50            | 714805,90   |
| PC 113                                     | 6834286,80            | 697873,40   |
| <b>12 - CARTA ARARANGUÁ</b>                |                       |             |
| <b>Pontos</b>                              | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |             |
|  | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b> |
| PC 121                                     | 6813040,20            | 653343,80   |
| PC 122                                     | 6812579,90            | 667694,20   |
| PC 123                                     | 6797438,40            | 655015,70   |
| PC 124                                     | 6804240,60            | 651500,80   |
| PC 125                                     | 6808395,60            | 657301,10   |
| <b>13 - CARTA RINCÃO</b>                   |                       |             |
| <b>Pontos</b>                              | <b>CÓRREGO ALEGRE</b> |             |
|  | <b>N(m)</b>           | <b>E(m)</b> |
| PC 131                                     | 6817934,60            | 680645,20   |
| PC 132                                     | 6815461,00            | 675154,80   |
| PC 133                                     | 6812371,50            | 671329,30   |



**ANEXO XII - Decreto Nº. 89817/84 - Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da  
Cartografia Nacional**

“Estabelece as Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da Cartografia Nacional”.

DECRETA:

**CAPÍTULO I**

*Disposições Iniciais*

Art. 1º - Este decreto estabelece as normas a serem observadas por todas as entidades públicas e privadas produtoras e usuárias de serviços cartográficos, de natureza cartográfica e atividades correlatas, sob a denominação de Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

Art. 2º - As Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional se destinam a estabelecer procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de normas da Cartografia Nacional, bem como padrões mínimos a serem adotados no desenvolvimento das atividades cartográficas.

Art. 3º - As entidades responsáveis pelo estabelecimento de normas cartográficas, obedecidas as presentes instruções, apresentarão suas normas à Comissão de Cartografia – COCAR para homologação e inclusão na Coletânea Brasileira de Normas Cartográficas.

Art. 4º - As normas cartográficas, legalmente em vigor nesta data, serão homologadas como Normas Cartográficas Brasileiras, após apresentação à COCAR e devido registro.

Art. 5º - Para efeito destas Instruções, define-se:

I – Em caráter geral:

1 - *Serviço Cartográfico ou de Natureza Cartográfica* – é toda operação de representação da superfície terrestre ou parte dela, através de imagens, cartas, plantas e outras formas de expressão afins, tais como definidas no art. 6.o do DL 243/67 e seus parágrafos.

2 - *Atividade correlata* – toda ação, operação ou trabalho destinado a apoiar ou implementar um serviço cartográfico ou de natureza cartográfica, tal como mencionada no parágrafo único do art. 2.º do Decreto-lei nº 243/67.

II - Quanto à finalidade:

1 - *Norma Cartográfica Brasileira - NCB –xx* – denominação genérica atribuída a todo e qualquer documento normativo, homologado pela COCAR, integrando a Coletânea Brasileira de Normas Cartográficas.

2 - *Norma Técnica para Cartas Gerais - NCB* - documento normativo elaborado pelos órgãos previstos nos incisos 1 e 2 do § 1.º do artigo 15 do Decreto-Lei nº. 243/67.

3 - *Norma Técnica para Cartas Náuticas - NCB - NM* - documento normativo elaborado pelo órgão competente do Ministério da Marinha, na forma do art. 15 do DL 243/67.

4 - *Norma Técnica para Cartas Aeronáuticas - NCB-AV* - documento normativo elaborado pelo órgão competente do Ministério da Aeronáutica, na forma do art. 15 do DL 243/67.

5 - *Norma Técnica para Cartas Temáticas - NCB-Tx* – documento normativo elaborado pelo órgão público federal interessado, conforme competência atribuída pelo art. 15 do DL 243/67.

6 - *Norma Técnica para Cartas Especiais - NCB-Ex* - documento normativo elaborado pelo órgão público federal interessado, conforme competência atribuída pelo art. 15 do DL 243/67.

7 - *Norma Cartográfica Geral - NCB - Cx* - Documento normativo de caráter geral, não incluído na competência prevista no art. 15 do DL 243/67, elaborado pela Comissão de Cartografia ou por integrante do Sistema Cartográfico Nacional, aprovado e homologado pela COCAR.

8 - *Prática Recomendada pela COCAR – PRC-xx* – especificação, procedimento ou trabalho decorrente de pesquisa, sem força de norma, porém considerado e homologado pela COCAR como útil e recomendável, contendo citação obrigatória da autoria, incluída na Coletânea Brasileira de Normas Cartográficas.

III - Quanto à natureza:

1 - *Norma Cartográfica de Padronização* – documento normativo destinado ao estabelecimento de condições a serem satisfeitas, uniformizando as características físicas, geométricas e geográficas dos componentes, parâmetros e documentos cartográficos.

2 - *Norma Cartográfica de Classificação* – documento normativo destinado a designar, ordenar, distribuir ou subdividir conceitos ou objetos.

3 - *Norma Cartográfica de Terminologia* – documento normativo destinado a definir, relacionar ou conceituar termos e expressões técnicas, visando o estabelecimento de uma linguagem uniforme.

4 - *Normas Cartográfica de Simbologia* – documento normativo destinado a estabelecer símbolos e abreviaturas, para representação gráfica de acidentes naturais e artificiais.

5 - *Norma Cartográfica de Especificação* – documento normativo destinado a estabelecer condições exigíveis para execução, aceitação ou recebimento de trabalhos cartográficos, observados os padrões de precisão exigidos.

6 - *Norma Cartográfica de Procedimento* - documento normativo destinado a estabelecer condições:

- a) para execução de projetos, serviços e cálculos;
- b) para emprego de instrumental, material e produtos decorrentes;
- c) para elaboração de documentos cartográficos;
- d) para segurança no uso de instrumental, instalações e execução de projetos e serviços.

7 - *Norma Cartográfica de Método de Ensaio ou Teste* – documento normativo destinado a prescrever a maneira de verificar ou determinar características, condições ou requisitos exigidos de:

- a) material ou produto, segundo sua especificação;
- b) serviço cartográfico, obra, instalação, segundo o respectivo projeto;
- c) método ou área de teste ou padronização, segundo suas finalidades e especificações.

8 - *Norma Geral* – é a que, por sua natureza, abrange mais de um dos tipos anteriores.

Art. 6º – As Normas Cartográficas que não se enquadram nas disposições do art. 15 do DL 243/67, serão estabelecidas pela Comissão de Cartografia – COCAR, por proposta apresentada em Plenário ou através da Secretaria-Executiva da COCAR.

Art. 7º - As cartas em escalas superiores a 1/25. 000 terão articulação, formato e sistema de projeção regulados por norma própria, nos termos do art. 15 do DL 243/67.

§ Único - Tratando-se de grandes áreas ou extensas regiões, as cartas de que trata o presente artigo terão tratamento sistemático, observadas as normas a respeito.

## CAPÍTULO II

### *Especificações Gerais*

#### SEÇÃO 1

##### *Classificação de uma Carta quanto à Exatidão*

Art. 8º – As cartas quanto à sua exatidão devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, segundo o critério abaixo indicado:

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

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

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

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

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

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

## SEÇÃO 2

### *Classe de Cartas*

Art. 9º - As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C, segundo os critérios seguintes:

#### a) Classe A

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

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

#### b) Classe B

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

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

#### c) Classe C

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

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

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

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

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

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

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

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

### CAPÍTULO III

#### *Elementos Obrigatórios de uma Carta*

Art. 12º - A folha de uma carta deve ser identificada pelo índice de Nomenclatura e número do mapa-índice da série respectiva, bem como por um título correspondente ao topônimo representativo do acidente geográfico mais importante da área.

Art. 13º - Cada carta deve apresentar, no rodapé ou campos marginais, uma legenda com símbolos e convenções cartográficas, de acordo com a norma respectiva.

§ Único – O rodapé e campos marginais devem conter as informações prescritas nas normas relativas à carta em questão, apresentando, no mínimo, os elementos prescritos nestas instruções.

Art. 14º – A escala numérica, bem como a escala gráfica, devem ser apresentadas sempre, acompanhadas de indicação da equidistância entre as curvas de nível e escala de declividade, de acordo com a norma respectiva.

Art. 15º – Os referenciais planimétrico e altimétrico do sistema de projeção utilizado devem ser citados, bem como as suas constantes, a convergência meridiana, a declinação magnética para o ano de edição e sua variação anual, de acordo com a norma respectiva.

Art. 16 - O relevo deve ser representado por curvas de nível, ou hachuras, ou pontos-cotados, ou em curvas de nível com pontos cotados, segundo as normas relativas à carta em questão, admitindo-se, quando for o caso, o relevo sombreado como elemento subsidiário.

Art. 17 - A quadriculação quilométrica ou sexagesimal, ou ambas, devem ser usadas, com apresentação das coordenadas geodésicas dos quatro cantos da folha, de acordo com a norma respectiva.

Art.18º - O esquema de articulação das folhas adjacentes, bem como um diagrama da situação da folha no Estado, na região ou no país, devem ser usados conforme a escala e de acordo com a norma respectiva.

Art. 19º - É obrigatória a citação do ano de edição, bem como das datas de tomada de fotografias, trabalhos de campo e restituição, ou compilação, citando-se os órgãos executores das diversas fases.

§ Único – Nas cartas produzidas por compilação é obrigatória a citação da fonte e do órgão produtor dos documentos de natureza cartográfica, utilizados em sua elaboração.

Art. 20 - Nas unidades de medida, deve ser adotado o Sistema Internacional de Unidades - SI, - nos termos da Legislação Metrológica Brasileira.

§ Único – Em casos especiais e para atender compromissos internacionais, admite-se o uso de unidades de medida estrangeiras, devendo constar, neste caso, a unidade usado, em lugar bem visível e destacado na carta.

#### CAPÍTULO IV

##### *Do Sistema Geodésico Brasileiro*

Art. 21º - Os referenciais planimétrico e altimétrico para a Cartografia Brasileira são aqueles que definem o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, conforme estabelecido pela Fundação Instituto Brasileiro Geografia e Estatística - IBGE, em suas especificações e normas. (Redação dada pelo Decreto nº. 5.334, de 2005)

Art. 22º - (Revogado pelo Decreto nº. 5.334, de 2005).

#### CAPÍTULO V

##### *Especificações Gerais das Normas Cartográficas Brasileiras*

Art. 23º - As entidades responsáveis pelo estabelecimento de normas cartográficas obedecerão, em sua apresentação, ao prescrito nestas Instruções Reguladoras.

§ Único - As entidades que, em virtude de acordo internacional ou norma interna específica, devam usar forma e estilo próprios, poderão fazê-lo, obedecida a conceituação prevista nestas Instruções.

Art. 24º - Uma Norma Cartográfica Brasileira será constituída de identificação, elementos preliminares, texto e informações complementares.

Art. 25 - A identificação deve abranger: título e tipo, conforme definido no art. 5.o; identificação da instituição que elabora a norma; ano de publicação; classificação e numeração. Art. 26 – O título deve ser tão conciso quanto o permitam a clareza e distinção, observadas as diretrizes da Comissão de Cartografia - COCAR - estabelecidas através de Resolução.

Art. 27º - O texto deve conter as prescrições da norma, apresentando-se subdividido em capítulos, seções e eventualmente alíneas e subalíneas, e incluindo, quando necessários, figuras, tabelas, notas e anexos.

§ Único - A comissão de Cartografia – COCAR - regulará, através de Resolução, a estrutura do texto das Normas Cartográficas Brasileiras, bem como sua capitulação e apresentação gráfica.

Art. 28º - A redação de normas tem estilo próprio, lingüisticamente correto, sem preocupações literárias e tanto quanto possível uniforme. A qualidade essencial é a clareza do texto, para evitar interpretações ambíguas.

Art. 29º - As unidades e a grafia de números e símbolos a serem utilizadas nas normas serão as previstas na Legislação Metrológica Brasileira.

§ Único - As normas que, em virtude de acordo internacional, devam usar unidades estranhas à Legislação Metrológica Brasileira deverão fazê-las acompanhar, entre parênteses, das unidades legais brasileiras equivalentes.

## CAPÍTULO VI

### *Disposições Finais*

Art. 30º - O Sistema Cartográfico Nacional deverá adaptar-se, no prazo de um ano, aos padrões estabelecidos neste Decreto.

Art. 31º - No prazo de um ano, a contar da publicação do presente Decreto, as entidades responsáveis pela elaboração de normas cartográficas deverão remetê-las à Comissão de Cartografia (COCAR).

Parágrafo único - O prazo de que trata este artigo poderá ser prorrogado, mediante resolução da COCAR, para atender pedido fundamentado de entidade interessada.

Art. 32º - Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Brasília, 20 de junho de 1984; 163.o da Independência e 96.o da República.

*JOÃO FIGUEIREDO*

*DELFIN NETTO*



## ANEXO XIII - Croqui de rastreamento de satélites GPS - Exemplo

| IBGE<br>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |                  | RASTREIO DE SATÉLITES GPS<br>REGISTRO DE DADOS DE CAMPO |              |                            |        |     |
|---|------------------|---|--------------|----------------------------|--------|-----|
| Estação: PC 53  | Arquivo n°:      | Faixa: 09-A   | Foto: 15     | Folha MI: 2924-3           |        |     |
| Projeto:  | Local: FORQUILHA | Município: TREVISO                                      |              | UF: SC                     |        |     |
| Inscrição Na Chapa do Marco: PIQUETE                    | Data: 23/7/2005  | Dia Juliano: 204  |              | Operador: GASPARE/LUCAS    |        |     |
| Receptor: MABELLAN 3H 000544                            | Antena: TRIMBASE | Modelo: S/N   | N° de Série: | Intervalo de Gravação: 01" |        |     |
| POSIÇÃO DA ESTAÇÃO                                      |                  |   |              |                            |        |     |
| Coordenadas   | Latitude         | Longitude   |              | Altitude                   |        |     |
| Inicial Aprox.:   | 28°28'25"        | 049°27'11"  |              | 244 m                      |        |     |
| Final Calculada:  |                  |   |              |                            |        |     |
| SESSÕES DE RASTREIO                                     |                  |   |              |                            |        |     |
| Numeração das Sessões                                   | Sessão N°        | 1   | Sessão N°    | Sessão N°                  |        |     |
| Dados:  | Início           | Fim   | Início       | Fim                        | Início | Fim |
| Horário Observado                                       | 13:05            | 14:06   |              |                            |        |     |
| Alt. Vertical Antena:                                   | 2.45             | 2.45  |              |                            |        |     |
| Alt. Inclinação Antena:                                 | -                |   |              |                            |        |     |
| PDOP:   | 2.7              | 3.4   |              |                            |        |     |
| Descrição do Ponto:                                     | Croqui do Ponto: |   |              |                            |        |     |
| <p>MEBIDO NA PONTA NE<br/>DA BIFURCAÇÃO DAS R3.</p>     |                  |   |              |                            |        |     |
| Diagrama de Altura da Antena:                           |                  |   |              |                            |        |     |
|   |                  |   |              |                            |        |     |
| Base Nivelante  |                  |   |              |                            |        |     |
| <input type="checkbox"/> SIM                            |                  |   |              |                            |        |     |
| <input checked="" type="checkbox"/> NÃO                 |                  |   |              |                            |        |     |

ANEXO XIV - Tela do processamento de dados GPS - Exemplo

Survey Project Manager - 209pl.spr

Edit Run View Tools Window Help

Process Map View

670000 E 690000 E 710000 E

6850000 N

0144 0219 0244 PC61 PC62 PC63 PC64 PC65 PC74

| From - To   | Observed           | QA   | Sol.    | Delta X    | 95% Err. | Delta Y    | 95% Err. | Delta Z    | 95% Err. | Length    | 95% Err. | Span     | SVs | PDOP | Meas. Type |
|-------------|--------------------|------|---------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|-----------|----------|----------|-----|------|------------|
| PC61 - PC74 | 28/7/2005 15:03:11 | Fail |         | 24267.162  | 0.077    | 28030.329  | 0.078    | -9579.893  | 0.079    | 38293.196 | 0.135    | 00:17:30 | 7   | 1.8  | L1 GPS     |
| 0144 - PC61 | 28/7/2005 14:20:13 |      |         | 6143.154   | 0.011    | 4172.173   | 0.010    | 2128.872   | 0.010    | 7725.119  | 0.018    | 01:00:28 | 8   | 1.5  | L1 GPS     |
| 0144 - PC74 | 28/7/2005 15:03:11 | Fail | Partial | 30410.295  | 0.100    | 32202.512  | 0.105    | -7451.010  | 0.102    | 44914.423 | 0.177    | 00:30:18 | 10  | 1.4  | L1 GPS     |
| 0144 - PC62 | 28/7/2005 08:53:14 | Fail |         | 16709.123  | 0.044    | 14215.795  | 0.045    | 962.921    | 0.045    | 21959.299 | 0.077    | 01:45:59 | 6   | 1.9  | L1 GPS     |
| 0144 - PC63 | 28/7/2005 12:55:25 |      |         | 1749.194   | 0.015    | 7356.129   | 0.014    | -7631.057  | 0.014    | 10742.688 | 0.025    | 00:54:17 | 8   | 1.3  | L1 GPS     |
| 0144 - PC64 | 28/7/2005 11:12:23 | Fail | Partial | 11848.787  | 0.045    | 14917.976  | 0.043    | -5960.820  | 0.052    | 19961.742 | 0.082    | 00:55:05 | 7   | 1.7  | L1 GPS     |
| 0219 - PC61 | 28/7/2005 14:20:13 | Fail |         | -20436.046 | 0.036    | -14739.585 | 0.034    | -4298.432  | 0.034    | 25560.983 | 0.060    | 01:00:28 | 8   | 1.5  | L1 GPS     |
| 0219 - PC62 | 28/7/2005 09:01:07 |      |         | -9870.059  | 0.014    | -4695.952  | 0.013    | -5464.414  | 0.013    | 12220.059 | 0.023    | 01:38:06 | 7   | 1.9  | L1 GPS     |
| 0219 - PC63 | 28/7/2005 12:55:25 |      |         | -24829.995 | 0.042    | -11555.614 | 0.041    | -14058.354 | 0.042    | 30784.707 | 0.072    | 00:55:11 | 7   | 1.4  | L1 GPS     |
| 0219 - PC64 | 28/7/2005 11:12:23 | Fail |         | -14730.208 | 0.040    | -3993.757  | 0.040    | -12388.175 | 0.041    | 19656.958 | 0.070    | 00:55:05 | 6   | 1.8  | L1 GPS     |
| 0219 - PC74 | 28/7/2005 15:03:11 | Fail | Partial | 3831.131   | 0.045    | 13290.733  | 0.048    | -13878.329 | 0.046    | 19594.110 | 0.080    | 00:30:18 | 10  | 1.3  | L1 GPS     |
| 0219 - 0144 | 28/7/2005 14:03:47 | Fail |         | -26579.197 | 0.047    | -18911.754 | 0.047    | -6427.296  | 0.046    | 33247.831 | 0.081    | 01:56:32 | 9   | 1.3  | L1 GPS     |
| 0219 - 0144 | 28/7/2005 09:01:07 |      |         | -26579.162 | 0.026    | -18911.780 | 0.025    | -6427.338  | 0.025    | 33247.826 | 0.044    | 04:48:35 | 9   | 1.5  | L1 GPS     |
| 0219 - 0244 | 28/7/2005 09:50:54 |      |         | 1933.943   | 0.019    | 16324.642  | 0.019    | -20379.793 | 0.019    | 26183.392 | 0.033    | 06:09:25 | 11  | 1.2  | L1 GPS     |
| 0244 - PC61 | 28/7/2005 14:20:13 | Fail |         | -22370.005 | 0.058    | -31064.213 | 0.056    | 16081.384  | 0.057    | 41521.240 | 0.099    | 01:00:28 | 8   | 1.5  | L1 GPS     |
| 0244 - PC62 | 28/7/2005 09:50:54 | Fail | Float   | -11804.225 | 0.121    | -21020.995 | 0.121    | 14915.452  | 0.125    | 28349.466 | 0.212    | 00:48:19 | 6   | 1.9  | L1 GPS     |
| 0244 - PC63 | 28/7/2005 12:55:25 | Fail |         | -26763.914 | 0.055    | -27880.256 | 0.054    | 6321.447   | 0.054    | 39160.905 | 0.094    | 00:55:11 | 8   | 1.3  | L1 GPS     |
| 0244 - PC64 | 28/7/2005 11:12:23 | Fail |         | -16664.158 | 0.055    | -20318.391 | 0.055    | 7991.637   | 0.056    | 27466.296 | 0.096    | 00:55:05 | 7   | 1.7  | L1 GPS     |
| 0244 - PC74 | 28/7/2005 15:03:11 |      |         | 1897.173   | 0.015    | -3033.901  | 0.015    | 6501.498   | 0.015    | 7421.138  | 0.026    | 00:30:18 | 10  | 1.4  | L1 GPS     |
| 0244 - 0144 | 28/7/2005 14:03:47 | Fail |         | -28513.132 | 0.095    | -35236.410 | 0.095    | 13952.507  | 0.095    | 47426.530 | 0.164    | 01:56:35 | 9   | 1.3  | L1 GPS     |
| 0244 - 0144 | 28/7/2005 09:50:54 | Fail |         | -28512.833 | 0.095    | -35235.980 | 0.096    | 13952.162  | 0.095    | 47425.929 | 0.165    | 03:58:48 | 6   | 1.6  | L1 GPS     |

Files Observations Sites Control Sites Vectors Repeat Vectors Loop Closure Control Tie Adjustment Analysis Network Rel. Accuracy

Local (UTC-3.0) 28/7/2005 11:45:23 AM Univ. Transverse Merc. (S) Meters NUM

vicar E:\sc25pl\204 Re: Relatório de pont... Survey Project Mana... imagem - Paint Desktop 2:50 PM

## ANEXO XV - Relatório do processamento de dados GPS - Exemplo

### Site Positions

200pl

**Horizontal Coordinate System:** Univ. Transverse Merc. (S)    **Date:**  
 12/26/05  
**Height System:** Ellips. Ht.    **Project file:**  
 200pl.spr  
**Desired Horizontal Accuracy:** 0.020m + 1ppm  
**Desired Vertical Accuracy:** 0.040m + 2ppm  
**Confidence Level:** 95% Err.  
**Linear Units of Measure:** Meters

| Site<br>Position<br>ID | Site Descriptor | Position    | 95%<br>Error | Fix<br>Status |
|------------------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|
| 1 0121<br>Adjusted     | East.           | 659452.829  | 0.000        | Fixed         |
|                        | Nrth.           | 6898540.189 | 0.000        | Fixed         |
|                        | Elev.           | 1015.915    | 0.000        | Fixed         |
| 2 0228<br>Adjusted     | East.           | 710690.615  | 0.000        | Fixed         |
|                        | Nrth.           | 6900746.610 | 0.000        | Fixed         |
|                        | Elev.           | 415.901     | 0.000        | Fixed         |
| 3 PC12<br>Adjusted     | East.           | 668549.158  | 0.009        |               |
|                        | Nrth.           | 6896816.326 | 0.009        |               |
|                        | Elev.           | 730.408     | 0.018        |               |
| 4 PC14<br>Adjusted     | East.           | 659956.004  | 0.010        |               |
|                        | Nrth.           | 6885377.459 | 0.010        |               |
|                        | Elev.           | 418.395     | 0.078        |               |
| 5 PC15<br>Adjusted     | East.           | 663308.087  | 0.017        |               |
|                        | Nrth.           | 6877487.004 | 0.014        |               |
|                        | Elev.           | 301.211     | 0.124        |               |

|   | <u>Site ID</u> | <u>Site Descriptor</u> | <u>Convergence</u> | <u>Scale Factor</u> | <u>Elevation Factor</u> |
|---|----------------|------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| 1 | 0121           |                        | - 0 45.743         | 0.99991382          | 0.99984045              |
| 2 | 0228           |                        | - 1 00.379         | 1.00014792          | 0.99993467              |
| 3 | PC12           |                        | - 0 48.383         | 0.99995064          | 0.99988528              |
| 4 | PC14           |                        | - 0 46.117         | 0.99991579          | 0.99993428              |
| 5 | PC15           |                        | - 0 47.223         | 0.99992916          | 0.99995269              |