



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas

JOÃO BOSCO NOGUEIRA JÚNIOR

**CONTROLE DE QUALIDADE DE
PRODUTOS CARTOGRÁFICOS:**
uma proposta metodológica

**Presidente Prudente
2003**

JOÃO BOSCO NOGUEIRA JÚNIOR

**CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS
CARTOGRÁFICOS:**
uma proposta metodológica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadores:

Prof. Dr. João Francisco Galera Monico

Profa. Dra. Vilma Mayumi Tachibana

**Presidente Prudente
2003**

N712c

Nogueira Júnior, João Bosco.

Controle de qualidade de produtos cartográficos: uma proposta metodológica / João Bosco Nogueira Júnior. - Presidente Prudente: [s.n.], 2003

147 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente.

Orientador: João Francisco Galera Monico

Co-Orientadora: Vilma Mayumi Tachibana

1. Padrão de exatidão cartográfica (PEC). 2. Cartografia digital. 3. Qualidade posicional. I. João Bosco Nogueira Júnior. II. Título.

CDD (18.ed.) 623.71

JOÃO BOSCO NOGUEIRA JÚNIOR

**CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS
CARTOGRÁFICOS:**
uma proposta metodológica

COMISSÃO EXAMINADORA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

Professor Dr. Leonardo Castro de Oliveira
Examinador - IME

Professor Dr. Paulo de Oliveira Camargo
Examinador - FCT/UNESP

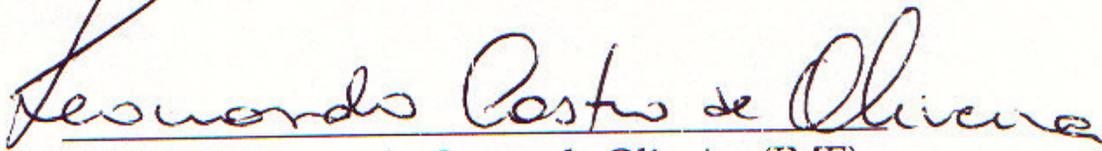
Professor Dr. João Francisco Galera Monico
Presidente e Orientador - FCT/UNESP

Presidente Prudente - SP, junho de 2003

COMISSÃO EXAMINADORA



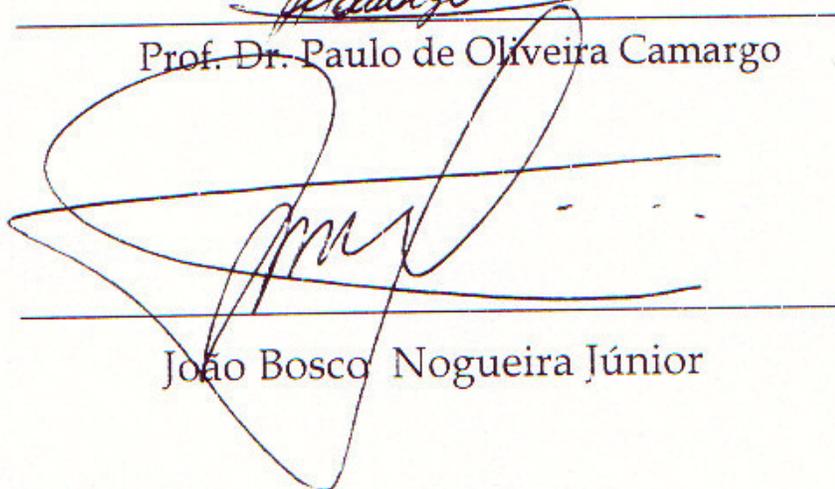
Prof. Dr. João Francisco Galera Monico
(Orientador)



Prof. Dr. Leonardo Castro de Oliveira (IME)



Prof. Dr. Paulo de Oliveira Camargo



João Bosco Nogueira Júnior

Presidente Prudente (SP), 26 de junho de 2003.

Resultado: APROVADO

DADOS CURRICULARES

JOÃO BOSCO NOGUEIRA JÚNIOR

Nascimento 31/12/1969 – Raul Soares - MG.

Filiação João Bosco Nogueira.
Matildes Barbosa Nogueira.

1993 – 2000 Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica.
Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP.

2001 – 2003 Curso de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, nível de
Mestrado.
Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP.

DEDICATÓRIA

À minha mãe, pela educação, perseverança e exemplo de vida.

À minha esposa Déborah Maria Monteiro Machado Nogueira, pela paciência e principalmente pelo seu incontestável amor.

Aos meus irmãos que sempre torceram por mim e pela conclusão de mais uma etapa em nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Francisco Galera Monico, pelas críticas, sugestões, ensinamentos, principalmente por se empenhar em levar adiante essa nossa tarefa acreditando e confiando no nosso êxito.

À minha co-orientadora, Profa. Dra. Vilma Mayumi Tachibana, que sempre esteve pronta a nos ajudar com os desenvolvimentos estatísticos que foram de grande valia para os nossos estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro em parte desse trabalho, o que foi de grande valia para conclusão do mesmo.

À FUNDUNESP pela oportunidade dada para trabalharmos no Projeto Sistema Integrado de Gestão do Sistema Tietê – Paraná (SIGEST-STP), ao Dr. Antônio Camargo Júnior, por ter autorizado a utilização dos dados e divulgação dos resultados obtidos no controle de qualidade efetuado nas bases cartográficas envolvidas nesse Projeto.

Ao Eng. Cartógrafo Adilson Piveta, do Instituto de Terras de São Paulo (ITESP), aos amigos, Engenheiros Cartógrafos Ítalo Tsuchiya e Zaqueu de Jesus Rodrigues, pelas informações referentes à questões relacionadas com alguns softwares necessários à execução desse trabalho.

Ao meu sogro Raul Machado Filho e minha sogra Vera Lúcia Monteiro Machado por terem acolhido minha esposa em sua casa dando-nos condições para que pudéssemos chegar até aqui.

Zá, pelo apoio e companheirismo durante todas as fases do trabalho.

Ao Prof. Msc. Otávio Yassuo Itame, pelo companheirismo, amizade, confiança, ajuda pessoal e profissional que teve para conosco desde a graduação até hoje .

Aos colegas de curso, república e sala de permanência, valeu pela companhia, paciência, etc.....

Aos professores e funcionários do Departamento de Cartografia e do PPGCC, funcionários da FCT e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram com mais uma etapa em nossas vidas.

EPÍGRAFE

“Quando se trava uma luta prolongada, tenaz e apaixonada começam a delinear-se, geralmente ao fim de certo tempo, os pontos de divergência centrais, essenciais, de cuja solução depende o resultado definitivo da campanha, e em comparação com os quais os episódios menores e insignificantes da luta passam cada vez mais para o segundo plano. “

V. I. Lênin

NOGUEIRA JÚNIOR, J. B. N. **CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS: uma proposta metodológica.** Presidente Prudente: [s.n.], 2003. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Presidente Prudente.

RESUMO

O controle de qualidade (CQ) de dados cartográficos é uma atividade de extrema importância dentro das Ciências Cartográficas. Envolve, em geral, a análise de 7 elementos, dentre eles a qualidade posicional do produto cartográfico. No Brasil, a análise da qualidade posicional é baseada no PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica), contida no Decreto Lei 89.817 de 20/06/1984, o qual foi concebido quando se tinha disponível apenas tecnologia para gerar produtos analógicos. A realidade hoje é outra, já que a cartografia digital tem praticamente substituído a analógica. Os objetivos principais deste trabalho são os seguintes: investigar os problemas relacionados ao controle de qualidade tendo em vista a cartografia digital, incluindo o Decreto Lei 89.817; apresentar um estudo detalhado sobre amostragem, visando identificar o número de pontos necessários no controle de qualidade posicional baseado em fundamentos científicos. A metodologia proposta consiste em aplicar estudos sobre amostragem e testes estatísticos de análise de tendência e precisão a dados disponíveis e com isso determinar procedimentos e rotinas ideais para avaliar, não só a qualidade posicional, mas também da linhagem, fidelidade de atributos, completeza, consistência lógica, fidelidade à semântica e temporalidade.

Palavras-chaves: Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC); cartografia digital; precisão; acurácia

NOGUEIRA JÚNIOR, J. B. N. **CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS: *uma proposta metodológica***. Presidente Prudente: [s.n.], 2003. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Presidente Prudente.

ABSTRACT

The quality control (CQ) of cartographic data is an activity of great value in the field of Cartographic Sciences. It involves, generally, the analysis of 7 elements, among them the positional quality of the cartographic product. In Brazil, it is based in Brazilian Cartographic Accuracy Standard contained in the Decree Law 89.817 of 06/20/1984, conceived in the moment that only analogical products were available. Nowadays, the reality is different, because the digital cartography has been substituting the analogical one. The main objectives of this work are the following ones: (a) to investigate the problems related for digital cartography's quality control, including the Decree 89.817; (b) to present a detailed study on sampling, concerning to identify the amount points of necessary in the quality control based on scientific foundations. The proposed methodology consists in applying studies on sampling, statistical tests tendency and precision analysis for available data and, thereafter, to determine procedures and suitable routines for evaluating not only the positional quality but also lineage, attribute accuracy, completeness, logical consistency, semantic accuracy and temporal information.

Keywords: Cartographic Accuracy Standard; digital cartography; precision; accuracy

3	TEORIA DE AMOSTRAGEM.....	53
3.1	Tipos de Amostragem.....	53
3.1.1	Amostragem Sistemática.....	54
3.1.2	Amostragem Por Meio de Conglomerados.....	54
3.1.3	Amostragem Estratificada	55
3.1.4	Amostragem Múltipla.....	55
3.1.5	Amostragem Casual Simples	56
3.2	Tamanho da Amostra para Avaliação de Produtos Cartográficos.....	56
3.2.1	Considerações Sobre a Definição do Tamanho da Amostra.....	65
4	PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CONTROLE DE QUALIDADE	
	POSICIONAL.	68
4.1	Proposta Metodológica.....	68
4.1.1	Controle de Qualidade Posicional	68
4.2	Área Piloto do Município de Paulínia - SP.....	69
4.2.1	Definição da Área de Estudo.....	70
4.2.2	Descrição dos Produtos Cartográficos Analisados.....	70
4.2.3	Controle de Qualidade Posicional.	71
4.2.3.1	Pré-planejamento.	71
4.2.3.1.1	Determinação do Tamanho da Amostra.....	71
4.2.3.1.2	Seleção e Distribuição dos Pontos de Controle	71
4.2.3.1.3	Determinação do Tamanho da Amostra Utilizando a Metodologia Proposta.....	73
4.2.3.1.4	Seleção e Distribuição dos Pontos de Controle Utilizando a Metodologia Proposta.....	75
4.2.3.1.5	Considerações Sobre a Determinação do Tamanho da Amostra Pelo Critério de Distribuição Homogênea e Pela Metodologia Proposta.	81
4.2.3.2	Obtenção das Coordenadas dos Pontos de Teste no Terreno.....	82
4.2.3.3	Procedimentos de Rastreamento em Campo	83
4.2.3.4	Processamento dos Dados GPS.....	85
4.2.3.5	Transformação de Coordenadas e Datum.....	85
4.2.4	Estudo de Caso Para as Cartas na Escala 1:2.000	86
4.2.5	Estudo de Caso Para as Cartas na Escala 1:10.000	91
4.2.6	Considerações Sobre a Avaliação dos Produtos	94
5	PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CONTROLE DE QUALIDADE DA	
	LINHAGEM, FIDELIDADE DE ATRIBUTOS, COMPLETEZA, CONSISTÊNCIA	
	LÓGICA, FIDELIDADE À SEMÂNTICA E TEMPORALIDADE.....	96
5.1	Proposta Metodológica.....	96
5.1.2	Controle de Qualidade da Linhagem, Fidelidade de Atributos, Completeza, Consistência Lógica, Fidelidade à Semântica e Temporalidade	96
5.2	Área Piloto do Projeto SIGEST – STP.....	98
5.2.1	Definição da Área de Estudo.....	99
5.2.2	Descrição dos Produtos Cartográficos Analisados.....	99
5.2.3	Controle de Qualidade dos Dados Cartográficos	103
5.2.3.1	Linhagem.....	104
5.2.3.2	Completeza	106
5.2.3.3	Fidelidade de Atributos.....	108
5.2.3.4	Consistência Lógica	111
5.2.3.5	Fidelidade à Semântica.....	118

5.2.3.6 <i>Temporalidade</i>	119
5.2.4 <i>Considerações a Respeito do Controle de Qualidade dos Dados Cartográficos</i>	119
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	124
6.1 Considerações Finais	124
5.2 Conclusões	125
6.3 Recomendações	128
REFERÊNCIAS	129
BIBLIOGRAFIAS	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Atributos Relativos a Unidades Espaciais (PUEBLA, 1994). -----	32
Tabela 2.2 – Coordenadas de Referência e da Carta – Análise da Tendência -----	40
Tabela 2.3 – Diferenças Entre Coordenadas – Análise da Tendência-----	41
Tabela 2.4 – Resultados dos Cálculos – Análise da Tendência-----	42
Tabela 2.5 – Padrões de Exatidão Planimétrica (BRASIL, 1984)-----	46
Tabela 2.6 – Padrões de Exatidão Altimétrica (BRASIL, 1984) -----	47
Tabela 2.7 – Padrões de Exatidão Plani-altimétrica (U.S.A, 1947) -----	49
Tabela 3.1 – Tamanho da Amostra - Carta de Escala 1:2.000 - Erros de 1% e 10%. -----	62
Tabela 3.2 – Tamanho da Amostra - Carta de Escala 1:2.000 - Erro de 33%.-----	64
Tabela 4.1 – Coordenadas dos Pontos Sorteados, no Datum SAD69, Fuso 23 -----	79
Tabela 4.2 – Coordenadas dos Pontos Sorteados - Bem Definidos, no Datum SAD69, Fuso 23 -----	79
Tabela 4.3 – Diferença Entre as Coordenadas -----	87
Tabela 4.4 – Resultados para a Análise de Tendência (Componentes – 1:2.000) -----	88
Tabela 4.5 – Resultados para a Análise de Precisão (Componentes – 1:2.000) -----	88
Tabela 4.6 – Diferença Entre as Coordenadas – Pontos Sorteados-----	89
Tabela 4.7 – Resultados para a Análise de Tendência (Componentes – 1:2.000) – Metodologia Proposta-----	90
Tabela 4.8 – Resultados para a Análise de Precisão (Componentes – 1:2.000) – Metodologia Proposta -----	90
Tabela 4.9 – Diferença Entre as Coordenadas (1:10.000)-----	91
Tabela 4.10 – Resultado para a Análise de Tendência (Componentes – 1:10.000) -----	92
Tabela 4.11 – Resultado para a Análise de Precisão (Componentes – 1:10.000)-----	92
Tabela 4.12 – Diferença Entre as Coordenadas (1:10.000) – Pontos Sorteados -----	93
Tabela 4.13 – Resultado para a Análise de Tendência (Componentes – 1:10.000) – Metodologia Proposta-----	93
Tabela 4.14 – Resultado para a Análise de Precisão (Componentes – 1:10.000) – Metodologia Proposta -----	94
Tabela 5.1 – Valores Para Nomear as Cartas em Ambiente Digital - IBGE -----	100
Tabela 5.2 – Identificação dos Arquivos Vetoriais e Matriciais-----	101
Tabela 5.3 – Arquivos Vetoriais e Matriciais - Carta do Município de Arealva – 1:50.000 -----	101
Tabela 5.4 – Informações de Linhagem das Cartas Topográficas 1:50000 - IBGE -----	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Representação Matricial (detalhe da folha 1:50.000, “Arealva” – IBGE).....	29
Figura 2.2 – Representação Vetorial (detalhe da folha 1:50.000, “Arealva” – IBGE).....	30
Figura 2.3 – Elementos de Representação Vetorial.....	30
Figura 2.4 – Problemas em Relação à Consistência Lógica.....	34
Figura 2.5 – Problema em Relação a Fidelidade Semântica.....	35
Figura 3.1 – Histogramas Correspondentes à Distribuição Amostral de Algumas Populações Fonte: BUSSAB (1986).....	60
Figura 3.2 – Gráfico do Tamanho da Amostra Para $\varepsilon = 1\%$	64
Figura 3.3 – Gráfico do Tamanho da Amostra Para $\varepsilon = 10\%$	64
Figura 3.4 – Gráfico do Tamanho da Amostra Para $\varepsilon = 33\%$	65
Figura 4.1 – Distribuição dos Pontos de Controle na Carta 1:10.000.....	73
Figura 4.2 – Distribuição dos Pontos de Controle na Carta 1:10.000.....	74
Figura 4.3 – Tela de Opções e Processamento do Software Dxf2xyz 1.3	75
Figura 4.4 – Parte da Listagem de Pontos que Compõem a Carta.....	77
Figura 4.5 – Ponto Sorteado e Ponto Efetivo (Deslocado) a Ser Medido.....	79
Figura 4.6 – Distribuição dos Pontos de Controle Sorteados – Carta na Escala 1:2.000.....	81
Figura 4.7 – Distribuição dos Pontos de Controle Sorteados – Carta na Escala 1:10.000.....	82
Figura 5.1 – Situação das Cartas da Área Piloto no Estado.....	100
Figura 5.2 – Arquivo Vetorial 2704-1az - Arealva.....	103
Figura 5.3 – Cartas Vetoriais dos Municípios de Arealva, Bariri, Agudos e Jaú – IBGE	103
Figura 5.4 – Divisão da Carta em Quadrantes Para Validação.....	105
Figura 5.5 – Níveis de Informações Criados Conforme Necessidades do Projeto.	108
Figura 5.6 – Ausência de Elemento Vetorial.....	108
Figura 5.7 – Problemas Com Relação à Fidelidade de Atributo Valor de Altitude.....	110
Figura 5.8 – Curvas de Níveis Transformadas em Elementos Complexos Abertos e Com Atributo de Altitude	111
Figura 5.9 – Tela Principal de Opções Para Verificação de Inconsistências Geométricas.....	112
Figura 5.10 – Tela de Opções Para Seleção de Parâmetros.....	113
Figura 5.11 – Tela de Opções Para Conversão dos Objetos.....	114
Figura 5.12 – Tela de Opções Para o Tipo de Correção a Ser Efetuada.....	115
Figura 5.13 – Tela de Opções Para Tipos, Cores e Tamanhos dos Marcadores.....	116
Figura 5.14 – Problema Com Relação à Consistência Lógica.....	117
Figura 5.15 – Visualização das Linhas Desconexas e Arquivo Matricial de Referência.....	118
Figura 5.16 – Visualização das Linhas Conectadas.....	118
Figura 5.17 – Exemplo de Fidelidade à Semântica	119
Figura 5.18 – Cartas Revisadas e Validadas.....	121
Figura 5.19 – Página Principal de Consultas Sobre a Área Piloto do SIGEST - STP	122
Figura 5.20 – Região de Bariri Ampliada Através da Opção Zoom +.....	123
Figura 5.21 – Opções de Ativação e Desativação de Níveis de Informações de Interesse.....	123

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD	– <i>Computer Aided Design</i>
DoD	– <i>United States Department of Defense</i>
CQ	– Controle de Qualidade
DE	– Denominador da Escala da Carta
EP	– Erro Padrão
Eq	– Equidistância Entre as Curvas de Níveis
FCT	– Faculdade de Ciências e Tecnologia
FGDC	– <i>Federal Geographic Data Committee</i>
GPS	– <i>Global Positioning System</i>
GRS80	– <i>Geodetic Reference System 1980</i>
IBGE	– Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA	– <i>International Cartographic Association</i>
LGE	– Laboratório de Geodésia Espacial
MESF	– Melhor Estimador Sistemático Fácil
MGE	– <i>Modular GIS Enviroment</i>
NMAS	– <i>National Map Accuracy Standard</i>
NSSDA	– <i>National Standard for Spatial Data Accuracy</i>
PEC	– Padrão de Exatidão Cartográfica
RBMC	– Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
SAD69	– <i>South American Datum of 1969</i>
SGB	– Sistema Geodésico Brasileiro
SIG	– Sistema de Informação Geográfica
SIGGER	– Sistema de Informações Geográficas Georreferenciadas
SIGEST	– Sistema Integrado de Gestão
STP	– Sistema Tietê-Paraná
UEPP	– Estação GPS localizada em Presidente Prudente (SP) pertencente à RBMC
UTM	– <i>Universal Transverse de Mercator</i>
USA	– <i>United States of America</i>
USG	– <i>United States Geological Survey</i>
WGS84	– <i>World Geodetic System 1984</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

σ	– Desvio padrão
Δ_{X_i}	– Discrepância entre as coordenadas de referência e as coordenadas observadas na carta
ε	– Erro máximo de estimação
t_x	– Estatística “t” amostral
H_1	– Hipótese alternativa
H_0	– Hipótese básica ou nula
$>$	– Maior
\bar{X}	– Média amostral da estimativa
μ	– Média da população
$\bar{\Delta X}$	– Média das discrepâncias amostrais
\leq	– Menor igual
$ $	– Módulos
α	– Nível de significância
P	– Probabilidade
χ_x^2	– Qui-quadrado amostral
\sum	– Somatória
n	– Tamanho da amostra
N	– Tamanho da população
σ^2	– Variância
$S_{\Delta_x}^2$	– Variância das discrepâncias amostrais

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Com intuito inicial de facilitar os cálculos geodésicos, a informática surgiu nas técnicas cartográficas no final dos anos 50. Já decorrente dela, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) surgem na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais (CASTILHO, 2000).

Ao longo dos anos 70 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de hardware, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Surgem também nesta época os primeiros sistemas *Computer Aided Design* (CAD), melhorando as condições para produção de desenhos e plantas para engenharia, servindo de base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada (CÂMARA *et al.*, 1996).

No decorrer dos anos 80, com a grande popularização e barateamento das estações de trabalho gráficas, além do surgimento e evolução dos computadores e sistemas gerenciadores de bancos de dados, ocorreu uma grande difusão do uso de SIG. Atualmente, observa-se um grande crescimento do ritmo de emprego do SIG nas organizações, sempre alavancado pelos custos decrescentes do hardware e do software, e também pelo surgimento de alternativas menos custosas para a construção de base de dados geográficas (CÂMARA *et al.*, 1996).

O processo cartográfico incorporado ao computador vem possibilitando um número crescente de produtores de dados espaciais e, o mais importante, o número de usuários desses dados vêm aumentando. Desta forma, essas mudanças tecnológicas vêm fazendo com que a cartografia passe por um processo de mudança do seu produto final, o de um mapa impresso em uma folha de papel, para uma nova forma, um arquivo digital, que contém dados que representam feições da superfície da Terra (GUPTILL e MORRISON, 1997).

A necessidade de mapear e a demanda por mapeamentos são crescentes. Para atender a essa demanda com produtos de qualidade satisfatória no final do processo, sem que se perca a evolução das tecnologias, normas e parâmetros mínimos devem ser adotados (LEAL e DALMOLIN, 2002).

No Brasil, essas normas e parâmetros estão contidos no Decreto 89.817 de 20 de junho de 1984, o qual foi concebido quando se tinha disponível apenas tecnologia para gerar produtos analógicos. A realidade hoje é outra, já que a cartografia digital tem praticamente substituído a analógica. A abordagem dada às pesquisas realizadas sobre controle de qualidade de produtos cartográficos quase que, em sua maioria, é com relação à qualidade posicional e está voltada para a cartografia analógica. Desta forma, essa realidade deve mudar.

Quando se trata de produtos cartográficos digitais com uso final previsto através dos SIGs, torna-se necessário efetuar um controle de qualidade com procedimentos adequados de revisão e validação através da identificação de erros e inconsistências, considerando-se sempre qual a finalidade dos dados espaciais avaliados e a qualidade que se pretende atingir com o produto avaliado. Isso envolve aspectos de qualidade geométrica, linhagem, fidelidade de atributos, completeza, consistência lógica, fidelidade à semântica e temporalidade (GUPTILL e MORRISON, 1997).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal desse trabalho é propor uma metodologia para adotar nos trabalhos referentes ao controle de qualidade, tendo em mente a realidade atual, ou seja, a cartografia digital substituindo a analógica.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

Considerando o aspecto mais geral, pode-se destacar os seguintes objetivos específicos:

- definir elementos para o cálculo do tamanho da amostra necessário ao controle de qualidade posicional, baseado em fundamentos científicos e que propicie produtividade e redução de custos;
- avaliar a qualidade geométrica, linhagem, fidelidade de atributos, completeza, consistência lógica, fidelidade à semântica e temporalidade de dados espaciais de duas áreas pilotos que compõem a base cartográfica do Município de Paulínia – SP e do projeto SIGEST-STP.

1.3 *Justificativas*

As principais justificativas para o desenvolvimento deste trabalho se baseiam na necessidade de desenvolvimento e a utilização de conceitos e metodologias adequadas à fiscalização e ao controle de qualidade de produtos cartográficos, minimizando custos, maximizando recursos e garantindo homogeneidade. Isso tudo visa garantir a qualidade dos resultados dos SIGs, que dependem essencialmente da qualidade dos dados geométricos e descritivos utilizados em sua implementação. Além disto, tem-se notado que no Brasil, utilizam, em geral, produtos cartográficos sem qualidade comprovada.

Adicionalmente, a identificação de um critério com base científica para a definição do número de pontos a serem amostrados trará grandes benefícios para o controle de qualidade (CQ) em cartografia.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em seis capítulos que são resumidamente descritos a seguir.

Capítulo 1: INTRODUÇÃO

Neste capítulo estão as considerações iniciais sobre o controle de qualidade de produtos cartográficos e da necessidade de se executar essa tarefa, face à evolução tecnológica que propiciou o surgimento de uma cartografia digital que vem substituindo a analógica. São apresentados também os objetivos do trabalho, bem como as justificativas para sua execução e a estrutura do mesmo.

Capítulo 2: CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

Neste capítulo são abordados os tópicos essenciais para o desenvolvimento do trabalho. Tem por objetivo apresentar a fundamentação teórica, tal como a definição de conceitos sobre o controle de qualidade de uma forma geral e especificamente para produtos cartográficos; a cartografia digital e as formas de representação dos elementos do mundo real; e definição dos elementos que representam a qualidade de dados cartográficos. Apresentam-se neste capítulo as legislações de classificação de produtos cartográficos adotados pelo Brasil e pelos Estados Unidos da América, e tecidas algumas considerações sobre as mesmas.

Capítulo 3: TEORIA DE AMOSTRAGEM

Neste capítulo estão descritos os tipos de amostragens mais utilizadas, além de um estudo específico para a determinação de elementos necessários ao cálculo do tamanho da amostra para a avaliação de produtos cartográficos.

Capítulo 4: PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CONTROLE DE QUALIDADE POSICIONAL.

O quarto capítulo trata da proposta metodológica para o controle de qualidade posicional de produtos cartográficos. Nesse capítulo são aplicados os estudos efetuados referentes aos processos e os testes estatísticos na avaliação da acurácia posicional de cartas no formato digital do Município de Paulínia – SP.

Capítulo 5: PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CONTROLE DE QUALIDADE DA LINHAGEM, FIDELIDADE DE ATRIBUTOS, COMPLETEZA, CONSISTÊNCIA LÓGICA, FIDELIDADE À SEMÂNTICA E TEMPORALIDADE.

No quinto capítulo é apresentada a proposta metodológica para a execução do controle de qualidade dos demais elementos (linhagem, fidelidade de atributos, completeza, consistência lógica, fidelidade à semântica e temporalidade). São apresentados também os resultados da aplicação da mesma a dados cartográficos de quatro cartas digitais que compõem um projeto denominado Sistema Integrado de Gestão do Sistema Tietê-Paraná – SIGEST- STP, onde são mostrados os principais problemas encontrados bem como os procedimentos adotados para suas correções.

Capítulo 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais e conclusões a respeito do controle de qualidade de produtos cartográficos envolvendo a definição dos elementos para o cálculo do tamanho da amostra, avaliação da qualidade posicional e dos demais elementos de qualidade de dados cartográficos e recomendações.

2 CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

Os conceitos de qualidade e as formas de seu controle são assuntos complexos. Desta forma, neste capítulo, são abordados os tópicos essenciais para o desenvolvimento do trabalho, com o objetivo de apresentar fundamentação teórica sobre o controle de qualidade e sua aplicação em cartografia. Para tanto, apresenta-se alguns conceitos da cartografia digital e suas formas de representação, tendo em vista a realidade atual, onde os produtos cartográficos são voltados para SIGs. Apresenta-se também conceitos de qualidade de dados cartográficos.

2.1 Controle de Qualidade

A palavra “qualidade” tem múltiplos significados, e o seu uso é dominado por dois desses significados (JURAN,1991):

- consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e, dessa forma, proporciona a satisfação dos mesmos;
- é a ausência de falhas.

Assim, o produto é o resultado de qualquer processo e sua característica é uma propriedade que visa atender a certas necessidades do cliente.

Segundo Juran (1991), o Glossário da Organização Européia para o Controle da Qualidade publicado em 1981, apresenta a seguinte definição para qualidade: “A totalidade das características de um produto ou serviço relacionadas com sua habilidade em satisfazer uma determinada necessidade”.

No processo de industrialização, dois fatores podem ser destacados: de um lado, a necessidade crescente da busca da qualidade; de outro, o aumento da produção, com conseqüente diminuição dos custos (TELLES e RODRIGUES, 1990). Na busca de um

equilíbrio entre qualidade e quantidade, desenvolveu-se a inspeção com a ajuda da estatística, surgindo-se assim a técnica denominada controle de qualidade, que pode ser aplicada em todas as áreas, inclusive à cartografia. Essa técnica tem na probabilidade e estatística uma forte aliada na busca de seus objetivos.

Para satisfazer as necessidades dos usuários é imperativo um cuidado maior nos processos que norteiam o produto, pois caso ocorram erros, haverá perda na qualidade e conseqüentemente, aumento no custo final (BURITY, 1999).

A qualidade de um produto é afetada por vários fatores, dentre os quais destacam-se o mercado para o qual o produto é dirigido, o homem que o produz, o dinheiro disponível para a produção, o tipo de administração e os materiais, máquinas e métodos empregados na produção.

O termo “controle”, por sua vez, pode ser entendido como sendo a fixação de padrões de qualidade, comparação do que foi produzido com estes padrões, ação rápida quando tais padrões não são verificados e o planejamento para a melhoria desses padrões (TELLES e RODRIGUES, 1990). Diferentemente da inspeção tradicional que verifica a qualidade do produto final, um controle de qualidade moderno deve atuar em todas as fases do processo produtivo. A diretriz do controle de qualidade é evitar, no processo de produção, itens de qualidade insatisfatória.

2.1.1 Controle de Qualidade em Cartografia

O processo de produção de documentos cartográficos é, em sua essência, bastante complexo. Envolve operações e métodos específicos, utilizando instrumentos sofisticados e precisos, com pessoal altamente qualificado para operá-los. Face a essa complexidade e à natureza do produto final obtido, torna-se necessária a adoção de procedimentos de controle que garantam sua qualidade.

O controle de qualidade de um produto cartográfico é um procedimento extremamente importante e não se conhece efetivamente como tem sido realizado no Brasil. Uma parcela de responsabilidade pode ser atribuída ao próprio produtor do mapa, outra aos usuários e contratantes destes produtos e a última ao processo de fiscalização. Pode-se supor que o custo e o tempo necessário para a realização do controle de qualidade em cartografia sejam fatores que dificultam a sua execução.

Com o avanço da tecnologia digital e a inserção da cartografia neste contexto, a falta de normas adequadas, parâmetros de avaliação e conversão de dados começaram a surgir (LEAL e DALMOLIN, 1999). Na medida em que a tecnologia utilizada nos procedimentos de mapeamento se desenvolve com espantosa velocidade, o número de usuários não especialistas em mapeamento também aumenta, e justamente em função de um certo despreparo dos mesmos, a questão da qualidade geométrica é muitas vezes esquecida, ou simplesmente considera-se que o produto utilizado é “geometricamente adequado”.

É lógico que cada aplicação tem sua tolerância e, a medida que ela é menos exigente, esta preocupação pode se tornar desprezível. Mas, mesmo assim, é importante conhecer a qualidade do produto final.

Um produto qualquer poderá ser identificado como satisfatório ou não para o fim a que se destina quando submetido a um teste de controle de qualidade. Porém, a inspeção completa não eliminará o risco de existirem itens defeituosos, nem mesmo permitirá uma avaliação dos riscos de ambas as partes, tanto do usuário como do produtor. É natural que tanto o consumidor como o produtor desejem fixar, com base em sua experiência anterior e razões econômicas, os riscos a que estarão expostos ao adotarem um critério de decisão; isso é alcançado na inspeção por amostragem. Portanto, a qualidade de uma carta pode ser abordada considerando dois pontos distintos: o do usuário e do produtor. Segundo Leal e Dalmolin (1999), na literatura estrangeira observa-se que os procedimentos adotados para

auferir a qualidade de uma carta consideram estas duas posições e analisam o risco do consumidor ou usuário e o risco do produtor.

Risco do 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 utilizou-se 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.

O usuário poderá, por exemplo, fixar seu risco em 10%, o que significa que, em uma série de cartas apresentadas para inspeção, uma carta, em cada dez aceitas, será de má qualidade; o valor do risco é fixado tendo em vista as conseqüências perturbadoras que lhe trará a utilização de um produto de má qualidade. O produtor poderá, de sua parte, fixar seu risco, por exemplo, em 5%, isto é, de uma série de cartas de boa qualidade apresentadas, uma em cada vinte será rejeitada como sendo de má qualidade; ele assim o faz, tendo em vista a perturbação e prejuízo que lhe trará a rejeição do material de boa qualidade (LOURENÇO FILHO, 1982). Segundo o mesmo autor, o usuário, muito compreensivelmente, tentará reduzir seu risco, se possível a zero; por seu lado, o produtor tentará agir de maneira semelhante. Contudo, para amostras de tamanho n fixado, não é possível reduzir simultaneamente ambos os riscos; a redução de um deles acarreta o aumento do outro.

Também os interessados desejarão reduzir, ao mínimo compatível com os riscos anteriormente escolhidos, a quantidade a inspecionar. Pretenderão para isso, fixar o tamanho n da amostra o menor possível. Mas desse modo poderão diminuir o poder discriminante na separação de produtos de boa e de má qualidade. A diminuição do custo de inspeção acarretaria, então, o aumento do custo das decisões errôneas.

2.2 Cartografia Digital

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel, dificultando uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento da ciência e tecnologia de Informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional.

2.2.1 Representação dos Elementos do Mundo Real

Para a representação geométrica dos elementos do mundo real deve-se considerar duas classes: a de representação matricial e a de representação vetorial. A representação matricial consiste no uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento a ser representado. A vetorial tenta reproduzir um elemento ou objeto através de três formas básicas: pontos, linhas, áreas ou polígonos.

2.2.1.1 Representação Matricial

Nesta representação, o elemento é mostrado como uma matriz de n linhas por m colunas, e cada célula possui um número de linha e coluna, além de um valor que corresponde a um determinado atributo.

A representação matricial supõe que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula está associada a uma porção do terreno. A Figura 2.1 mostra uma representação matricial de um detalhe extraído de uma carta 1:50.000 - IBGE da região de Arealva .

Câmara (1996) descreve alguns tipos de possíveis representações matriciais:

- Grade Regular: uma grade regular é uma matriz de números reais;

- Imagem em Tons de Cinza: imagem representada através de uma matriz onde os seus valores representam os valores de cinza da imagem;
- Imagem Temática: representação matricial de um geo-campo temático. Por exemplo: numa imagem temática, um elemento da matriz de valor 2 pode estar associado ao tema “Floresta Ombrófila”;
- Imagem Sintética (ou Codificada): representação de uma imagem em cores, utilizada para mostrar imagens em composição colorida em placas gráficas falsa-cor.



Figura 2.1 – Representação Matricial (detalhe da folha 1:50.000, “Arealva” – IBGE).

2.2.1.2 Representação Vetorial

Na representação vetorial, a localização e a aparência gráfica de cada objeto são representadas por um ou mais pares de coordenadas.

O modelo vetorial é bastante intuitivo para engenheiros e projetistas. Para sua representação são considerados três elementos gráficos - ponto, linha e área ou polígono (CÂMARA, 1996):

- Ponto: é um par ordenado (x,y) de coordenadas espaciais. Além das coordenadas, outros dados não-espaciais (atributos) podem ser arquivados para indicar de que tipo de ponto se está tratando;

- Linhas: são um conjunto de pontos conectados. Além das coordenadas dos pontos que compõem a linha, deve-se armazenar informações que indiquem de que tipo de linha se está tratando, ou seja, a que atributos ela está associada;
- Polígono: é a região do plano limitada por uma ou mais linhas, conectadas de tal forma que o último ponto de uma linha seja idêntico ao primeiro da próxima.

A Figura 2.2 mostra a representação vetorial da mesma área apresentada na Figura 2.1 (matricial).



Figura 2.2 – Representação Vetorial (detalhe da folha 1:50.000, “Arealva” – IBGE).

Na Figura 2.3 observam-se os três tipos de representação do elemento gráfico.

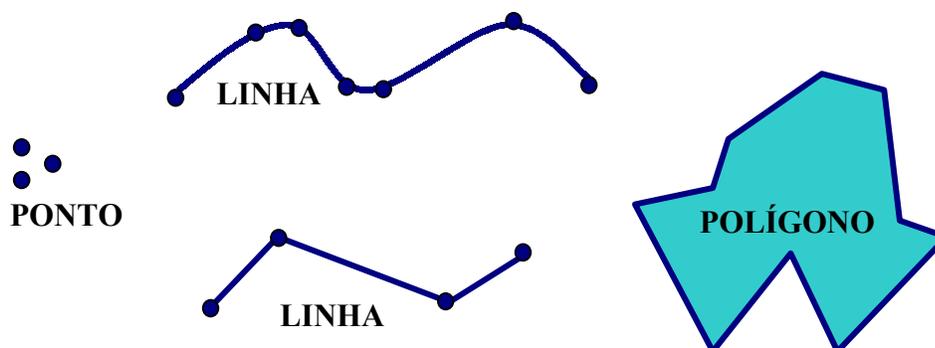


Figura 2.3 – Elementos de Representação Vetorial

2.3 Qualidade de Dados Cartográficos

Dados sobre posições, atributos e relações de feições no espaço são freqüentemente denominadas dados espaciais. Logo, se trata de um elemento localizado no espaço, mediante um sistema predefinido de coordenadas, o qual pode ser descrito por meio de atributos e de sua relação com outros elementos (MORRISON, 1997). Dessa forma, para um determinado elemento espacial tem-se:

- Posição: define a localização das entidades, normalmente identificada por coordenadas;
- Descrição: define os atributos das entidades, geralmente identificadas por códigos e,
- Relação: define a topologia das entidades, sempre identificadas por apontadores.

A ICA (*International Cartographic Association*), com outros grupos, reconhece como aspectos mais importantes na qualidade de dados cartográficos, além da qualidade posicional, a linhagem, fidelidade de atributos, completeza, consistência lógica, fidelidade à semântica e a temporalidade (GUPTILL e MORRISON, 1997), os quais são descritos a seguir.

2.3.1 Linhagem

É um aspecto de qualidade que diz respeito a história do mapeamento, ou seja, o executor, tipo de método utilizado na produção, tipo de dado, data da produção, material utilizado, entre outros. Essas informações são muito importantes na avaliação da qualidade e uso da carta.

Segundo Clark (1997), a linhagem fornece meios para se entender a história de um conjunto de dados. A linhagem contém a informação que descreve as observações da fonte ou materiais, aquisição de dados e métodos de compilação, conversões, transformações,

análises e derivações. Portanto, pode-se dizer que a linhagem tem como propósito preservar para as futuras gerações o valor histórico do recurso dos dados.

Normalmente, a linhagem é o primeiro componente de uma declaração da qualidade dos dados. Isto provavelmente acontece porque os demais componentes da qualidade dos dados são afetados pelos conteúdos da linhagem e vice-versa. Nem todas as informações podem constar na carta, mas podem ser documentadas à parte, em relatórios, para consultas posteriores (BURITY, 1999).

2.3.2 Fidelidade de Atributos

Dentro do contexto da informação geográfica e cartográfica, um atributo pode ser definido como características acerca de alguma feição, conjunto de feições ou feições sobre a superfície terrestre. As respostas às questões levantadas podem ser resultado de uma medida com algum tipo de instrumento, tal como a temperatura; pode ser o resultado da interpretação feita por um observador treinado, tal como o uso da terra ou classe de solo ou ainda pode ser consequência de um consenso histórico e político, tal como os nomes de rodovias (GOODCHILD, 1997).

O valor de um atributo é particular ao mesmo, seja este numérico ou nominal, discreto ou contínuo. Um exemplo seria no cadastro de uma companhia de luz, onde um dos atributos para a feição poste é a altura. Esta, por sua vez, pode variar em valores numéricos. Tem-se, dessa forma, uma variável numérica discreta. Por outro lado, um caso de variável numérica contínua é a medida de um lado (largura ou comprimento) de uma propriedade (BURITY, 1999).

A Tabela 2.1 apresenta exemplos de atributos relativos a várias unidades espaciais (municípios).

Tabela 2.1 – Atributos Relativos a Unidades Espaciais (PUEBLA, 1994).

Municípios	Superfície (km ²)	Província	Número de Habitantes	Densidade de População	Renda Per Cápita
A	53,23	Álava	1.134	21,3	800.000
B	133,89	Albacete	13.673	102,1	510.000
C	12,67	Álava	5.461	431,0	810.000
D	67,22	Toledo	8.477	126,1	600.000
E	98,51	Zamora	349	3,5	400.000

2.3.3 Completeza

A completeza está relacionada com a quantidade de informações que estão ausentes ou que não devem estar presentes em uma carta (ÖSTMAN, 1997).

Para Aronoff (1997) a completeza para a qualidade dos dados tem vários aspectos e está dividida em três grupos:

- Completeza de cobertura: um exemplo para se entender esse termo seria: o órgão responsável pela arrecadação de impostos precisa de completeza nas informações sobre as propriedades;
- Completeza de classificação: está relacionada com a melhor classificação para a representação de um dado. Esta, por sua vez, pode ser avaliada de acordo com as classes adotadas ou com especificações do dado. Cita-se como exemplo, a classificação da feição edificação quanto ao uso, sendo comercial, residencial ou de serviços em geral;
- Completeza de verificação: informações que podem estar incorporadas aos atributos das feições ou mesmo registradas em outra carta específica. Um exemplo seria as redes de serviço subterrâneas, que não podem ser vistas, mas podem ser representadas através de medidas complementares de imóveis, que, por motivo de má visualização na restituição, ou por outro motivo adverso, não foram mapeadas.

2.3.4 Consistência Lógica

Para Francisco (2001), a consistência lógica trata das regras lógicas de estrutura e regras de atributo para dados espaciais e descreve a compatibilidade de um dado em relação a outros em um conjunto de dados.

Aronoff (1997) cita que a consistência lógica tem melhores resultados se os dados de entrada forem preliminarmente tratados para atender a uma base de dados que será usada em um SIG.

A necessidade de testar a consistência lógica dos dados espaciais surge em várias fases de manipulação dos dados, seja ela durante o processo de coleta dos dados ou após o processamento e análise. As mais freqüentes fontes de dados incompatíveis são as inconsistências geométricas, causadas pela digitalização e atualização, propagação de erro devido ao processamento ou a não codificação das relações topológicas (FRANCISCO, 2001).

Kainz (1997) exemplifica como inconsistências geométricas as linhas duplicadas, linhas desconexas (*undershoot*), linhas conectadas com ausência do ponto de interseção (nós), linhas excessivamente estendidas (*overshoot*), polígonos sem centróides, polígonos abertos, áreas pequenas existentes resultantes de sobreposição de mapas.

Na Figura 2.4, tem-se exemplos de linhas desconexas, o que representa problema com relação à consistência lógica.

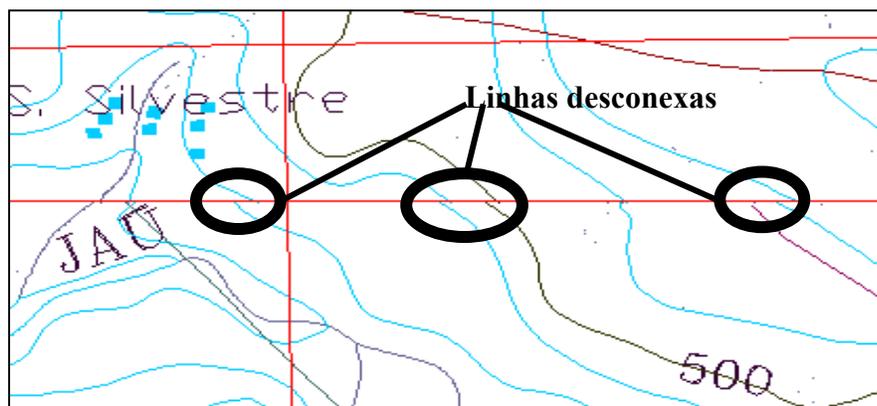


Figura 2.4 – Problemas em Relação à Consistência Lógica.

Um conjunto de dados separados em níveis de informações pode ser consistente dentro de cada nível de informação, mas inconsistente entre os outros níveis de informações e dados oriundos de diferentes escalas ou fontes cobrindo a mesma área (KAINZ, 1997).

2.3.5 Fidelidade à Semântica

O propósito da fidelidade à semântica é descrever a diferença semântica entre objetos geográficos e a percepção da realidade.

Refere-se à qualidade com a qual os objetos geográficos são relacionados em concordância com o modelo selecionado. Ela está mais ligada a pertinência do significado do objeto geográfico que a representação geométrica propriamente dita (SALGÉ, 1997).

A fidelidade à semântica é composta de vários parâmetros que não são fáceis de diferenciar. Um erro aparente (uma casa dentro de um lago) pode ser devido a atualização (uma modificação no contorno da costa), ou na consistência lógica (uma regra não levou em conta as possíveis casas palafitas), ou na completeza (omissão de uma ilha ou uma omissão dupla, tanto da casa como do lago) (SALGÉ, 1997).

A Figura 2.5 mostra um exemplo de falta de fidelidade à semântica, pois nela observa-se a representação de um rio passando sobre uma ponte, o que não condiz com a realidade.

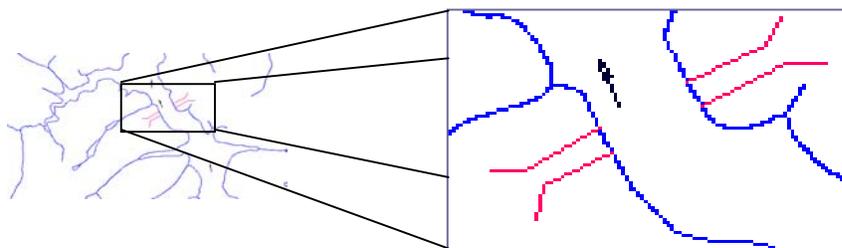


Figura 2.5 – Problema em Relação a Fidelidade Semântica.

2.3.6 Temporalidade

Normalmente o tempo, sob a ótica da qualidade de dados, reporta-se à data em que foram colhidas as informações (vôo fotogramétrico, reambulação, restituição, dentre outras) e é um fator crítico para vários tipos de informações geográficas, pois o processo de geração de um documento cartográfico, contando desde a coleta de informações até a disponibilização para o usuário final, pode levar de 6 meses a 2 anos ou mais, fazendo com que o documento cartográfico produzido já esteja desatualizado. Desta forma, as mudanças das informações e seus efeitos além do tempo devem ser entendidas e consideradas, 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.

Segundo Sato (1999), a temporalidade consiste na avaliação dos dados temporais, ou seja, são analisadas 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 ou alguns níveis de informação (*layers*).

Guptill (1997) descreve as interações da temporalidade com os demais elementos da qualidade dos dados da seguinte forma:

- Linhagem: fornece uma história do ciclo de vida de um conjunto de dados que frequentemente mostra um resumo da informação temporal. Como exemplo, os dados de fotografias aéreas usadas na compilação de um mapa topográfico fornecendo uma primeira aproximação da observação temporal para o conjunto de dados;

- Acurácia posicional: a relação entre a acurácia posicional e a informação temporal é interessante para ambas as partes, pois a temporalidade pode ser melhorada substancialmente após a observação de um objeto em relação à sua posição no terreno (reambulação);
- Fidelidade de atributos: cada valor de atributo associado com um tipo de atributo tem um componente temporal. Por exemplo, o instante, cujo valor do atributo tornou-se válido;
- Completeza: as medidas de completeza descrevem o período de tempo para o qual as feições e os valores dos atributos do banco de dados são coletados. A completeza temporal poderia requerer que a ordem e a taxa de mudanças no banco de dados refletissem as mudanças ocorridas no mundo real;
- Consistência lógica: pode ser aplicada a um componente temporal para criar as regras da consistência temporal; por exemplo, uma feição deveria ter somente uma versão anterior;
- Fidelidade à semântica: refere-se ao nível de qualidade com o qual os fenômenos geográficos são descritos de acordo com o modelo de dados espaciais escolhidos. Se o fenômeno geográfico depender do tempo, então, para que seja semanticamente coerente, na base de dados deverá refletir a dinâmica temporal.

2.3.7 Acurácia Posicional

Na cartografia e ciências afins, a qualidade dos seus produtos depende dos vários parâmetros descritos anteriormente. Intuitivamente, o que vem à mente em primeira instância é a qualidade posicional, e ela é, sem dúvida, um dos mais importantes parâmetros de qualidade de um produto cartográfico. Quando se trata desse assunto, termos como

precisão e acurácia (ou exatidão) são, geralmente, encontrados na bibliografia específica. Portanto faz-se necessário a definição dos mesmos nessa seção, para evitar dúvidas que eventualmente possam ocorrer.

O *Federal Geographic Data Comitee*, através do *Geospatial Accuracy Standards*, define acurácia como sendo a proximidade de um valor estimado (medido ou calculado) comparado com seu valor “verdadeiro”, ou aceito como verdadeiro, de uma grandeza particular. Para Gemael (1994), o termo precisão está vinculado apenas a efeitos aleatórios (à dispersão das observações), enquanto que a acurácia vincula-se a ambos, efeitos aleatórios e sistemáticos.

Nas ciências de mapeamento a posição de uma entidade do mundo real é descrita por valores em um sistema de coordenada apropriado. Exatidão posicional representa a proximidade desses valores para a posição “verdadeira” da entidade naquele sistema (DRUMMOND, 1997). Segundo Merchant (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 são verificadas a presença de erros sistemáticos. A segunda trata-se da análise da precisão, baseada na distribuição Qui-quadrado.

Galo e Camargo (1994), baseados em Merchant (1982), aplicam o método para verificação da exatidão cartográfica de uma carta baseada na análise estatística das discrepâncias entre coordenadas medidas na carta com as tomadas como de referência. Nas equações a serem apresentadas a seguir, a variável X pode representar qualquer uma das coordenadas, sejam elas planimétricas ou altimétrica.

2.3.7.1 Análise de Tendência

A análise de tendência da carta é baseada em análises estatísticas das discrepâncias entre as coordenadas de referência (X_i) e as coordenadas observadas na carta (X_i^C), calculadas para cada ponto i por:

$$\Delta X_i = X_i - X_i^c \quad (2.1)$$

A média ($\overline{\Delta X}$), bem como a variância ($S_{\Delta X}^2$) das discrepâncias amostrais, podem ser calculadas, respectivamente, por:

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i \quad (2.2)$$

$$s_{\Delta X}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \overline{\Delta X})^2 \quad (2.3)$$

Onde n é o tamanho da amostra.

Para a realização do teste de tendência, assume-se as seguintes hipóteses:

$$H_o : \overline{\Delta X} = 0, \text{ contra} \quad (2.4)$$

$$H_i : \overline{\Delta X} \neq 0 \quad (2.5)$$

A seguir, deve-se calcular a estatística amostral “t” e verificar se o valor de “t” amostral está no intervalo de aceitação ou rejeição da hipótese nula. O valor de “t” amostral é obtido a partir de:

$$t_X = \frac{\overline{\Delta X}}{s_{\Delta X}} n^{1/2} \quad (2.6)$$

e o intervalo de confiança relativo ao teste “t” de Student é dado por:

$$|t_X| < t_{(n-1, \alpha/2)} \quad (2.7)$$

Ou seja, se o módulo do valor calculado para a estatística “t” for menor que o valor de t tabelado, com $n - 1$ graus de liberdade e nível de significância α , aceita-se a hipótese nula de que a carta pode ser considerada como livre de tendências significativas. Quando a estatística “t” amostral não satisfizer a desigualdade (2.7), rejeita-se a hipótese nula, ou seja, a carta não pode ser considerada como livre de tendências significativas para um determinado nível de significância.

A existência de tendência em alguma direção significa a ocorrência de problemas (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” na carta (GALO e CAMARGO, 1994). A execução desse procedimento na cartografia digital é feito através de algoritmos e softwares apropriados, pois após conhecida a tendência, a operação de subtração da mesma pode ser efetuada de uma só vez, em todos os pontos da carta.

O teste estatístico (2.6) é o que vem sendo utilizado na prática, pois a princípio assume-se que não se conhece o desvio-padrão populacional. Porém, pode haver casos em que, aplicando-se esse teste a um conjunto de dados contendo tendência, o mesmo

pode ser considerado livre de tendências a um determinado intervalo de confiança. Sugere-se, então, utilizar o desvio-padrão “populacional” da classe da carta analisada, ao invés do amostral. Desta forma o teste passa a ser baseado na distribuição normal, ou seja:

$$z = \frac{\Delta\bar{X}}{\sigma_x / \sqrt{n}} \quad (2.8)$$

O intervalo de confiança é dado por:

$$|z| < z_{\alpha/2} \quad (2.9)$$

Para ilustrar essa situação, na Tabela 2.2 tem-se alguns dados de coordenadas Norte, obtidas do reticulado de uma carta na escala 1:50.000, aos quais foram introduzidas tendências. Foram calculadas as discrepâncias, as médias e desvios-padrão para esses dados, cujos resultados estão na Tabela 2.3. Aplicando-se o teste de tendência utilizando a distribuição t de Student (2.6) e a distribuição normal (2.8), utilizando-se dos valores especificados na seção (2.4.1) referentes ao PEC, obteve-se como resultados os valores constantes da Tabela 2.4, onde também comparecem as respectivas análises de tendências para o conjunto de dados com 29 graus de liberdade e intervalos de confiança de 90%, 95% e 98%, tanto para a estatística t quanto para a estatística z.

Tabela 2.2 – Coordenadas de Referência e da Carta – Análise da Tendência

Pto	Coordenadas de Referência (Reticulado)	Coordenadas da Carta				
	N (m)	N ₁ (m)	N ₂ (m)	N ₃ (m)	N ₄ (m)	N ₅ (m)
1	7480000,00	7480075,00	7480040,00	7480010,00	7480010,00	7480001,00
2	7482000,00	7482070,00	7481970,00	7482020,00	7482008,00	7482001,00
3	7484000,00	7484040,00	7483970,00	7484030,00	7484005,00	7484004,00
4	7486000,00	7486025,00	7485975,00	7486020,00	7486002,00	7486002,00
5	7488000,00	7488025,00	7488025,00	7488020,00	7488003,00	7488003,00
6	7490000,00	7490030,00	7490025,00	7490030,00	7490005,00	7490001,00
7	7492000,00	7492090,00	7492025,00	7492010,00	7492005,00	7492001,00

Continua

Continuação

8	7494000,00	7494060,00	7494040,00	7494005,00	7494002,00	7494002,00
9	7496000,00	7496050,00	7496080,00	7496020,00	7496004,00	7496003,00
10	7498000,00	7498090,00	7498010,00	7498010,00	7498008,00	7498001,00
11	7500000,00	7500090,00	7500020,00	7500020,00	7500004,00	7500001,00
12	7502000,00	7502070,00	7502080,00	7502030,00	7502005,00	7502002,00
13	7504000,00	7504070,00	7504010,00	7504020,00	7504006,00	7504003,00
14	7506000,00	7506060,00	7506020,00	7506010,00	7506005,00	7506001,00
15	7508000,00	7508065,00	7508005,00	7508030,00	7508004,00	7508002,00
16	7510000,00	7510060,00	7509950,00	7510030,00	7510006,00	7510001,00
17	7512000,00	7512025,00	7511990,00	7512020,00	7512004,00	7512001,00
18	7514000,00	7514060,00	7514020,00	7514020,00	7514005,00	7514002,00
19	7516000,00	7516070,00	7515980,00	7516010,00	7516008,00	7516001,00
20	7518000,00	7518020,00	7518060,00	7518020,00	7518008,00	7518001,00
21	7520000,00	7520075,00	7519990,00	7520030,00	7520005,00	7520003,00
22	7522000,00	7522060,00	7522020,00	7522020,00	7522006,00	7522003,00
23	7524000,00	7524050,00	7524020,00	7524030,00	7524005,00	7524002,00
24	7526000,00	7526020,00	7526020,00	7526020,00	7526002,00	7526002,00
25	7528000,00	7528075,00	7528020,00	7528010,00	7528002,00	7528002,00
26	7530000,00	7530080,00	7530060,00	7530020,00	7530002,00	7530002,00
27	7532000,00	7532025,00	7532040,00	7532030,00	7532006,00	7532001,00
28	7534000,00	7534050,00	7534010,00	7534020,00	7534005,00	7534003,00
29	7536000,00	7536060,00	7535910,00	7536020,00	7536006,00	7536003,00
30	7538000,00	7538070,00	7538030,00	7538010,00	7538002,00	7538002,00

Tabela 2.3 – Diferenças Entre Coordenadas – Análise da Tendência

Pto	Diferenças de Coordenadas (Referência – Carta)				
	ΔN_1 (m)	ΔN_2 (m)	ΔN_3 (m)	ΔN_4 (m)	ΔN_5 (m)
1	-75.00	-40.00	-10.00	-10.00	-1.00
2	-70.00	30.00	-20.00	-8.00	-1.00
3	-40.00	30.00	-30.00	-5.00	-4.00
4	-25.00	50.00	-20.00	-2.00	-2.00
5	-25.00	-25.00	-20.00	-3.00	-3.00
6	-30.00	-25.00	-30.00	-5.00	-1.00
7	-90.00	-25.00	-10.00	-5.00	-1.00
8	-60.00	-40.00	-5.00	-2.00	-2.00
9	-50.00	-80.00	-20.00	-4.00	-3.00
10	-90.00	-10.00	-10.00	-8.00	-1.00
11	-90.00	-20.00	-20.00	-4.00	-1.00
12	-70.00	-80.00	-30.00	-5.00	-2.00
13	-70.00	-10.00	-20.00	-6.00	-3.00
14	-60.00	-20.00	-10.00	-5.00	-1.00
15	-65.00	-5.00	-30.00	-4.00	-2.00
16	-60.00	50.00	-30.00	-6.00	-1.00
17	-25.00	10.00	-20.00	-4.00	-1.00
18	-60.00	-20.00	-20.00	-5.00	-2.00
19	-70.00	20.00	-10.00	-8.00	-1.00
20	-20.00	-60.00	-20.00	-8.00	-1.00
21	-75.00	10.00	-30.00	-5.00	-3.00
22	-60.00	-20.00	-20.00	-6.00	-3.00
23	-50.00	-20.00	-30.00	-5.00	-2.00
24	-20.00	-20.00	-20.00	-2.00	-2.00
25	-75.00	-20.00	-10.00	-2.00	-2.00

Continua

Continuação

26	-80.00	-60.00	-20.00	-2.00	-2.00
27	-25.00	-40.00	-30.00	-6.00	-1.00
28	-50.00	-10.00	-20.00	-5.00	-3.00
29	-60.00	90.00	-20.00	-6.00	-3.00
30	-70.00	-30.00	-10.00	-2.00	-2.00
Média	-57.00	-13.00	-19.83	-4.93	-1.90
Desvio	21.76	37.66	7.71	2.10	0.88

Tabela 2.4 – Resultados dos Cálculos – Análise da Tendência

			Análises de Tendência			
			90%	95%	98%	
N_1	t	-14,34	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência	
	z	Classe A	-20,81	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência
		Classe B	-12,49	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência
		Classe C	-10,41	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência
N_2	t	-1,89	Apresenta tendência	Sem tendência	Sem tendência	
	z	Classe A	-4,75	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência
		Classe B	-2,85	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência
		Classe C	-2,37	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência
N_3	t	-14,08	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência	
	z	Classe A	-7,24	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência
		Classe B	-4,34	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência
		Classe C	-3,62	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência
N_4	t	-12,86	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência	
	z	Classe A	-1,80	Apresenta tendência	Sem tendência	Sem tendência
		Classe B	-1,08	Sem tendência	Sem tendência	Sem tendência
		Classe C	-0,90	Sem tendência	Sem tendência	Sem tendência
N_5	t	-11,83	Apresenta tendência	Apresenta tendência	Apresenta tendência	
	z	Classe A	-0,69	Sem tendência	Sem tendência	Sem tendência
		Classe B	-0,42	Sem tendência	Sem tendência	Sem tendência
		Classe C	-0,35	Sem tendência	Sem tendência	Sem tendência

Analisando-se os resultados das Tabelas 2.3 e 2.4, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Para o conjunto de dados de N_1 e N_3 , tanto a distribuição t de Student (2.6), onde é utilizado o desvio padrão amostral, quanto a distribuição Normal (2.8), onde se considera o desvio padrão populacional para as classes A, B, e C, conforme estabelecido pelo PEC (Tabela 2.5), a tendência existente foi detectada para todos os intervalos de confiança testados, ou seja, 90%, 95% e 98%. Os valores dos desvios padrão amostral e respectivas médias para esses conjuntos de dados, após

aplicado o teste “t” resulta em valores altos, fazendo com que seja rejeitada a hipótese nula de que a carta pode ser considerada como livre de tendência;

- Para o conjunto de dados de N_2 , nota-se que para o intervalo de confiança de 90%, tanto através da distribuição t de Student quanto pela distribuição Normal, a tendência existente foi detectada fazendo com que seja rejeitada a hipótese nula de que a carta pode ser considerada como livre de tendência. Porém, quando a análise é feita para intervalos de confiança de 95% e 98%, nota-se que a tendência não foi detectada pela distribuição t de Student. Isso se explica pelo fato de que o desvio padrão amostral para esse conjunto de dados é muito grande em relação a média, resultando em um valor para “t” calculado menor que o valor de “t” tabelado, com 29 graus de liberdade e nível de significância de 5% e 2%, respectivamente. Dessa forma, utilizando-se o teste “t”, aceita-se erroneamente a hipótese nula de que a carta pode ser considerada como livre de tendência, o que não ocorre com a distribuição Normal;
- Para os dados de N_4 e N_5 , pela distribuição t de Student, a carta não deve ser considerada como livre de tendência aos níveis de significância de 2%, 5% e 10%. Já pelo resultado obtido da aplicação da distribuição Normal, deve ser aceita a hipótese nula de que a carta pode ser considerada como livre de tendência, mesmo para o caso dos dados de N_4 , cujo valor do módulo de z calculado para a classe “A” corresponde a 1,80 que é próximo ao valor tabelado ($z = 1,64$). Para uma carta na escala 1:50.000, um deslocamento de 1 mm em uma coordenada de um

ponto extraído da mesma corresponde a 50m no terreno. Portanto, apesar de se ter introduzido tendência aos dados originais, nota-se que, pelos valores das médias e desvios padrão para ambos os conjuntos de dados (N_4 e N_5) os mesmos podem ser desprezados, ou seja, considera-se que a carta está livre de tendência.

Através do exemplo apresentado e das conclusões obtidas das análises dos resultados do mesmo, reforça-se a sugestão de se utilizar o teste baseado na distribuição normal (2.8), ao invés da distribuição t de Student (2.6). Esse último é o que vem sendo utilizado na prática para a execução da análise de tendência em um produto cartográfico. O exemplo mostrou que para determinados intervalos de confiança a estatística “t” não detectará presença de tendência quando na verdade ela existe, além de não considerar situações como o exemplo dos conjuntos de dados de N_4 e N_5 onde a tendência pode ser desprezada em função da escala do produto.

2.3.7.2 Análise de Precisão

A análise da precisão é realizada através da comparação entre o desvio padrão das discrepâncias com o Erro Padrão (EP) especificado pelo PEC (Tabela 2.5), esperado para a carta na classe que se deseja testar. O teste de hipótese a ser formulado é o seguinte:

$$H_0 : S_{\Delta X}^2 = \sigma_X^2, \text{ contra} \quad (2.10)$$

$$H_1 : S_{\Delta X}^2 > \sigma_X^2 \quad (2.11)$$

onde σ_X corresponde ao desvio padrão ou erro padrão esperado para a coordenada X em questão. Considerando o valor da resultante como sendo EP, e assumindo ser igual cada uma de suas componentes horizontais, tem-se:

$$\sigma_X = \frac{EP}{\sqrt{2}} \quad (2.12)$$

A próxima etapa consiste em aplicar-se o teste Qui-quadrado amostral:

$$\chi_X^2 = (n-1) \frac{S_{\Delta X}^2}{\sigma_X^2} \quad (2.13)$$

A hipótese nula é aceita se o valor calculado através da expressão (2.13) satisfaz a seguinte condição:

$$\chi_X^2 \leq \chi_{(n-1, \alpha)}^2 \quad (2.14)$$

Caso a expressão anterior não seja atendida, ou seja, se o valor de Qui-quadrado calculado for maior que o valor de Qui-quadrado tabelado para $n-1$ graus de liberdade a um intervalo de confiança α , então rejeita-se a hipótese nula de que a carta atende a precisão preestabelecida.

2.4 Legislação Cartográfica

A qualidade de um mapa deve ser garantida por leis e normas específicas que apresentem os parâmetros mínimos de qualidade necessários à satisfação das necessidades dos usuários. A seguir serão apresentadas as legislações cartográficas do Brasil e

dos Estados Unidos da América para a classificação de cartas, segundo a sua qualidade posicional.

2.4.1 Legislação Cartográfica no Brasil

No caso do Brasil, as normas que norteiam a produção de produtos cartográficos podem ser encontradas no Decreto Lei nº 89.817, de 20 de junho de 1984, publicado no Diário Oficial da União de 22 de junho de 1984, o qual estabelece as Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Somente a partir da publicação deste Decreto passou-se a ter um embasamento técnico e legal para a classificação de documentos cartográficos quanto à sua exatidão.

No âmbito do controle de qualidade na cartografia, faz-se necessário uma análise mais aprofundada dos capítulos II e III do respectivo decreto (Anexo A), pois os mesmos contêm as normas que estabelecem a classificação de uma carta quanto à exatidão e os elementos obrigatórios que nela devem constar.

Segundo o Decreto, toda carta elaborada no Brasil deve ser classificada de acordo com as Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da Cartografia Nacional, a qual estabelece que os padrões de exatidão planimétricos ou horizontais são definidos em função do denominador da escala da carta, enquanto que para os padrões de exatidão altimétricos ou verticais são definidos em função da equidistância entre as curvas de níveis.

Entende-se por Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC um conjunto de critérios e normas estabelecidas e que norteiam os processos de determinação e quantificação da exatidão de uma carta. As cartas, segundo a sua exatidão posicional e precisão, devem ser classificadas nas classes A, B e C, de acordo com as Tabelas 2.5 e 2.6.

Tabela 2.5 – Padrões de Exatidão Planimétrica (BRASIL, 1984)

Classe	PEC (mm x DE)	EP (mm x DE)
A	0,5	0,3
B	0,8	0,5
C	1,0	0,6

Tabela 2.6 – Padrões de Exatidão Altimétrica (BRASIL, 1984)

Classe	PEC	EP
A	1/2 eq	1/3 eq
B	3/5 eq	2/5 eq
C	3/4 eq	1/2 eq

Onde:

PEC = Padrão de exatidão cartográfica.

DE = Denominador da escala da carta.

eq = Equidistância entre as curvas de níveis.

EP = Erro padrão

2.4.1.1 Comentários Sobre a Legislação Cartográfica no Brasil

A legislação nacional estabelece o PEC e o erro padrão para a avaliação da qualidade posicional das cartas. O PEC permite classificar as cartas como A, B ou C após a execução dos testes de avaliação posicional das coordenadas. Para tanto, necessita-se de feições a serem avaliadas bem definidas na carta, de modo a viabilizar a comparação de suas coordenadas com homólogas tidas como de referências.

Um fator que deve ser ressaltado é a questão do condicionamento do PEC à escala da carta. Assim, o PEC preconizado no Decreto 89.817/84, elaborado para aplicações às cartas analógicas, não é o ideal para aplicação à cartografia digital, sendo necessário estudos para a definição de novos padrões que venham a atender a essa nova realidade.

2.4.2 Legislação Cartográfica dos Estados Unidos da América

Segundo o *United States Geological Survey (USGS)*, pela normatização do *U.S. Bureau of Budget*, em 1947, os mapas norte-americanos seguem os seguintes padrões de exatidão posicional:

- Exatidão horizontal, para mapas publicados em escala maior que 1:20.000, não mais do que 10% dos pontos testados poderão apresentar erro maior que 1/30 de polegada (0,85mm), medido na escala de publicação; para mapas publicados na escala de 1:20.000 ou menores, 1/50 de polegada (0,50 mm). Esses limites de exatidão são aplicados em todos os casos, comparando-os com posições de pontos bem definidos. Pontos bem definidos são aqueles facilmente visíveis ou recuperáveis no terreno, como por exemplo: monumentos ou marcadores, divisas de limite de propriedade; interseções de estradas, vias férreas, interseção de cordões de calçadas, etc.; cantos de edifícios grandes, estruturas ou pontos de centro de pequenos edifícios (U.S.A. , 1947);
- Exatidão vertical - aplicado às curvas de nível de mapas em todas as escalas de publicação. Não mais que 10 por cento das elevações testadas poderão apresentar erro maior que a metade da equidistância entre as curvas de nível (U.S.A., 1947);
- A exatidão de qualquer mapa pode ser testada por comparação de posições de pontos extraídos dos mapas com seus correspondentes homólogos cujas posições foram determinadas por levantamento de campo de alta exatidão. Os testes deverão ser executados pela agência produtora que também determinará quais de seus mapas serão testados e a extensão da prova (U.S.A., 1947);
- Os mapas publicados que atenderem a essas exigências de exatidão deverão apresentar em sua legenda as inscrições como segue: “Este mapa está de acordo com o Padrão Nacional de Exatidão Cartográfica”.

- A publicação dos mapas que apresentarem erros excedendo o limite padronizado deverá omitir de sua legenda qualquer menção sobre o padrão de exatidão (U.S.A., 1947);
- Quando um mapa publicado for originário de uma ampliação de um mapa (manuscrito) ou de um mapa publicado, este fato deverá constar na legenda que, por exemplo, consta o seguinte: “Este mapa é uma ampliação de um mapa na escala 1:20.000” (U.S.A. , 1947).

Na Tabela 2.7 estão descritas as unidades dos padrões de exatidão, convertidas para milímetros.

Tabela 2.7 – Padrões de Exatidão Plani-altimétrica (U.S.A, 1947)

ESCALAS	EXATIDÃO	
	Planimétrica (mm x DE)	Altimétrica (mm x eq)
Maiores que 1:20.000	0,85	0,50
Menores ou iguais à 1:20.000	0,50	0,50

Em 1998 o Comitê Federal de Dados Geográficos dos EUA (FGDC-STD) aprovou o Padrão Nacional para Exatidão de Dados Espaciais (*National Standard for Spatial Data Accuracy – NSSDA*, apresentando uma versão atualizada do *National Map Accuracy Standard – NMAS*), pois esse último foi definido anteriormente ao advento dos dados digitais. Nessa versão de padronização para dados cartográficos digitais, para a verificação da qualidade o intervalo de confiança passou de 90% para 95%, aplicável tanto para dados digitais como para dados gráficos (ROCHA, 2002). Alguns passos a serem seguidos para a aplicação do NSSDA, segundo o Manual de Exatidão Posicional, são descritos a seguir:

- **Determinação de qual teste será executado.** O primeiro passo a ser aplicado utilizando o NSSDA é identificar as características espaciais do conjunto de dados que será testado. Se exatidão planimétrica (avaliação de x e y), se exatidão de elevação (avaliação de z) ou ambas (avaliação de x, y e z).
- **Seleção dos pontos teste.** A exatidão de um conjunto de dados é testada comparando-se as coordenadas de diversos pontos contidos nos dados do produto cartográfico com as coordenadas dos mesmos pontos obtidas por processo de melhor precisão. Os pontos a serem utilizados para as comparações devem ser bem definidos. Devem ser fáceis de identificar e medir em ambas as formas de dados, no mapa e no levantamento por processo de melhor precisão. Para dados derivados de mapas na escala 1:5.000 ou menor, pontos localizados na interseção de feições lineares podem ser bem aproveitados. Esses poderiam ser interseções de estradas, vias férreas, canais, trilhas e cercas. Para dados derivados de mapas com escala maior que 1:5.000, limites de propriedades e interseções de calçadas. Vinte pontos teste ou mais são exigidos para conduzir a uma avaliação estatística significativa da exatidão do produto cartográfico. Se menos de 20 pontos testes forem avaliados, não se aplica o NSSDA.
- **Seleção do conjunto de dados independentes.** O conjunto de dados obtidos por processo de melhor precisão deve ser adquirido separadamente do conjunto de dados testado. Em geral, o conjunto de dados deve ser pelo menos três vezes mais exato que a expectativa de exatidão do conjunto a ser testado. Isso não é possível na prática. Assim, deve-se utilizar o método de mais elevada exatidão e registrar a exatidão

do método e respectivos resultados. Quando os dados testados definirem uma área de abrangência retangular, e pressupondo ser uniformemente exato, uma distribuição de pontos testes deve considerar pelo menos 20 por cento dos pontos por quadrante. Os pontos devem ser espaçados com intervalos de 10 por cento da distância da diagonal do retângulo que define a área de abrangência.

- **Registro dos valores medidos.** O próximo passo é a obtenção das coordenadas dos pontos testes tanto na carta quanto pelo método de melhor precisão. Quando do registro desses números, é importante que essa operação seja feita de forma semelhante e apropriada, com os mesmos formatos numéricos.
- **Cálculo dos parâmetros estatísticos de exatidão.** Uma vez que o conjunto de coordenadas dos pontos testes foi determinado, a estatística da exatidão posicional pode ser executada.
- **Registro da exatidão.** Uma vez determinada a exatidão posicional através da aplicação dos testes, é importante o registro desses valores em um documento consistente. O *Positional Accuracy Handbook* especifica as informações mínimas que devem constar desse documento.

2.4.2.1 *Comentários Sobre a Legislação Cartográfica dos Estados Unidos da América*

Analisando-se a legislação de avaliação posicional de produtos cartográficos dos Estados Unidos da América, alguns comentários são apresentados a seguir:

- O número de pontos testes mínimo para a execução da avaliação posicional deve ser de 20, especificado em função do intervalo de

confiança de 95%. Assim, é permitido que apenas um ponto esteja com diferença maior que a tolerância, sem, contudo reprovar todo o mapa.

- A distribuição dos pontos de controle deve obedecer a um critério de homogeneidade, quando a área a ser avaliada apresenta-se com feições representadas de forma equilibrada, caso contrário, esses pontos devem ser escolhidos em regiões de maior probabilidade de erros.
- Uma mudança significativa da legislação de 1947 para a de 1998 foi com relação ao intervalo de confiança para aceitação dos pontos testes, passando de 90% na primeira legislação para 95% na segunda, ou seja, passou-se a considerar o nível de significância (α) de 5% (ROCHA, 2002).

3 TEORIA DE AMOSTRAGEM

Freqüentemente é necessário, na prática, tirar conclusões válidas para todo grupo de indivíduos ou objetos. Ao invés de examinar toda população – o que pode ser difícil ou mesmo impossível – pode-se cogitar de avaliar apenas uma pequena parte (amostra) dessa população. O objetivo é inferir certos fatos acerca da população a partir de resultados observados na amostra; tal processo denomina-se inferência estatística. O processo de obtenção ou extração de amostras é chamado amostragem. A seguir serão descritos alguns fundamentos básicos de estatística relacionados à questão da amostragem, bem como as técnicas de amostragem probabilísticas e especificação do tamanho da amostra para avaliação de produtos cartográficos.

3.1 Tipos de Amostragem

O sucesso de uma análise estatística envolve aspectos importantes sobre as formas de amostragem, daí a necessidade de garantir que a amostra a ser utilizada seja obtida por processos adequados. 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.

Uma amostra deve ser representativa da população, ou seja, com exceção de discrepâncias inerentes à aleatoriedade sempre presente no processo de amostragem, a amostra deve possuir as mesmas características básicas da população no que diz respeito à variável pesquisada. Existem dois tipos de amostragem: a probabilística e a não probabilística. A amostragem será probabilística se todos os elementos da população tiverem probabilidade conhecida, e diferente de zero, de pertencer à amostra. Caso contrário, a amostragem será não-probabilística.

A amostragem probabilística implica em um sorteio com regras definidas, cuja realização só será possível se a população for finita e totalmente acessível. A utilização de uma amostragem probabilística faz-se no sentido de se garantir a representatividade da amostra. Portanto, nessa seção será tratado somente da amostragem probabilística, adequada a esse trabalho.

Alguns dos principais tipos de amostragem probabilística são: sistemática; por meio de conglomerados; estratificada; múltipla e casual simples, as quais são descritas a seguir.

3.1.1 Amostragem Sistemática

Neste tipo de amostragem tem-se os elementos da população ordenados, efetuando-se a retirada dos elementos da amostra periodicamente. Assim, por exemplo, em uma linha de produção pode-se, a cada dez itens produzidos, retirar um para pertencer a uma amostra da produção diária. Um risco que se corre em adotá-la é a possibilidade da existência de ciclos de variação da variável de interesse, especialmente se o período desses ciclos coincidir com o período de retirada dos elementos da amostra.

3.1.2 Amostragem Por Meio de Conglomerados

A amostragem por meio de conglomerados consiste em sortear um número suficiente de conglomerados, que são subdivididos em pequenos grupos da população, cujos elementos constituirão a amostra. Dessa forma, as unidades de amostragem, sobre as quais é feito o sorteio, passam a ser os conglomerados e não mais os elementos individuais da população, como na situação anterior.

3.1.3 Amostragem Estratificada

Em uma população pode-se às vezes observar a existência de subpopulações ou estratos, dos quais pode-se supor que, de estrato para estrato, a variável de interesse apresente um comportamento diferente porém, com comportamento homogêneo dentro de cada estrato.

Caso o sorteio dos elementos da amostra for realizado sem levar em consideração os estratos, pode acontecer que os diversos estratos não sejam convenientemente representados na amostra, a qual seria mais influenciada pelas características da variável nos estratos mais favorecidos pelo sorteio, fazendo com que a tendência da ocorrência desse fato seja tanto maior quanto menor o tamanho da amostra. A amostragem estratificada consiste em especificar quantos elementos da amostra serão retirados em cada estrato.

As principais dificuldades em se utilizar esse tipo de amostragem está relacionada com a análise dos dados que, muitas vezes, não se pode avaliar de antemão o desvio-padrão da variável nos diversos estratos.

Como exemplo de amostragem estratificada pode-se citar a estratificação de uma cidade em bairros, quando se deseja investigar alguma variável relacionada à renda familiar; estratificação de uma população humana em homens e mulheres, ou por faixas etárias, etc.

3.1.4 Amostragem Múltipla

Nesse tipo de amostragem, a amostra é retirada em várias etapas sucessivas e, observados os resultados, pode-se dispensar etapas suplementares. Sua finalidade é diminuir o número médio de itens inspecionados a longo prazo fazendo com que o custo da inspeção diminua.

3.1.5 Amostragem Casual Simples

A amostragem casual simples é também conhecida como simples ao acaso, aleatória, casual, simples, elementar, randômica. Essa será a técnica a ser adotada nesse trabalho uma vez que todos os elementos da população devem possuir igual probabilidade de pertencer à amostra, com todas as possíveis amostras apresentando igual probabilidade de ocorrer. Considerando-se N como sendo o número de elementos de uma população e n o número de elementos da amostra, cada elemento da população tem probabilidade n/N de pertencer à amostra. Sendo a amostragem feita sem reposição, a suposição a ser feita em geral é que existem (n) possíveis amostras todas igualmente prováveis.

Na prática, a amostragem simples ao acaso pode ser realizada numerando-se a população de 1 a N , sorteando-se, a seguir, por meio de um dispositivo aleatório qualquer, n números dessa seqüência, os quais corresponderão aos elementos sorteados para a amostra. Esse sorteio pode ser realizado através de uma “tábua de números aleatórios” que apresentam os dígitos de 0 a 9 distribuídos aleatoriamente. O que se percebe, geralmente em produtos cartográficos, é que a sua população é muito grande, tornando a execução do sorteio por meio dessa tábua de números aleatórios inviável. Sugere-se, então, a utilização de dispositivos tais como calculadoras, computadores, etc que são capazes de executarem essa tarefa de forma rápida e segura, agilizando-se assim o processo de amostragem.

3.2 Tamanho da Amostra para Avaliação de Produtos Cartográficos

A verificação da acurácia dos pontos de uma carta é feita de formas diferentes em cada país, pois este tipo de controle é muito influenciado pelas peculiaridades dos mesmos, como por exemplo: dimensão, situação econômica, dentre outros.

Merchant (1982) afirma que a exatidão de um mapa deve ser verificada a partir da comparação das coordenadas do terreno com as do mapa, de pelo menos vinte pontos bem definidos.

No caso do Brasil, a legislação vigente, o Decreto Lei 89.817/84, não trata desse assunto, e como não se encontra literatura que indique a existência do procedimento a respeito da quantidade ideal de pontos de uma amostra, decidiu-se desenvolver um estudo sobre amostragem casual simples voltada ao uso em cartografia, baseado em Pereira (1979) e Rocha (2002), com a finalidade de fornecer embasamento teórico e prático para a execução desta etapa de extrema importância para a execução de um trabalho de controle de qualidade.

O tamanho de uma amostra diz respeito à quantidade de unidades do universo que são pesquisadas ou analisadas. Sabe-se que a seleção das amostras deve ser feita mediante um processo aleatório, a fim de que seja evitada uma possível tendenciosidade. Algumas das razões, segundo Barbeto apud Rocha (2002), que justificam a determinação do tamanho da amostra são:

- redução de custo: em geral, torna-se mais econômico o levantamento de somente uma parte da população;
- tempo disponível: 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 e nas respostas: quando se pesquisa um número reduzido de elementos, pode-se dar mais atenção aos casos individuais, evitando erros nas respostas;

Um estimador é uma função utilizada quando se necessita estimar um parâmetro. A estimativa é o valor numérico que resulta quando do emprego de um estimador, enquanto que a estimação é o ato que consiste na obtenção de uma estimativa.

Considerando que se pretende estimar a média aritmética de uma certa população, se a expectância da distribuição amostral corresponder ao parâmetro do universo o estimador será dito não tendencioso ou imparcial.

Para Pereira (1979) são dois os fatores que interferem no dimensionamento da amostra:

- a) Estabelecimento do erro máximo permissível ε ;
- b) O valor do intervalo de confiança $1 - \alpha$ (probabilidade de acerto).

Dessa forma, a probabilidade (P) de que a diferença entre a média amostral (\bar{X}) e a média populacional (μ) seja menor que o erro máximo absoluto permissível corresponde ao valor do intervalo de confiança ($1 - \alpha$), ou seja, em 100 repetições desse experimento, pode-se garantir que em $(1 - \alpha)$ % deles a diferença ($\bar{X} - \mu$) é menor que o erro máximo permissível.

$$P \{ (\bar{X} - \mu) < \varepsilon \} = 1 - \alpha \quad (3.1)$$

Dada a equação:

$$\bar{X} - \mu = \varepsilon \quad (3.2)$$

onde:

\bar{X} é a média da estimativa, com distribuição normal $(\mu, \sigma^2/n)$;

μ é a média da população;

ε corresponde ao erro máximo da estimativa;

Se \bar{X} tem distribuição normal, com média $\mu = 0$ e variância $\sigma^2/n = 1$, tem-se a normal padrão ou reduzida, e a variável aleatória Z terá uma distribuição $N(0,1)$. O Teorema do Limite Central afirma que \bar{X} aproxima-se de uma normal quando n tende para infinito. A rapidez dessa convergência depende da distribuição da população da qual a amostra é retirada. A Figura 3.1, mostra o comportamento do histograma de \bar{X} para várias populações e diversos valores do tamanho da amostra. Se a população original é próxima da normal a sua convergência é rápida; já se a distribuição da população tem a forma de um “V”, essa convergência é mais demorada. Como regra prática, aceita-se que para amostras com mais de 30 elementos a aproximação já pode ser considerada muito boa (BUSSAB, 1986).

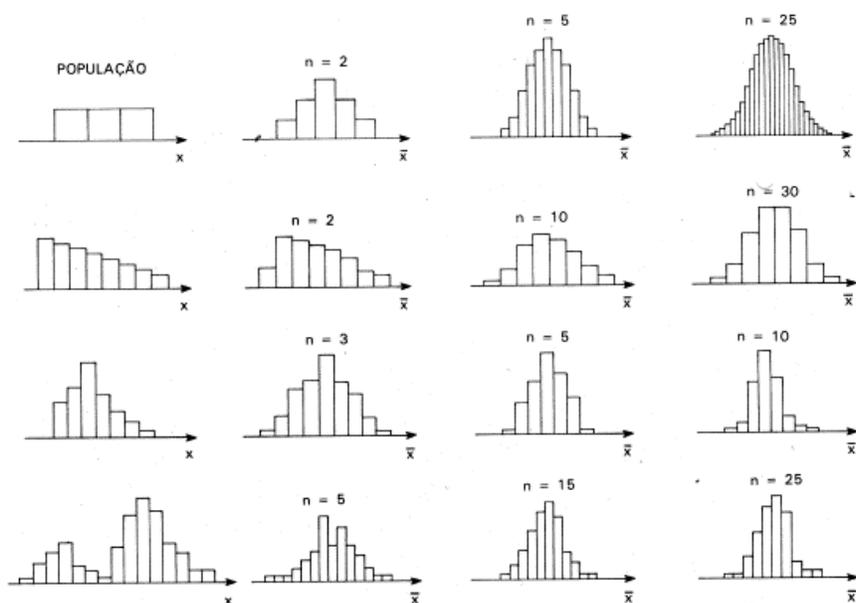


Figura 3.1 – Histogramas Correspondentes à Distribuição Amostral de Algumas Populações
 Fonte: BUSSAB (1986)

Dessa forma:

$$Z = \frac{\sqrt{n}(\bar{X} - \mu)}{\sigma} \approx N(0,1) \tag{3.3}$$

Logo pode-se escrever :

$$(\bar{X} - \mu) = Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3.4)$$

onde:

Z = obtido à partir da tabela de distribuição normal (Anexo B) em função do intervalo de confiança;

σ = desvio padrão populacional;

n = tamanho da amostra.

Como $\bar{X} - \mu = \varepsilon$, substituindo em (3.4), vem:

$$\varepsilon = Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3.5)$$

Da equação (3.5) facilmente se deduz que:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{\varepsilon^2} \quad (3.6)$$

Essa expressão, segundo Pereira (1979), é válida para uma população (N) infinita. Em se tratando de uma população (N) finita, é necessário introduzir um fator de correção. Assim:

$$\varepsilon = Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \quad (3.7)$$

Logo, pode-se obter o valor de n , o que é dado por:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{(N-1) \varepsilon^2 + Z^2 \sigma^2} \quad (3.8)$$

Essa fórmula indica o tamanho mínimo que deve ter a amostra para uma população finita ao se fazer a estimação de μ com um erro máximo ε , a um nível de confiança $(1 - \alpha)$ desejado.

Dependendo do valor de Z , tem-se uma certa probabilidade $P(1-\alpha)$. Assim, para $Z = 1$, $P(1-\alpha) = 0,68268$. Isso significa que a probabilidade de se extrair uma amostra de modo que $(\bar{X} - \mu)$ seja menor do que Z em 100 casos corresponde a 68,268 %.

A partir do desenvolvimento das equações referentes à determinação do tamanho da amostra, alguns exemplos são apresentados a seguir com o intuito de mostrar como se deve proceder para a determinação do número mínimo de pontos necessários para se efetuar a avaliação da qualidade posicional de um produto cartográfico.

Para essa determinação, adotou-se como exemplo um produto cartográfico na escala 1:2.000, considerando-se $z = 1$, $z = 1,28$, $z = 1,64$, $z = 1,96$, $z = 2,28$ e $z = 3$, ou seja, a probabilidade de se extrair uma amostra de modo que $(\bar{X} - \mu)$ seja menor do que z em 100 casos, corresponde a 68,26%, 79,94%, 89,90%, 95,00%, 97,74% e 99,73%, respectivamente.

Considerou-se o valor do desvio-padrão (σ) para a classe A igual a 0,3 mm vezes o denominador da escala da carta conforme especificado na Tabela 2.5 – Padrões de Exatidão Planimétrica (BRASIL, 1984) e como valores tolerados para o erro amostral (ε) de 1%, 10% e 33%.

Dessa forma, na equação (3.8), variou-se a população, pois inicialmente se considerou que a mesma fosse desconhecida, obtendo-se o tamanho da amostra a ser utilizada para a avaliação do produto cartográfico. Esses valores são apresentados nas Tabelas 3.1 e 3.2. Seus respectivos gráficos são mostrados nas Figuras 3.2 e 3.3.

Tabela 3.1 – Tamanho da Amostra - Carta de Escala 1:2.000 - Erros de 1% e 10%.

AMOSTRAGEM – Escala 1:2.000 - $\sigma = 0,6 m$												
N	$\varepsilon = 1\% = 0,006 m$						$\varepsilon = 10\% = 0,06 m$					
	z=1	z=1,28	z=1,64	z=1,96	z=2,28	z=3	z=1	z=1,28	z=1,64	z=1,96	z=2,28	z=3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	10	10	10	10	10	10	9	9	10	10	10	10
15	15	15	15	15	15	15	13	14	14	14	15	15
20	20	20	20	20	20	20	17	18	19	19	19	20
50	50	50	50	50	50	50	34	38	42	44	46	47
100	99	99	100	100	100	100	50	62	73	80	84	90
150	148	149	149	149	150	150	60	79	97	108	117	129
500	476	485	491	494	495	497	83	124	175	217	255	322
1000	909	943	964	975	981	989	91	141	212	278	342	474
1500	1304	1374	1421	1444	1458	1475	94	148	228	306	386	563
2000	1667	1783	1862	1901	1926	1957	95	152	237	322	413	621
3000	2308	2536	2699	2783	2836	2903	97	155	247	341	443	692
4000	2857	3215	3482	3623	3714	3830	98	157	252	351	460	735
5000	3334	3831	4216	4424	4561	4737	98	159	255	357	471	763
10000	5000	6210	7290	7935	8387	9000	99	161	262	370	494	826
15000	6000	7831	9630	10788	11641	12857	99	162	264	375	502	849
20000	6667	9006	11471	13153	14443	16364	100	163	265	377	507	861
30000	7500	10597	14182	16845	19022	22500	100	163	267	379	511	874
40000	8000	11623	16083	19596	22606	27693	100	163	267	381	513	880
50000	8333	12341	17489	21725	25487	32143	100	163	268	381	515	884
100000	9091	14078	21195	27754	34204	47369	100	164	268	383	517	892
200000	9524	15144	23708	32226	41260	62069	100	164	269	383	518	896
300000	9677	15536	24683	34055	44307	69231	100	164	269	384	519	897
400000	9756	15739	25202	35050	46005	73470	100	164	269	384	519	898
500000	9804	15864	25523	35675	47088	76271	100	164	269	384	519	898
1000000	9901	16120	26192	36995	49415	82569	100	164	269	384	520	899

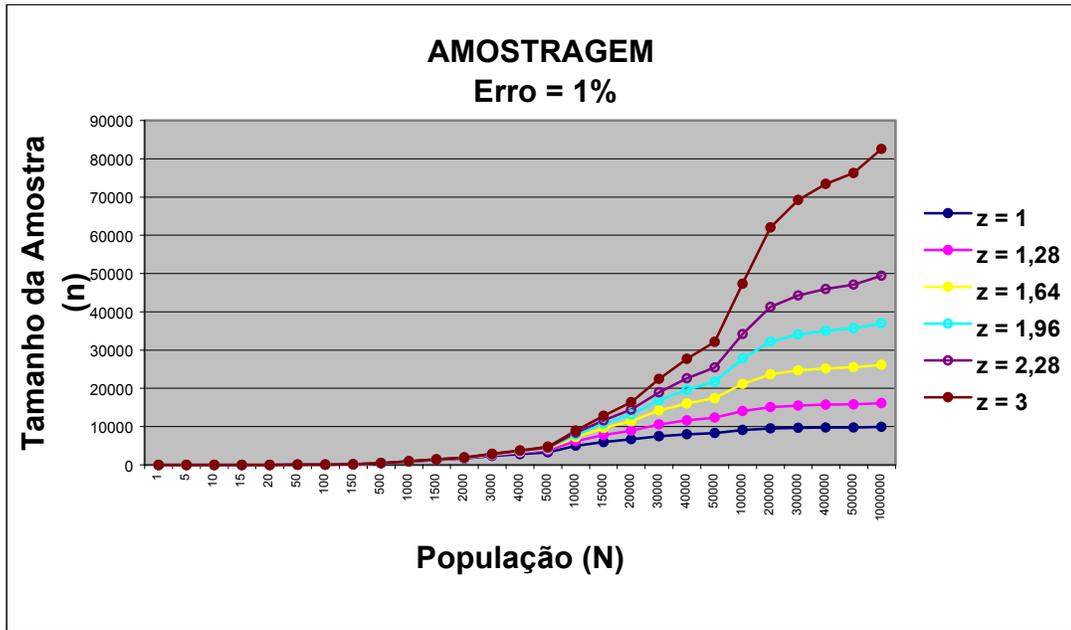


Figura 3.2 – Gráfico do Tamanho da Amostra Para $\epsilon = 1\%$

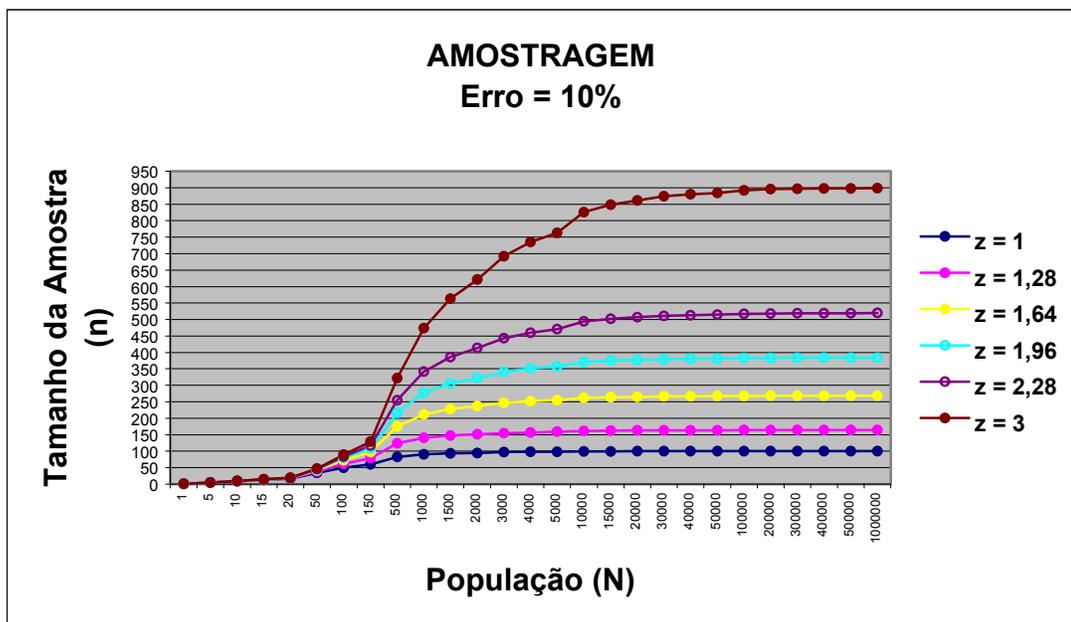


Figura 3.3 – Gráfico do Tamanho da Amostra Para $\epsilon = 10\%$

Tabela 3.2 – Tamanho da Amostra - Carta de Escala 1:2.000 - Erro de 33%.

AMOSTRAGEM – Escala 1:2.000 - $\sigma = 0,6 m$						
N	$\varepsilon = 33\% = 0,2 m$					
	z=1	z=1,28	z=1,64	z=1,96	z=2,28	z=3
1	1	1	1	1	1	1
5	3	4	4	4	5	5
10	5	6	7	8	8	9
15	6	8	10	11	12	13
20	6	9	11	13	14	16
50	8	12	17	21	24	31
100	8	13	20	26	32	45
150	9	14	21	28	36	53
500	9	14	23	32	43	70
1000	9	15	24	33	45	75
1500	9	15	24	34	45	77
2000	9	15	24	34	46	78
3000	9	15	24	34	46	79
4000	9	15	24	34	46	79
5000	9	15	24	34	46	80
10000	9	15	24	34	47	80
15000	9	15	24	34	47	81
20000	9	15	24	35	47	81
30000	9	15	24	35	47	81
40000	9	15	24	35	47	81
50000	9	15	24	35	47	81
100000	9	15	24	35	47	81
200000	9	15	24	35	47	81
300000	9	15	24	35	47	81
400000	9	15	24	35	47	81
500000	9	15	24	35	47	81
1000000	9	15	24	35	47	81

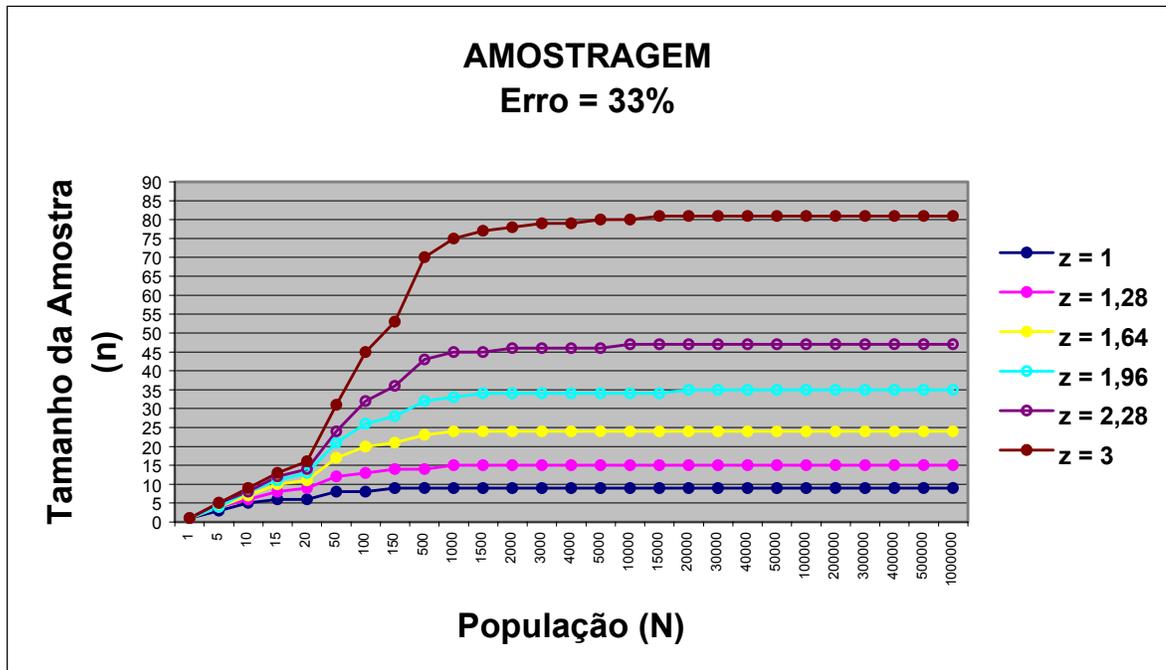


Figura 3.4 – Gráfico do Tamanho da Amostra Para $\varepsilon = 33\%$

3.2.1 Considerações Sobre a Definição do Tamanho da Amostra.

A determinação do tamanho da amostra é um fator de extrema importância quando se trata de controle de qualidade de produtos cartográficos, pois o que se deseja saber é qual o menor tamanho da amostra a ser utilizado nesse processo de avaliação, e que o mesmo seja representativo da população como um todo. Além disso, praticamente quase todas as demais etapas estão condicionadas à essa determinação. Assim, são apresentados a seguir algumas considerações e conclusões acerca dos estudos efetuados para essa finalidade:

- O modelo matemático apresentado para a determinação do tamanho da amostra depende do tamanho da população, intervalo de confiança, erro máximo permissível e desvio padrão;
- Analisando-se os resultados das Tabelas 3.1 e 3.2, nota-se que o tamanho da amostra cresce de acordo com o aumento da população e do intervalo de confiança;
- O exemplo da Tabela 3.1, mostra que para uma população da carta como sendo de 200.000 pontos, intervalo de confiança de 95% e erro máximo permissível de 1%, tem-se o tamanho da amostra necessária de 32.226 pontos, tornando impraticável a sua utilização em um controle de qualidade posicional. Esse número difere de estudos efetuados anteriormente, como por exemplo os citados por Merchant (1982), que especifica que 20 pontos são necessários para a avaliação da qualidade posicional da carta. Porém, deve-se ressaltar que esse número foi obtido pela definição de um rigoroso erro máximo permissível de 1% que corresponde a 0,006m nesse exemplo;

- Pode-se notar na Tabela 3.2 que, para essa mesma população de 200.000 pontos, ao mesmo intervalo de confiança de 95% e erro máximo permissível maior que os adotados na Tabela 3.1, o tamanho da amostra necessária ao controle de qualidade diminui;
- Na Tabela 3.2 onde foi adotado um erro máximo permissível de 33%, ou seja, considerando-se $\varepsilon = \frac{1}{3}\sigma$ que corresponde a 0,2m nesse exemplo, pode-se notar que os valores obtidos como tamanho da amostra são mais condizentes com a realidade e praticáveis no controle de qualidade posicional de um produto cartográfico;
- O tamanho da população deve ser determinado por procedimentos que propiciem, se possível, não só a determinação do número de coordenadas de pontos que compõem o produto cartográfico avaliado, mas que também seja capaz de fornecer a relação dos mesmos, uma vez que essas coordenadas poderão ser utilizadas na próxima etapa do controle, onde os pontos da amostra deverão ser identificados no produto a ser avaliado;
- O desvio padrão empregado foi o valor estipulado pelo PEC para que um produto seja enquadrado na classe “A”, ou seja, 0,3mm vezes o denominador da escala da carta, fazendo com que o número de pontos necessários ao controle de qualidade resultante da aplicação do modelo matemático proposto seja o mesmo para qualquer escala adotada, contanto que a população, o erro máximo permissível e intervalo de confiança adotados sejam os mesmos;
- Nota-se que, a um determinado intervalo de confiança e com um erro máximo permissível, à partir de um valor do tamanho da população o valor da amostra permanece constante;

- Sendo o erro padrão da carta em análise igual a σ_A e considerando que a coordenada de referência σ_R deve ter precisão pelo menos igual a $\frac{1}{3}\sigma_A$, parece razoável assumir que o erro máximo permissível ($\varepsilon = X_R - X_A$) da amostra seja da ordem de $\frac{1}{3}\sigma_A$, ou seja 33%.
- Geralmente, um produto cartográfico apresenta uma população com número de pontos em torno de 100.000. Nesse caso, pode-se utilizar a equação (3.6) para o cálculo do tamanho da amostra necessária, uma vez que os valores obtidos a partir dessa população mantêm-se constantes para o erro máximo permissível ($\varepsilon=33\%$);
- O tamanho da amostra determinado pelas equações propostas (3.6 e 3.8) pode ser usado para análise de tendência (equação 2.8). Quando se trata da análise da precisão (equação 2.13), consta na literatura (BARNETT, 1974) especificações para se determinar o tamanho da amostra para essa análise. Porém, na prática, pode-se utilizar o mesmo tamanho da amostra adotado para análise de tendência. Considerando que um produto cartográfico apresenta, geralmente, uma população em torno de 100.000 pontos e adotando o erro máximo permissível ($\varepsilon=33\%$) nota-se na Tabela 3.2 que o tamanho da amostra para um intervalo de confiança de 90% corresponde a 24 pontos. Dessa forma, o tamanho da amostra será o mesmo para ambas as análises;
- O modelo matemático utilizado pode ser aplicado a qualquer mapeamento, uma vez que o resultado está vinculado, além de outros fatores, ao tamanho da população dessa carta e não à sua extensão.

4 PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CONTROLE DE QUALIDADE POSICIONAL.

Baseado na teoria apresentada e nos testes realizados, neste capítulo é apresentada uma proposta metodológica para o controle de qualidade posicional de produtos cartográficos, visando atender os objetivos principais deste trabalho, além de sua aplicabilidade através de um estudo de caso para área piloto do Município de Paulínia – SP.

4.1 Proposta Metodológica

A seguir são descritas as etapas, principais passos e cuidados que devem ser tomados ao se executar um controle de qualidade posicional.

4.1.1 Controle de Qualidade Posicional

Com relação ao controle de qualidade posicional recomenda-se que sejam realizadas as etapas descritas a seguir.

- **Pré-planejamento e coleta de dados em escritório:** deve-se, primeiramente, determinar o tamanho da amostra a ser utilizado (equação 3.8) levando-se em conta a finalidade do produto cartográfico, custo, tempo disponível para a execução de coleta de dados em campo, etc. Nessa mesma etapa deve-se selecionar, na carta, pontos de controle bem definidos e distribuídos por toda a região mapeada, obtendo-se as suas coordenadas;
- **Determinação da fonte de dados de referência:** nessa fase, deve-se determinar a fonte de dados da qual serão obtidas as coordenadas de referência. Essa fonte (cartas em escalas maiores, GPS, etc.) deve garantir que as coordenadas dos pontos obtidas na mesma sejam determinadas com precisão melhor que 1/3 do erro padrão esperado para a classe da carta a ser avaliada;
- **Coleta de dados em campo:** quando os dados de referência forem obtidos em campo, deve-se utilizar um método de posicionamento adequado e respectivo equipamento que satisfaçam a condição exposta na fase anterior (determinação da fonte de dados de

refrência). Se o ponto selecionado na fase de pré-planejamento não apresentar condição de coleta de dados, deve-se, em campo, selecionar um novo ponto, próximo ao original. Suas coordenadas, devem então, ser medidas no escritório;

- **Análise estatística:** Nesta fase aplica-se os testes para análise de tendência (2.8) e precisão (2.13);
- **Classificação do produto:** finalmente, o produto avaliado pode ser enquadrado em uma das classes estabelecidas pelo PEC contido no Decreto Lei 89.817. Desta forma, chega-se à conclusão, em função dessa classificação, se o produto pode ser utilizado para o fim ao qual se destina.

4.2 Área Piloto do Município de Paulínia - SP

Com intuito de aplicar os conceitos apresentados sobre controle de qualidade posicional em mapeamento, propôs-se a elaboração de um estudo de caso. Para tanto, foram utilizados dados obtidos por Nogueira Júnior e Maldonado (2000) referentes ao controle de qualidade posicional da base cartográfica do município de Paulínia-SP, cujos resultados foram apresentados em um trabalho de graduação do Curso de Engenharia Cartográfica FCT/UNESP. O trabalho foi realizado através da seleção de pontos de controle nas cartas disponíveis (escalas 1:2.000 e 1:10.000), de forma que os mesmos ficassem homogeneamente distribuídos, porém, distantes dos pontos de apoio utilizados na restituição, além de recobrirem toda área do município.

Os pontos escolhidos deviam, se possível, estar restituídos tanto na carta de escala 1:2.000 como na carta de escala 1:10.000. Desta forma, a etapa de levantamento teria o seu tempo reduzido, bem como o custo. O levantamento dos pontos de controle foi executado com auxílio de receptores GPS empregando-se o método relativo estático de posicionamento.

Após estas etapas foram comparadas as coordenadas obtidas no terreno com as existentes nas cartas e, através de métodos estatísticos, foi verificada a qualidade posicional das cartas permitindo a classificação dos produtos de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica.

4.2.1 Definição da Área de Estudo.

O município de Paulínia pertence a XI Região de Governo do Estado de São Paulo, com sede em Campinas - SP. A área total do município é da ordem de 144 km² e a população, estimada segundo o IBGE, de 44.440 habitantes.

4.2.2 Descrição dos Produtos Cartográficos Analisados.

O mapeamento empregado na realização do trabalho consiste de cartas na escala 1:2.000 e 1:10.000, abrangendo toda a área do município. As características para as duas escalas são as citadas abaixo.

- Número de folhas: 98 para escala 1:2.000 e 12 folhas para escala 1:10.000;
- Projeção: UTM (Universal Transversa de Mercator);
- Referencial Horizontal: SAD69;
- Referencial Vertical: Marégrafo de Imbituba, SC;
- Meridiano Central: 45° W;
- Fuso: 23⁰;
- Eqüidistância das curvas de nível: 1 metro para escala 1:2.000 e 5 metros para escala 1:10.000;
- Formato: Digital (DXF).

4.2.3 Controle de Qualidade Posicional.

As etapas executadas para o controle de qualidade posicional, consistiram do pré-planejamento, para a determinação do tamanho da amostra, seleção e distribuição dos pontos de controle e a aplicação dos testes estatísticos para cada carta avaliada.

4.2.3.1 Pré-planejamento.

Pode-se dividir a fase de pré-planejamento em duas etapas: na primeira efetua-se os cálculos para a determinação do tamanho da amostra, e na segunda etapa a escolha e distribuição dos pontos da amostra, denominados de referência ou pontos de controle.

4.2.3.1.1 Determinação do Tamanho da Amostra

Na execução do controle de qualidade posicional dos produtos cartográficos do município de Paulínia – SP, os estudos referentes à amostragem, que fazem parte dessa dissertação, ou seja, a definição dos elementos para o cálculo do tamanho da amostra necessária ainda não haviam sido iniciados. Portanto, o tamanho da amostra obtido na ocasião resultou de um procedimento adotado que será descrito na próxima seção referente à seleção e distribuição dos pontos de controle.

4.2.3.1.2 Seleção e Distribuição dos Pontos de Controle

Para seleção dos pontos de controle, foram analisadas as folhas das cartas nas escalas 1:2.000 e 1:10.000 juntamente com as respectivas fotografias aéreas do município.

Com intuito de obter-se uma distribuição homogênea dos pontos por todo o município, escolheu-se em determinadas folhas um ponto bem definido, distante dos pontos de controle utilizados na restituição e que, se possível, estivessem restituídos em ambas as escalas.

Adotou-se o seguinte critério de nomenclatura:

- Para a carta de escala 1:2.000 adotou-se como identificação para o ponto a letra “C”, seguida de dois algarismos correspondentes à folha à qual o mesmo pertencia. Como exemplo cita-se o ponto **C-20**, onde a letra “C” indica a escala 1:2.000 e os algarismos indicam que este ponto está localizado na folha **20**;
- Para a carta de escala 1:10.000 adotou-se como identificação para o ponto a letra “D”, seguida de dois algarismos correspondentes à folha à qual o mesmo pertencia. Como exemplo cita-se o ponto **D-07**, onde a letra “D” indica a escala 1:10.000 e os algarismos indicam que este ponto está localizado na folha **07**;
- No caso da ocorrência de mais de um ponto em uma mesma folha, acrescentou-se uma letra, obedecendo a ordem alfabética, como por exemplo o ponto **C- 54A**.

Desta forma, determinou-se 48 pontos de controle para as cartas de escala 1:2.000 e 27 pontos de controle para as cartas de escala 1:10.000. A distribuição desses pontos são mostradas nas Figuras 4.1 e 4.2.

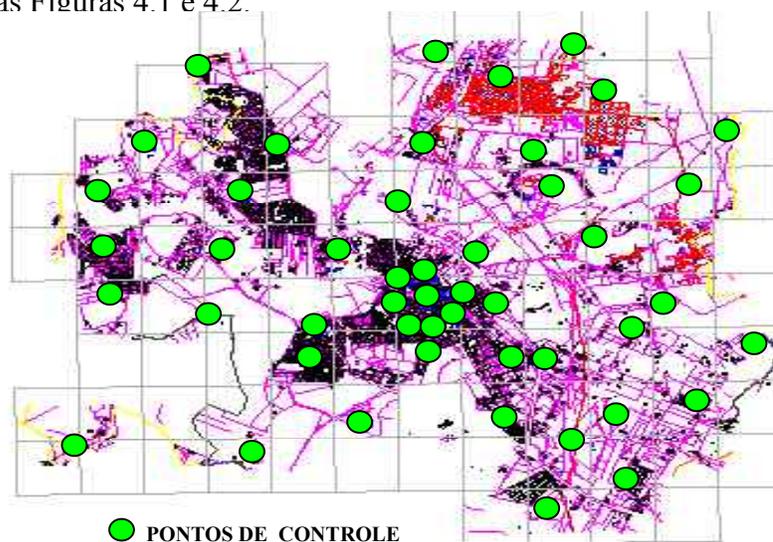


Figura 4.1 – Distribuição dos Pontos de Controle na Carta 1:10.000

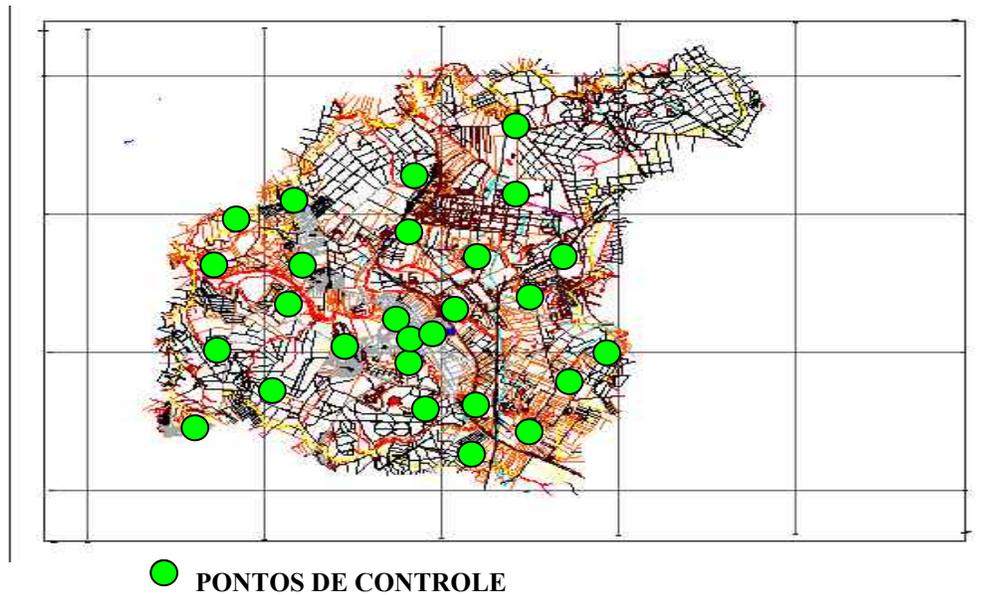


Figura 4.2 – Distribuição dos Pontos de Controle na Carta 1:10.000

4.2.3.1.3 Determinação do Tamanho da Amostra Utilizando a Metodologia Proposta

Nesta seção pretende-se aplicar os estudos referentes à amostragem, desenvolvidos no capítulo 3, para definir o tamanho da amostra necessária para execução do controle de qualidade posicional da base cartográfica do município de Paulínia – SP e compará-lo ao tamanho da amostra determinado pelo processo de distribuição homogênea mostrado na seção 4.2.3.1.2.

Na expressão (3.8), nota-se que para calcular o tamanho da amostra é necessário definir o intervalo de confiança (z), o valor do erro máximo permissível (ϵ) e o desvio padrão (σ). Restou ainda a definição do tamanho da população N . Sugere-se para essa determinação, a utilização de um software chamado *DXF2XYZ*, disponível gratuitamente na internet no endereço www.guthcad.com.au por *Guthrie CAD/GIS Software 1999-2000*. Esse software fornece uma listagem de coordenadas por níveis de informações específicos escolhidos, ou o total de coordenadas (população) existentes em todos os níveis que compõem uma base cartográfica digital, sendo que, para isso, a mesma deve estar em formato DXF.

Recomenda-se a não inclusão de níveis de informações que contenham textos, símbolos, etc., para a execução desse procedimento, ou seja, elementos que na verdade não representam a população da carta.

A Figura 4.3 mostra uma das telas exibidas pelo software, bem como o resultado para a verificação da população de uma carta digital.

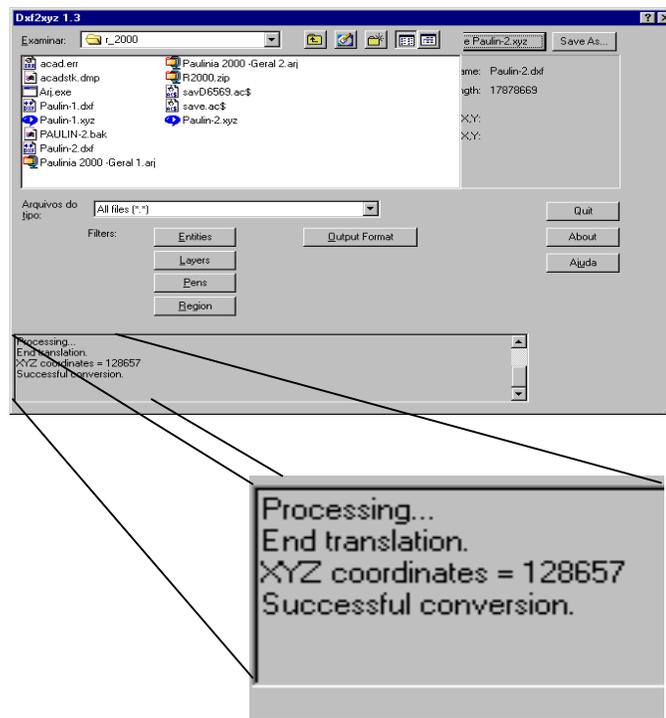


Figura 4.3 – Tela de Opções e Processamento do Software Dxf2xyz 1.3

Executou-se, com o auxílio desse software, um processamento para a verificação da população do arquivo referente a carta na escala 1:2.000, obtendo como resultado a quantidade de 1.409.573 pontos. Isso foi feito somente para exemplificar que há uma significativa diferença na quantidade de pontos, uma vez que a mesma continha níveis de informações que não representavam a sua população, ou seja, níveis contendo textos, símbolos e principalmente curvas de níveis. Assim, eliminou-se esses níveis e executou-se um novo processamento, obtendo-se como resultado um número de 128.657 pontos, que realmente representam a sua população. Esse resultado pode ser verificado na Figura 4.3.

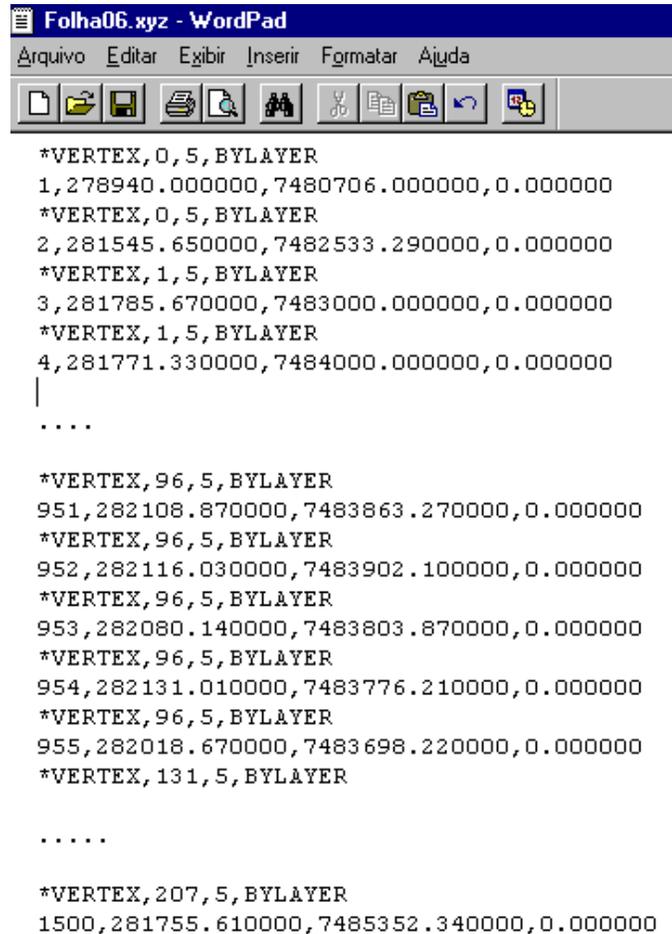
Procedimento análogo ao anterior, ou seja, a eliminação de níveis de informações que não representavam a sua população e execução do processamento para a carta na escala 1:10.000, obtendo-se como resultado um número de 98.676 pontos.

Salienta-se que, antes de se executar os cálculos para determinação do tamanho da amostra para a avaliação de um produto cartográfico, os valores do intervalo de confiança e o erro máximo permissível devem ser definidos a priori em função da finalidade da carta, custo econômico e tempo disponível para a execução dos testes. Exemplos desses valores definidos a priori e adotados para a avaliação de produtos cartográficos podem ser encontrados em Rocha (2002), que apresentou alguns valores de erro máximo permissível e intervalo de confiança de forma a garantir que o custo envolvido na medição dos pontos testes não seriam superiores a 5% do valor médio do mapeamento e que apresentasse um nível de confiança que garantisse elevada qualidade na estimativa.

Definido a população das cartas e considerando a teoria apresentada na seção (3.2), a um nível de significância (α) de 10%, erro máximo permissível ($\varepsilon = \frac{1}{3} \sigma$) de 0,20m, obtém-se $n = 25$ pontos como tamanho da amostra para ambas as escalas.

4.2.3.1.4 Seleção e Distribuição dos Pontos de Controle Utilizando a Metodologia Proposta.

Definido o tamanho da amostra, a próxima etapa consiste na escolha efetivamente dos pontos testes de forma aleatória. Isso é feito através de sorteio, utilizando-se uma tabela de dígitos aleatórios, calculadora, etc. Porém, para que isso seja possível, é necessário que se possua uma relação sequencial de todas as coordenadas que compõem a carta. O software *DXF2XYZ*, utilizado para determinar a população das cartas a serem avaliadas, gera um arquivo que fornece essa listagem. Parte da mesma é apresentada na Figura 4.4.



```

*VERTEX, 0, 5, BYLAYER
1, 278940.000000, 7480706.000000, 0.000000
*VERTEX, 0, 5, BYLAYER
2, 281545.650000, 7482533.290000, 0.000000
*VERTEX, 1, 5, BYLAYER
3, 281785.670000, 7483000.000000, 0.000000
*VERTEX, 1, 5, BYLAYER
4, 281771.330000, 7484000.000000, 0.000000
|
....

*VERTEX, 96, 5, BYLAYER
951, 282108.870000, 7483863.270000, 0.000000
*VERTEX, 96, 5, BYLAYER
952, 282116.030000, 7483902.100000, 0.000000
*VERTEX, 96, 5, BYLAYER
953, 282080.140000, 7483803.870000, 0.000000
*VERTEX, 96, 5, BYLAYER
954, 282131.010000, 7483776.210000, 0.000000
*VERTEX, 96, 5, BYLAYER
955, 282018.670000, 7483698.220000, 0.000000
*VERTEX, 131, 5, BYLAYER

.....

*VERTEX, 207, 5, BYLAYER
1500, 281755.610000, 7485352.340000, 0.000000

```

Figura 4.4 – Parte da Listagem de Pontos que Compõem a Carta

Os pontos de teste são então, sorteados “n” vezes, até que se complete o total de pontos da amostra determinada anteriormente. Porém, digitar números aleatoriamente não é uma tarefa fácil, sem contar que por esse processo os números digitados nunca serão realmente randômicos. Uma forma de se gerar uma listagem aleatória desses pontos testes é através da planilha *Microsoft Excel* e para isso é necessário seguir os seguintes passos:

- Na célula desejada deve-se digitar =ALEATORIO () e posteriormente deve-se pressionar [ENTER];
- A célula mostrará um número randômico dentro de uma determinada faixa que corresponderá ao tamanho da população (no caso entre 0 e 1);

- Deve-se, então, selecionar uma faixa que contenha o tamanho da população da carta a qual se deseja sortear os elementos da amostra. Supondo que essa população seja de 10 elementos, então deve-se selecionar a faixa correspondente digitando: =ALEATÓRIO()*10;
- Para definir outras faixas população deve-se digitar
=ALEATÓRIO()*100 (para população da carta entre 1 e 100);
=ALEATORIO()*1000 (para população da carta entre 1 e 1000);
e assim por diante;
- Finalmente, basta selecionar a célula na qual foi definida a faixa de população e arrastar o cursor até se completar a quantidade referente ao tamanho da amostra. Supondo o tamanho da amostra igual a 25 elementos e que a célula na qual a faixa da população foi determinada seja a “A1”. Então, seleciona-se a mesma e arrasta-se o cursor até a célula “A25”, tendo-se como resultado 25 números aleatórios correspondentes à amostra;
- Cada vez que se pressionar a tecla [F9], ou entrar novamente na planilha, todos os números serão gerados novamente.

Após a geração da listagem dos números aleatórios referentes ao tamanho da amostra, os mesmos devem ser localizados na carta e verificado se são bem definidos, ou seja, de fácil identificação e que tanto na carta quanto no campo propiciem facilidade e condições de coleta de dados. Exemplos de pontos bem definidos são cruzamento de vias, canto de cerca, etc. Caso um determinado ponto sorteado não atenda a essas exigências, deve-se procurar um ponto próximo que as atenda e, considerá-lo como o novo ponto teste. Supondo que, através do mecanismo escolhido para sorteio aleatório dos pontos de controle, o número sorteado tenha sido 952. Assim na listagem das coordenadas geradas pelo software *DXF2XYZ*

(Figura 4.4), obtém-se as coordenadas do referido ponto cuja localização será feita na carta utilizando-se para isso um aplicativo CAD.

A Figura 4.5 mostra a localização do ponto 952 sorteado. Porém, pelo fato de não ser bem definido, o mesmo foi deslocado para um novo local o mais próximo possível e que possui as características ideais para um ponto de controle.

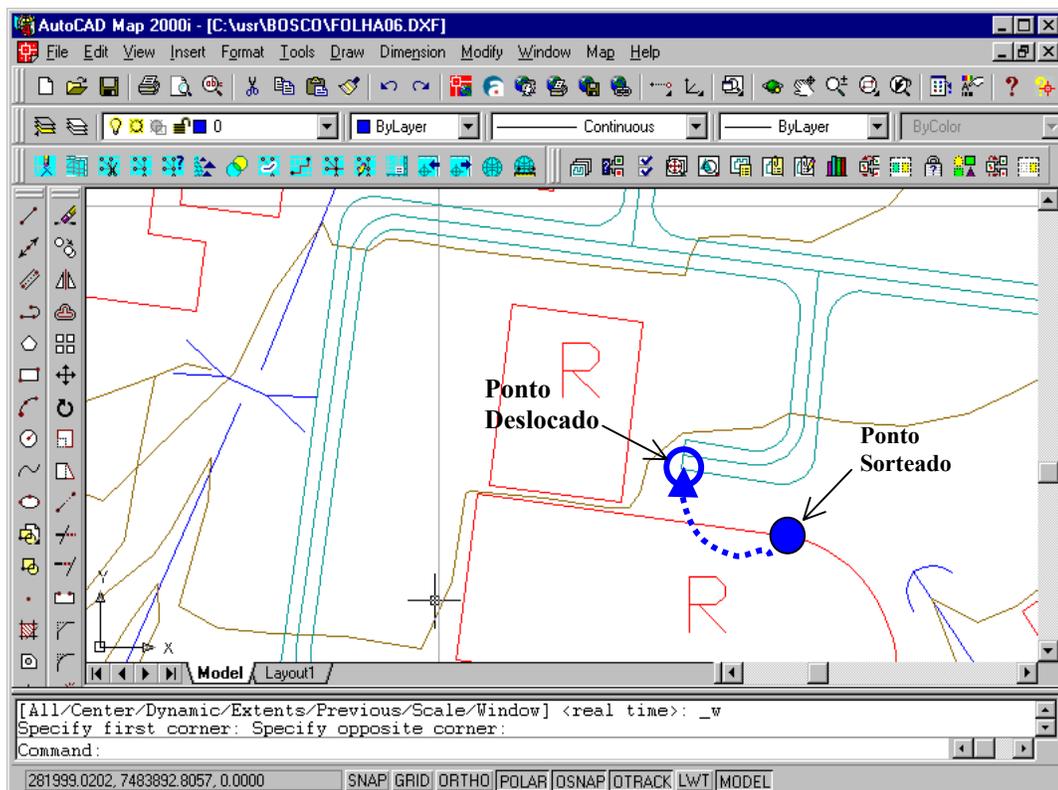


Figura 4.5 – Ponto Sorteado e Ponto Efetivo (Deslocado) a Ser Medido

Executou-se então o sorteio dos pontos da amostra utilizando-se da planilha *Microsoft Excel* e obteve-se as coordenadas de cada ponto sorteado através da listagem fornecida pelo software *DXF2XYZ* para cada carta. Os pontos sorteados bem como as suas respectivas coordenadas são mostrados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Coordenadas dos Pontos Sorteados, no Datum SAD69, Fuso 23

Escala 1:2.000			Escala 1:10.000		
Ponto	Coordenadas		Ponto	Coordenadas	
	E (m)	N (m)		E (m)	N (m)
54.313	280673,070	7476915,830	35.822	280357,410	7483681,360
102.922	277970,780	7479902,980	53.605	276874,390	7484123,360
98.232	272971,862	7483121,794	7.106	285084,450	7488399,110
92.842	279244,111	7484559,405	13.820	274911,280	7485183,300
84.864	280709,321	7485470,702	19.462	279744,770	7484702,070
65.455	278757,850	7481418,140	15.871	281336,340	7484485,890
86.772	281531,798	7486312,975	5.820	284631,730	7489585,870
7.619	278681,610	7480024,130	54.884	277379,980	7484893,460
31.342	283421,818	7483279,561	59.627	280979,010	7485538,280
121.946	277511,390	7481899,550	33.942	279097,040	7484536,900
44.762	277390,330	7480348,650	28.250	280793,330	7484516,990
123.382	278153,010	7481993,170	30.729	281452,250	7485264,360
111.441	281689,310	7476829,990	2.931	277153,390	7488755,770
90.390	281342,500	7485021,276	85.435	274699,680	7477896,830
67.664	278850,120	7480720,446	92.595	280963,070	7481699,510
106.425	273760,070	7478315,580	94.835	277293,410	7478102,660
110.996	280747,720	7477816,630	86.012	272675,820	7478475,780
69.076	278244,420	7480561,210	76.026	282200,750	7486836,110
19.621	276352,830	7483732,585	66.691	280509,110	7484943,370
84.541	280071,824	7485765,418	83.712	274467,750	7477998,400
92.524	282085,909	7485241,003	69.774	278583,770	7483476,120
33.838	275058,330	7481850,720	89.762	279102,000	7482535,450
62.917	273636,846	7481596,471	75.413	283302,320	7486521,520
83.273	283662,879	7482088,141	62.314	281310,150	7485631,590
113.834	275455,423	7484641,884	87.701	277192,570	7482218,420

Com as coordenadas dos pontos sorteados, os mesmos foram identificados na base cartográfica. Porém alguns desses pontos não se apresentavam de forma bem definida, sendo então deslocados para um local próximo que garantisse condições de coleta de dados em campo e que fossem bem definidos. As coordenadas dos pontos deslocados são mostradas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Coordenadas dos Pontos Sorteados - Bem Definidos, no Datum SAD69, Fuso 23

Escala 1:2.000			Escala 1:10.000		
Ponto	Coordenadas		Ponto	Coordenadas	
	E (m)	N (m)		E (m)	N (m)
54.313	280680,220	7476937,930	35.822	280357,410	7483681,360
102.922	277970,780	7479902,980	53.605	276859,080	7484188,030
98.232	273550,859	7483345,850	7.106	284159,030	7488501,270
92.842	279353,960	7484614,640	13.820	275222,580	7485334,500

Continua

Continuação

84.864	280370,090	7485597,120	19.462	279423,500	7484625,870
65.455	278753,620	7481391,890	15.871	281366,660	7484512,640
86.772	281644,600	7485968,250	5.820	280031,420	7489721,670
7.619	278670,980	7480023,520	54.884	277353,510	7485364,640
31.342	283431,200	7483631,310	59.627	281150,840	7485678,330
121.946	277414,820	7481931,400	33.942	279416,260	7483197,590
44.762	277390,330	7480348,650	28.250	280646,640	7484651,980
123.382	278270,550	7482045,550	30.729	281712,640	7485139,580
111.441	281689,310	7476829,990	2.931	277344,090	7488659,860
90.390	281705,010	7484530,320	85.435	273945,130	7477386,100
67.664	278849,870	7480697,070	92.595	280336,410	7482154,090
106.425	273760,070	7478315,580	94.835	278078,890	7476734,550
110.996	280730,790	7477792,100	86.012	272348,330	7478253,440
69.076	278443,180	7480603,060	76.026	282154,690	7486270,930
19.621	276352,830	7483732,585	66.691	280289,590	7485915,100
84.541	279872,990	7485934,240	83.712	275186,330	7478333,350
92.524	282057,510	7485516,760	69.774	278108,500	7482091,880
33.838	275037,750	7481819,550	89.762	279031,140	7482575,110
62.917	273636,846	7481596,471	75.413	284107,460	7484901,980
83.273	283662,879	7482088,141	62.314	280617,500	7486763,200
113.834	275455,423	7484641,884	87.701	274569,320	7482950,790

Nas Figuras 4.6 e 4.7 são mostradas as distribuições dos pontos de teste sorteados e deslocados para as cartas de escala 1:2.000 e 1:10.000, respectivamente.

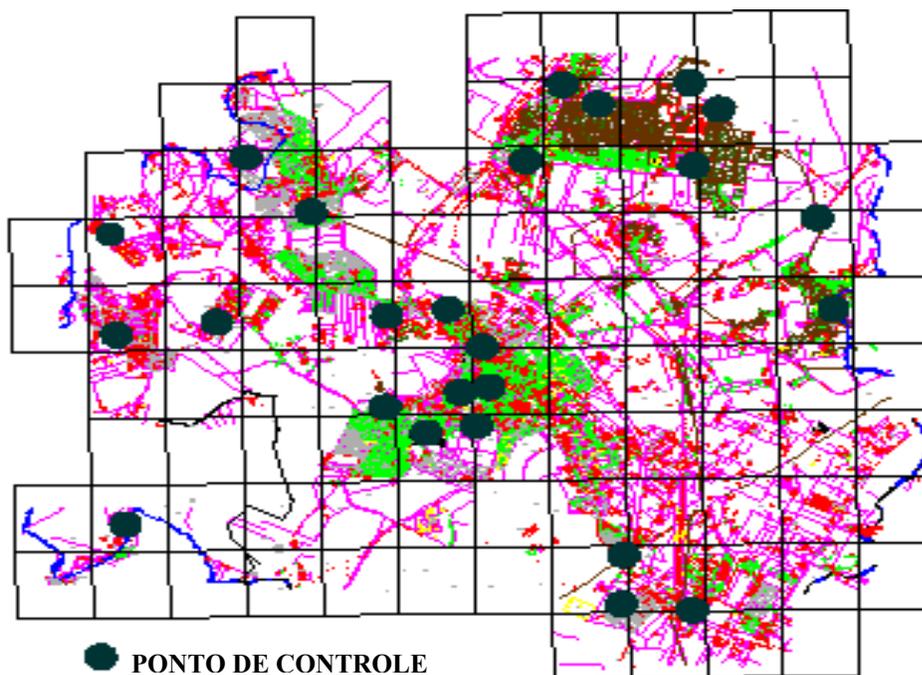


Figura 4.6 – Distribuição dos Pontos de Controle Sorteados – Carta na Escala 1:2.000

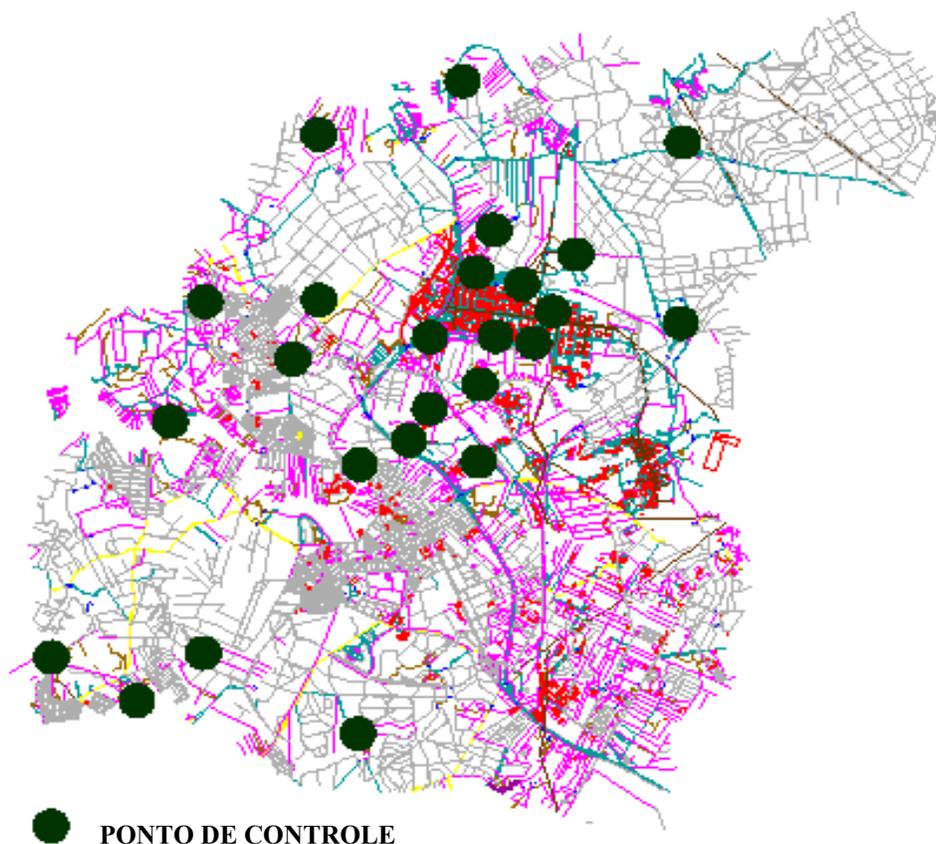


Figura 4.7 – Distribuição dos Pontos de Controle Sorteados – Carta na Escala 1:10.000

4.2.3.1.5 Considerações Sobre a Determinação do Tamanho da Amostra Pelo Critério de Distribuição Homogênea e Pela Metodologia Proposta.

Após a apresentação das formas de determinação do tamanho da amostra pela metodologia empregada por Nogueira Júnior e Maldonado (2000) e a nova metodologia proposta nesse trabalho, algumas considerações à respeito das mesmas são descritas a seguir.

Nota-se pela primeira metodologia aplicada que o número de pontos da amostra (definido em função da sua distribuição por toda área de forma homogênea, etc.) foi de 48 pontos para carta na escala 1:2.000 e 27 pontos para carta na escala 1:10.000. Pela nova metodologia proposta o tamanho da amostra representativa corresponde a 25 pontos tanto para carta na escala 1:2.000 quanto para 1:10.000.

Considerando que as coordenadas dos pontos homólogos, nesse caso, deveriam ser obtidas em campo, verifica-se pela nova metodologia proposta que há uma significativa redução no número dos mesmos no que diz respeito à carta na escala 1:2.000.

Isso traz grandes benefícios para a execução dessa etapa dentro do controle de qualidade, uma vez que, não mais deveria se obter dados de 48 pontos em campo mas de apenas 25, o que acarretaria em redução de custos, tempo e otimização do processo. No que diz respeito ao tamanho da amostra para carta na escala 1:10.000, os números se mostraram praticamente equivalentes pela aplicação de ambas as metodologias.

A distribuição dos pontos usados na primeira metodologia (Figuras 4.1 e 4.2), assegura que não haja concentração dos mesmos em determinadas regiões da carta. Pelo critério de sorteio contemplado na metodologia proposta, essa concentração pode ocorrer, podendo-se aceitar uma carta desqualificada a partir de testes baseados em uma amostra de boa qualidade (risco do usuário) ou de se rejeitar uma carta qualificada com uma amostra de qualidade ruim (risco do produtor). Portanto, sugere-se a execução de novos estudos no intuito de tentar solucionar esse eventual problema.

Ressalta-se que, aplicando-se ambas as metodologias, existe a possibilidade de que determinadas folhas possam não ser contempladas com pontos de controle. Portanto, sugere-se o emprego da metodologia proposta (seção 4.2.3.1.3) combinando-se a amostragem estratificada (seção 3.1.3) e a amostragem casual simples (seção 3.1.5).

Após a execução da fase de pré-planejamento, parte-se para a próxima fase que diz respeito à obtenção das coordenadas dos pontos de teste no terreno.

4.2.3.2 Obtenção das Coordenadas dos Pontos de Teste no Terreno

Para que a classificação de uma carta seja feita com segurança, além do número e da distribuição dos pontos, deve-se conhecer a precisão necessária na determinação dos pontos de referência (GALO e CAMARGO, 1994). Antecedendo o levantamento de campo, foi investigado se o GPS atenderia às exigências de precisão para este tipo de avaliação, pois segundo Merchant (1982), os pontos de referência a serem utilizados devem ser determinados por procedimentos no qual o erro não seja superior a 1/3 do erro padrão

esperado para a classe da carta. Seguindo esta premissa, calculou-se a tolerância mínima para os pontos, tomando como parâmetro uma carta de classe A, ou seja, com um erro padrão de 0,3 mm na escala da carta. No caso das cartas nas escalas 1:2.000 e 1:10.000 utilizadas na realização deste estudo, os pontos devem ser determinados por procedimentos que proporcionem precisão da ordem de 0,2 m e 1,0 m respectivamente.

Assim verificou-se a viabilidade da utilização do GPS, uma vez que o mesmo quando é empregado para fins de levantamentos geodésicos tem alcançado precisão centimétrica e até sub-centimétrica, o que condiz perfeitamente com a tolerância exigida em relação ao erro padrão (EP) para o método de posicionamento relativo estático, que foi utilizado nesse trabalho. Informações adicionais sobre conceitos, sistema de referência e técnicas de posicionamento associadas ao GPS, bem como informações a respeito do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), podem ser encontradas em textos especializados, tais como Monico (2000).

4.2.3.3 Procedimentos de Rastreio em Campo

Verificadas as exigências preliminares, a próxima etapa referiu-se ao levantamento de campo propriamente dito, onde foi empregado, conforme já citado, o método de posicionamento relativo estático. Utilizou-se um par de receptores GPS 4600 LS da Trimble, ficando um dos equipamentos posicionado numa estação de coordenadas conhecidas (base), com localização no centro do município, sobre a caixa d'água do Universo Hotel. Essa estação é denominada de "Hotel". O outro receptor (rover) foi utilizado para levantamentos dos pontos de interesse.

De posse das cartas de escala 1:2.000 e 1:10.000, nas quais constavam os pontos de controle pré-selecionados no planejamento, foram determinados pela equipe de levantamento, para cada dia, quais destes seriam rastreados, bem como as rotas de acesso. Assim, o trabalho de campo tornou-se objetivo e otimizado.

Em todos os dias, no início das atividades, o receptor fixo era instalado e ligado em um tripé com base niveladora na estação “Hotel”, tendo sempre o cuidado de se aguardar alguns segundos para verificar se o equipamento estava coletando dados e se não apresentava qualquer tipo de problema, uma vez que este receptor permaneceria fixo e operante durante o dia inteiro de serviço, sem nenhuma supervisão. Outro cuidado tomado foi o de se utilizar, além da fonte de alimentação externa (bateria), quatro pilhas internas que garantiriam, no caso de uma falha da fonte externa, até 35 horas de coleta de dados, evitando-se assim uma eventual perda dos trabalhos executados com o receptor itinerante.

Após a verificação e tomados os cuidados anteriormente citados, preenchia-se um relatório de ocupação para o ponto, onde constava:

- Nome da estação;
- Identificação do receptor;
- Data do rastreo;
- Horário de início do rastreo;
- Horário de encerramento do rastreo;
- Altura da antena do receptor;
- Tipo de altura (inclinada / true vertical).

Com o equipamento base executando o rastreo, deslocava-se para o local onde se situava cada ponto selecionado no planejamento.

Caso o ponto não propiciasse condições ideais para um bom rastreo, ou seja, existisse a probabilidade de ocorrência de multicaminhamento, dificuldade no acesso, etc., um novo ponto era escolhido no local, respeitando a condição de que o mesmo deveria, se possível, estar restituído tanto na carta de escala 1:2.000 como na carta de escala 1:10.000.

Atendidas essas exigências, o receptor era ligado, adotando-se 45 minutos como sendo o intervalo de tempo de duração do rastreo. Para cada ponto de controle,

preenchia-se o relatório de ocupação e fazia-se um croqui da situação do ponto, pois os mesmos serviram como auxílio na identificação dos pontos durante a fase de processamento dos dados.

Ao final do expediente, após o receptor base ter sido desligado, os dados de ambos os equipamentos eram descarregados com a finalidade de liberar espaço de memória para novas coletas. Um pré-processamento era executado com o intuito de verificar a qualidade dos dados, evitando-se assim a necessidade de novos rastreios em pontos já visitados ou a necessidade de reocupar pontos que não apresentavam qualidade satisfatória.

4.2.3.4 Processamento dos Dados GPS

De posse dos dados do levantamento de campo partiu-se para a etapa de processamento e análise, realizadas no Laboratório de Geodésia Espacial (LGE), da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Unesp. O software utilizado para o processamento foi o GPSurvey 2.35a, que acompanha os receptores 4600 LS da Trimble (TRIMBLE, 1996), os quais foram empregados na etapa de levantamento dos pontos de controle no campo.

Terminado o processamento e análise da qualidade do levantamento, obteve-se os resultados para as linhas de base que ligam os pontos de controle ao Hotel (estação de referência) cujos valores dos desvios-padrão das coordenadas obtidas alcançaram precisão muitas vezes melhor que a tolerância estabelecida.

4.2.3.5 Transformação de Coordenadas e Datum

As coordenadas dos pontos de controle provenientes do processamento dos dados GPS (geodésicas no sistema WGS84) foram submetidas a uma transformação para adequar-se às cartas com coordenadas UTM e sistema SAD69. Esta transformação foi realizada com auxílio do programa *GPTrans* (TRIMBLE, 1996).

É necessário salientar que levantamentos GPS, embora precisos, não fornecem a altitude ortométrica e sim a altitude geométrica (h), distância contada sobre a normal, do ponto ao elipsóide. Portanto, para ser útil às obras de engenharia, que necessitam de altitudes relacionadas ao geóide, são necessárias providências adicionais.

Calculou-se a tolerância mínima para os pontos, tomando como parâmetro uma carta de classe A, ou seja, com um erro padrão de 1/3 da equidistância entre as curvas de nível da carta. No caso das cartas 1:2.000 e 1:10.000 utilizadas para a realização deste estudo os pontos poderiam ser determinados por procedimentos com uma precisão de 0,11 m e 0,55 m, respectivamente. Portanto, foi necessário a determinação dos parâmetros da superfície geoidal do município de Paulínia, utilizados para transformação da altitude geométrica em ortométrica com uma melhor precisão, possibilitando assim a utilização dos pontos levantados com auxílio do GPS para o controle de qualidade posicional.

Para tanto utilizou-se 13 RN's, rastreadas via GPS na região de Paulínia levando em consideração a distribuição das mesmas na área. Estas RN's foram rastreadas durante a etapa de levantamento de pontos de apoio aerofotogramétricos utilizados na restituição que deu origem ao mapeamento analisado neste trabalho.

Após cumpridas as etapas anteriores, foram aplicados os testes estatísticos para as cartas em ambas as escalas.

4.2.4 Estudo de Caso Para as Cartas na Escala 1:2.000

Com as coordenadas dos pontos de controle levantadas em campo, e as coordenadas da carta, efetuou-se o cálculo das suas discrepâncias. O resultado deste cálculo bem como as médias e desvios-padrão são mostrados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Diferença Entre as Coordenadas

Ponto	ΔE (m)	ΔN (m)	Δ Resultante (m)	ΔH_{ort} (m)
C-02	-0,005	-0,192	0,192	-0,090
C-04	0,129	0,326	0,350	-0,787
C-11	0,075	-0,061	0,097	-0,460
C-13	0,104	-0,205	0,230	-2,101
C-16	0,212	0,103	0,236	-2,412
C-18	0,435	-0,761	0,876	-4,483
C-20	-0,290	-0,047	0,294	-0,442
C-22	-0,626	-0,780	1,000	-0,771
C-25	-0,723	-2,931	3,019	0,023
C-27	-0,182	-0,399	0,438	-2,503
C-29	-0,528	-1,152	1,267	-1,217
C-32	-0,366	-1,444	1,490	-2,637
C-34	-0,909	-0,223	0,936	-0,158
C-36	0,303	0,245	0,389	-1,268
C-39	-0,109	-0,019	0,111	-2,656
C-41	1,562	-0,298	1,590	-3,083
C-43	0,003	-0,253	0,253	-2,620
C-45	-0,088	-0,143	0,168	-1,547
C-47	-0,043	0,356	0,358	-2,780
C-49	0,747	-0,963	1,219	-2,786
C-51	2,422	-0,444	2,462	-1,884
C-52	-1,676	-0,821	1,866	-0,684
C-54A	-0,175	-0,052	0,182	-2,730
C-54B	-0,217	-0,345	0,407	-0,111
C-54C	-0,865	-0,076	0,868	-3,143
C-54D	-0,266	-0,070	0,275	-0,617
C-54E	0,063	1,453	1,454	-3,206
C-54F	0,165	0,339	0,377	-2,996
C-54G	-0,169	-0,804	0,821	-0,317
C-54H	0,312	-0,117	0,333	0,066
C-54I	-0,745	0,410	0,850	-0,889
C-54J	-0,181	0,202	0,271	-2,555
C-55	-1,282	-0,649	1,437	-2,067
C-58	-0,620	0,246	0,667	-1,209
C-63	-0,440	-0,544	0,699	-1,113
C-65	-0,037	-0,745	0,746	-0,352
C-67	0,632	1,349	1,489	-1,195
C-68	1,376	-1,859	2,313	-2,803
C-70	0,252	-0,586	0,638	-1,044
C-76	-0,541	-0,224	0,585	-0,207
C-78	0,574	-0,181	0,602	-2,817
C-80	-0,749	1,298	1,499	-2,199
C-81	0,876	0,351	0,944	0,328
C-83	-2,854	-1,397	3,177	-4,169
C-86	-0,841	0,093	0,846	-4,062
C-91	0,346	-0,518	0,623	-3,153
C-92	0,678	2,599	2,686	-2,346
C-96	-0,391	0,912	0,992	-4,481
Média	-0,071	-0,188	-1,786	0,929
Desvio	0,823	0,875	1,319	0,775

A seguir são apresentados nas Tabelas 4.4 e 4.5 os resultados para os testes estatísticos de Análise de Tendência e Precisão efetuados para a escala 1:2.000, considerando-se o intervalo de confiança de 90% e os 48 pontos determinados pela distribuição homogênea.

Tabela 4.4 – Resultados para a Análise de Tendência (Componentes – 1:2.000)

		Planimetria	Altimetria	
Tendência	z	1,64	1,64	
	z_E	-0,820m	-	
	z_N	-2,171m	-	
	z_H	-	-20,622m	
	Análise	$z_E < Z_{\text{Tabelado}}$	-	-
		$z_N > Z_{\text{Tabelado}}$	-	-
		$z_H > Z_{\text{Tabelado}}$	-	-
Componente	E	Sem tendência	-	
	N	Apresenta tendência	-	
	H	-	Apresenta tendência	

Tabela 4.5 – Resultados para a Análise de Precisão (Componentes – 1:2.000)

		Planimetria	Altimetria	
Precisão	$\chi^2_{47;10\%}$	59,774	59,774	
	χ^2_E	Classe A	172,382	-
		Classe B	62,003	-
		Classe C	43,094	-
	χ^2_N	Classe A	195,619	-
		Classe B	70,361	-
		Classe C	48,903	-
	χ^2_H	Classe A	-	768,030
		Classe B	-	522,744
		Classe C	-	334,556
Classe obtida		C	Sem classificação	

Pela metodologia proposta, conforme já citado, o número de pontos representativos como amostra corresponde a 25 para a carta na escala 1:2.000 e 25 para a carta na escala 1:10.000. Para a execução dos testes estatísticos, deveriam ser coletados dados em campo dos pontos determinados pelo sorteio aleatório (Figuras 4.6 e 4.7). Porém, a proposta desse trabalho é de se utilizar dados disponíveis, sem a coleta de novos dados. Dessa forma, efetuou-se um sorteio de 25 pontos dentre os 48 disponíveis para a carta na escala 1:2.000 (Tabela 4.3).

O resultado dos cálculos das diferenças entre as coordenadas dos pontos sorteados bem como as médias e desvios-padrão são mostrados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Diferença Entre as Coordenadas – Pontos Sorteados

Ponto	ΔE (m)	ΔN (m)	Δ Resultante (m)	ΔH_{ort} (m)
C-02	-0,005	-0,192	0,192	-0,090
C-13	0,104	-0,205	0,230	-2,101
C-16	0,212	0,103	0,236	-2,412
C-18	0,435	-0,761	0,876	-4,483
C-29	-0,528	-1,152	1,267	-1,217
C-32	-0,366	-1,444	1,490	-2,637
C-34	-0,909	-0,223	0,936	-0,158
C-36	0,303	0,245	0,389	-1,268
C-39	-0,109	-0,019	0,111	-2,656
C-41	1,562	-0,298	1,590	-3,083
C-47	-0,043	0,356	0,358	-2,780
C-49	0,747	-0,963	1,219	-2,786
C-51	2,422	-0,444	2,462	-1,884
C-52	-1,676	-0,821	1,866	-0,684
C-54A	-0,175	-0,052	0,182	-2,730
C-54B	-0,217	-0,345	0,407	-0,111
C-54E	0,063	1,453	1,454	-3,206
C-54I	-0,745	0,410	0,850	-0,889
C-54J	-0,181	0,202	0,271	-2,555
C-63	-0,440	-0,544	0,699	-1,113
C-65	-0,037	-0,745	0,746	-0,352
C-70	0,252	-0,586	0,638	-1,044
C-76	-0,541	-0,224	0,585	-0,207
C-78	0,574	-0,181	0,602	-2,817
C-81	0,876	0,351	0,944	0,328
Média	0,063	-0,243	0,824	-1,717
Desvio	0,803	0,597	0,600	1,264

A seguir são apresentados nas Tabelas 4.7 e 4.8 os resultados para os testes estatísticos de Análise de Tendência e Precisão efetuados para a escala 1:2.000, considerando-se o intervalo de confiança de 90% e os 25 pontos determinados pela aplicação da metodologia proposta.

Tabela 4.7 – Resultados para a Análise de Tendência (Componentes – 1:2.000) – Metodologia Proposta

		Planimetria		Altimetria		
Tendência	z	1,64		1,64		
	z_E	0,558		-		
	z_N	-2,025		-		
	z_H	-		-14,308		
	Análise	$z_E < Z_{Tabelado}$	-		-	
		$z_N > Z_{Tabelado}$	-		-	
		$z_H > Z_{Tabelado}$	-		-	
	Componente	E	Sem tendência		-	
N		Apresenta tendência		-		
H		-		Apresenta tendência		

Tabela 4.8 – Resultados para a Análise de Precisão (Componentes – 1:2.000) – Metodologia Proposta

		Planimetria		Altimetria	
Precisão	$\chi_{24,10\%}^2$	33,20		33,20	
	χ_E^2	Classe A	86,081	-	
		Classe B	30,960	-	
		Classe C	21,520	-	
	χ_N^2	Classe A	47,580	-	
		Classe B	17,112	-	
		Classe C	11,895	-	
	χ_H^2	Classe A	-	106,513	
		Classe B	-	38,344	
		Classe C	-	26,628	
Classe obtida		B		C	

Analisando-se a Tabela 4.4 que apresenta os resultados para a análise de tendência à partir dos dados dos 48 pontos determinados pela distribuição homogênea e a Tabela 4.7 na qual constam os resultados da mesma análise para dados de 25 pontos determinados pela metodologia proposta neste trabalho, conclui-se que com o teste estatístico baseado na distribuição normal (2.8) para a componente planimétrica “E” não foi detectada tendência, ao passo que para as componentes planimétrica “N” e altimétrica “H” detectou-se tendência para ambos os casos.

Com relação à análise de precisão à partir dos resultados mostrados na Tabela 4.5 o produto enquadra-se na classe “C” para planimetria e sem classificação para altimetria. Na Tabela 4.8 (metodologia proposta), pode-se observar que os resultados foram diferentes

A amostra é um fator preponderante para a avaliação da qualidade posicional de um produto cartográfico, uma vez que à partir da variação da mesma pode-se obter resultados diferentes para o mesmo produto, como pôde ser observado na Tabela 4.8. Assim, por ser o

método proposto baseado em fundamentos científicos, considera-se como resultados de classificação os constantes da Tabela 4.8, ou seja: classe “B” em planimetria e classe “C” em altimetria.

4.2.5 Estudo de Caso Para as Cartas na Escala 1:10.000

No caso da carta 1:10.000 utilizou-se, além dos pontos obtidos pelo levantamento de campo com GPS, pontos extraídos da carta 1:2.000 afim de obter-se uma quantidade satisfatória e melhorar a geometria da distribuição.

A primeira etapa dos testes foi o cálculo das discrepâncias existentes entre as coordenadas de campo e as da carta. O resultado deste cálculo bem como as médias e desvios-padrão são mostrados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Diferença Entre as Coordenadas (1:10.000)

Ponto	ΔE (m)	ΔN (m)	Δ Resultante (m)	ΔH_{ort} (m)
C-02	1,987	-3,032	3,625	-0,476
C-20	0,043	0,274	0,277	0,416
C-29	-2,046	-0,678	2,155	0,153
C-34	0,5	-0,108	0,511	-1,699
C-36	-1,453	-1,49	2,081	-0,316
C-52	-5,636	-2,091	6,011	-3,149
C-54A	0,685	-0,535	0,869	0,722
C-54B	-1,367	0,333	1,407	-1,746
C-54C	-2,147	-0,102	2,149	0,425
C-54D	-2,136	0,392	2,172	1,323
C-55	-0,622	0,211	0,657	1,708
C-65	-1,817	-1,955	2,669	-0,604
C-70	-1,568	-0,176	1,578	-2,997
C-81	-4,384	-6,489	7,831	-1,182
C-92	-0,696	-4,269	4,325	0,300
D-7	0,483	3,783	3,814	1,285
D0415	-0,204	0,928	0,950	-2,198
D0427	-2,715	0,105	2,717	-0,033
D0508	-2,598	1,612	3,057	1,514
D0613	-0,198	2,037	2,047	1,746
D0773	3,84	4,06	5,588	-1,414
D0841	-0,52	0,82	0,971	-1,844
D0879	-1,8	0,66	1,917	-1,788
D0947	0,599	-0,905	1,085	-1,034
D1083	-0,68	-0,36	0,769	1,451
D1189	-4,05	-1,1	4,197	-2,174
D1196	-0,438	-2,417	2,456	1,118
Média	-1,072	-0,389	2,514	-0,389
Desvio	1,948	2,189	1,836	1,494

A seguir são apresentados nas Tabelas 4.10 e 4.11 os resultados para os testes estatísticos de Análise de Tendência e Precisão efetuados para a escala 1:10.000, considerando-se o nível de confiança de 90% e os 27 determinados pela distribuição homogênea.

Tabela 4.10 – Resultado para a Análise de Tendência (Componentes – 1:10.000)

		Planimetria	Altimetria	
Tendência	z	1,64	1,64	
	z_E	-1,855 m	-	
	z_N	-0,672 m	-	
	z_H	-	-1,209 m	
	Análise	z_E > z_{Tabelado}	-	-
		z_N < z_{Tabelado}	-	-
		z_H < z_{Tabelado}	-	-
Componente	E	Apresenta tendência	-	
	N	Sem tendência	-	
	H	-	Sem tendência	

Tabela 4.11 – Resultado para a Análise de Precisão (Componentes – 1:10.000)

		Planimetria	Altimetria	
Precisão	$\chi^2_{26;10\%}$	35,560	35,506	
	χ^2_E	Classe A	21,925	-
		Classe B	7,892	-
		Classe C	5,481	-
	χ^2_N	Classe A	27,685	-
		Classe B	9,967	-
		Classe C	6,921	-
	χ^2_H	Classe A	-	20,892
		Classe B	-	14,508
		Classe C	-	9,285
Classe obtida		A	A	

Da mesma forma como efetuado para a carta na escala 1:2.000, sorteou-se 25 pontos dentre os 27 disponíveis para a carta na escala 1:10.000 (Tabela 4.9). O resultado dos cálculos das diferenças entre as coordenadas dos pontos sorteados bem como as médias e desvios-padrão são mostrados na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 – Diferença Entre as Coordenadas (1:10.000) – Pontos Sorteados

Ponto	ΔE (m)	ΔN (m)	Δ Resultante (m)	ΔH_{ort} (m)
C-02	1,987	-3,032	3,625	-0,476
C-20	0,043	0,274	0,277	0,416
C-29	-2,046	-0,678	2,155	0,153
C-34	0,5	-0,108	0,511	-1,699
C-36	-1,453	-1,49	2,081	-0,316
C-52	-5,636	-2,091	6,011	-3,149
C-54A	0,685	-0,535	0,869	0,722
C-54B	-1,367	0,333	1,407	-1,746
C-54C	-2,147	-0,102	2,149	0,425
C-54D	-2,136	0,392	2,172	1,323
C-65	-1,817	-1,955	2,669	-0,604
C-70	-1,568	-0,176	1,578	-2,997
C-81	-4,384	-6,489	7,831	-1,182
C-92	-0,696	-4,269	4,325	0,300
D-7	0,483	3,783	3,814	1,285
D0415	-0,204	0,928	0,950	-2,198
D0427	-2,715	0,105	2,717	-0,033
D0508	-2,598	1,612	3,057	1,514
D0773	3,84	4,06	5,588	-1,414
D0841	-0,52	0,82	0,971	-1,844
D0879	-1,8	0,66	1,917	-1,788
D0947	0,599	-0,905	1,085	-1,034
D1083	-0,68	-0,36	0,769	1,451
D1189	-4,05	-1,1	4,197	-2,174
D1196	-0,438	-2,417	2,456	1,118
Média	-1,125	-0,509	2,607	-0,557
Desvio	2,017	2,217	1,868	1,420

A seguir são apresentados nas Tabelas 4.13 e 4.14 os resultados para os testes estatísticos de Análise de Tendência e Precisão efetuados para a escala 1:10.000, considerando-se o intervalo de confiança de 90% e os 25 pontos determinados pela aplicação da metodologia proposta.

Tabela 4.13 – Resultado para a Análise de Tendência (Componentes – 1:10.000) – Metodologia Proposta

		Planimetria	Altimetria	
Tendência	z	1,64	1,64	
	z_E	-1,875	-	
	z_N	-0,848	-	
	z_H	-	-0,928	
	Análise	$z_E > z_{Tabelado}$	-	-
		$z_N < z_{Tabelado}$	-	-
		$z_H < z_{Tabelado}$	-	-
Componente	E	Apresenta tendência	-	
	N	Sem tendência	-	
	H	-	Sem tendência	

Tabela 4.14 – Resultado para a Análise de Precisão (Componentes – 1:10.000) – Metodologia Proposta

		Planimetria	Altimetria	
		$\chi_{24;10\%}^2$	33,20	33,20
Precisão	χ_E^2	Classe A	21,704	
		Classe B	7,813	
		Classe C	5,426	
	χ_N^2	Classe A	26,221	
		Classe B	9,439	
		Classe C	6,555	
	χ_H^2	Classe A	-	
		Classe B	-	
		Classe C	-	
	Classe obtida		A	A

Analisando-se a Tabela 4.10 que apresenta os resultados para a análise de tendência a partir dos dados dos 27 pontos determinados pela distribuição homogênea e a Tabela 4.13, na qual constam os resultados da mesma análise para dados de 25 pontos determinados pela metodologia proposta neste trabalho, conclui-se que aplicando-se o teste estatístico baseado na distribuição normal (2.8) para a componente planimétrica “E” foi detectada tendência e para as demais (componente planimétrica “N” e altimétrica “H”), não foi detectado a presença de tendência.

Com relação à análise de precisão à partir dos resultados mostrados nas Tabelas 4.11 e 4.14 o produto enquadra-se na classe “A”, tanto para a planimetria como para a altimetria, em ambos os casos. Isso se explica pelo fato do número de pontos referentes à amostra serem praticamente iguais em ambas metodologias.

4.2.6 Considerações Sobre a Avaliação dos Produtos

A fase de planejamento, especificamente a de determinação do tamanho da amostra, identificação e distribuição dos pontos de controle é de extrema importância para execução deste tipo de trabalho. Executando-se preliminarmente essa etapa, evita-se uma perda de tempo caso os mesmos sejam determinados “*In locu*” durante os trabalhos de campo, resultando em economia de tempo, e, conseqüentemente, no custo dos trabalhos. Além disso, assegura-se a confiabilidade para as demais etapas do processo de controle de qualidade.

Nesse estudo de caso, especificamente ao proceder-se a etapa de coleta de coordenadas das feições nas folhas 1:10.000, notou-se que um grande número delas foram

inseridas como símbolo no produto final (carta). Isto impossibilitou a sua utilização, o que levou à opção do controle a partir das coordenadas de feições retiradas da carta 1:2.000, as quais passaram a ser as novas coordenadas de referência.

Para execução dos trabalhos de campo é aconselhável que, na equipe, se possível, haja algum componente que conheça a área em questão, o que virá a facilitar a localização e deslocamentos aos pontos de controle escolhidos.

A qualidade geométrica das cartas devem ser avaliadas através de testes que comparem as informações contidas nas cartas com as homólogas no terreno ou da fonte de dados que propiciem precisão melhor que três vezes a tolerância definida em função da finalidade do produto. As amostras devem propiciar resíduos livres de erros grosseiros e sistemáticos, assim os testes estatísticos deverão avaliar tanto a precisão quanto a exatidão da carta.

5 PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CONTROLE DE QUALIDADE DA LINHAGEM, FIDELIDADE DE ATRIBUTOS, COMPLETEZA, CONSISTÊNCIA LÓGICA, FIDELIDADE À SEMÂNTICA E TEMPORALIDADE.

Baseado na teoria apresentada, neste capítulo é apresentada uma proposta metodológica para o controle de qualidade dos demais elementos de qualidade, visando atender os objetivos principais deste trabalho, além de sua aplicabilidade através de um estudo de caso para área piloto do Projeto Sistema Integrado de Gestão do Sistema Tietê – Paraná (SIGEST-STP).

5.1 Proposta Metodológica

A seguir são descritas as etapas, principais passos e cuidados que devem ser tomados ao se executar um controle de qualidade dos demais elementos de qualidade de dados cartográficos.

5.1.2 Controle de Qualidade da Linhagem, Fidelidade de Atributos, Completeza, Consistência Lógica, Fidelidade à Semântica e Temporalidade

Com relação ao controle de qualidade dos demais elementos de qualidade dos dados cartográficos, recomenda-se que sejam adotadas as etapas a seguir:

- caso o produto a ser avaliado seja fornecido em vários arquivos distintos, cada um correspondendo a uma categoria de informação, os mesmos devem ser transformados em um único arquivo, composto de níveis de informações específicos;
- em cada nível de informação deve ser criado uma malha (Figura 5.4) para assinalar eventuais problemas constatados, para posterior recuperação e correção dos mesmos caso seja viável;
- a primeira análise a ser executada deve ser com relação a linhagem, uma vez que os demais componentes da qualidade dos dados são afetados pelos conteúdos da linhagem e vice-versa;

- posteriormente à avaliação da linhagem, deve-se verificar a completeza dos produtos, para que se considere somente informações necessárias, as quais são definidas em função da finalidade da base cartográfica, otimizando-se assim eventuais consultas a serem feitas na mesma;
- os valores dos atributos das feições de interesse devem ser verificados através das respostas as questões levantadas acerca dos mesmos, considerando a finalidade do produto;

Para tornar a tarefa de verificação dos atributos de cada feição mais prática, as entidades contidas no produto cartográfico devem ser separadas em níveis de informações específicos. Ao se verificar, por exemplo, valores de atributos de cor para feições do tipo linha, deve-se seguir as seguintes etapas:

- Escolha do nível de informação referente à feição a ser avaliada;
 - Inspeção visual com os demais níveis de informações ativos;
 - Constatação de linhas com valores de atributo cor diferentes daquelas especificadas para a feição avaliada;
 - Caso constatado algum problema, o mesmo deve ser assinalado para posterior correção.
- para verificação da consistência lógica é indicado o uso de softwares capazes de executarem essa tarefa em cada nível de informação individualmente, além de propiciar a opção da correção de eventuais problemas detectados;
 - na análise da fidelidade à semântica, a inspeção pode ser executada de forma visual, devendo estar ativados todos os níveis de informações, pois só se detectará a existência de problemas nesse parâmetro quando da análise conjunta dos mesmos;
 - para a análise da temporalidade deve-se selecionar elementos que exigem diferentes intervalos de tempo para sua inspeção, como por exemplo, níveis de informações

referentes as edificações que variam rapidamente com o tempo. Esses elementos devem ser bem definidos para propiciar sua posterior verificação e constatação em campo se os mesmos encontram-se conforme a sua representação gráfica na base cartográfica.

5.2 Área Piloto do Projeto SIGEST – STP

O Projeto Sistema Integrado de Gestão do Sistema Tietê – Paraná (SIGEST – STP) é o protótipo de uma ferramenta tecnológica de gestão da informação sobre o uso múltiplo das águas, com acesso compartilhado pelos agentes e instituições presentes na área de influência do STP (Sistema Tietê – Paraná). Seus benefícios apontam para todos os setores sócio-econômicos de usuários das águas dos reservatórios hídricos que compõem o STP. Sua primeira versão foi concebida para a integração de bancos de dados interinstitucionais através de uma rede de comunicação em ambiente *WEB*. Seu aperfeiçoamento aponta para uma plataforma tecnológica de acesso a dados e informações que facilitem pesquisas de soluções sobre a gestão integrada dos recursos hídricos, tais como: hidroenergia, navegação fluvial, agroindústria, turismo, abastecimento e meio ambiente.

Sendo assim, a base cartográfica é um componente imprescindível dentro desse projeto de gestão de informação, uma vez que a mesma, associada a um banco de dados, formará a estrutura básica do projeto. Logo, a qualidade das análises e produtos gerados no contexto do SIGEST – STP estará diretamente relacionada com a qualidade de sua estrutura básica, motivo pelo qual justifica-se o Controle de Qualidade da mesma.

Ressalta-se que, para os produtos cartográficos que fazem parte da área piloto do projeto SIGEST-STP, foi executado também o controle de qualidade posicional, adotando-se as mesmas etapas e procedimentos detalhados na seção 4.2. Assim, as cartas (Figura 5.3) de Arealva, Bariri, Agudos e Jaú, foram consideradas adequadas para o propósito do SIGEST-STP no que diz respeito à qualidade posicional. Portanto, nessa seção serão

abordados somente os principais procedimentos adotados para a avaliação dos demais parâmetros de qualidade das mesmas.

5.2.1 Definição da Área de Estudo.

A área piloto escolhida pela equipe do projeto para a validação do protótipo do SIGEST – STP compreende quatro cartas topográficas na escala 1:50.000 da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dos municípios de Arealva, Bariri, Agudos e Jaú, todas do Estado de São Paulo.

Nessa área se insere um cenário de situação com maior representatividade do uso múltiplo das águas do STP, tendo o reservatório hídrico formado pela barragem hidroelétrica de Bariri como tema central da área piloto. Na Figura 5.1 tem-se um esquema da situação das quatro folhas do protótipo no Estado.

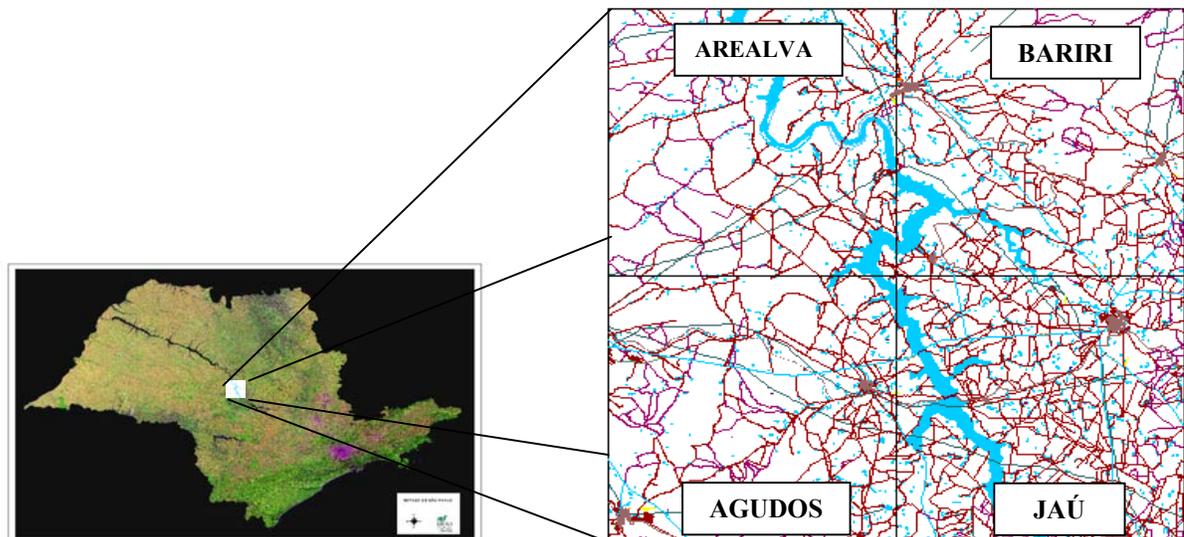


Figura 5.1 – Situação das Cartas da Área Piloto no Estado

5.2.2 Descrição dos Produtos Cartográficos Analisados.

Foram fornecidas quatro cartas topográficas, em formato digital, cada uma composta por cinco arquivos vetoriais e quatro arquivos matriciais, sendo esses últimos adquiridos por processo de digitalização automática, via scanner.

O IBGE especifica em suas normas para vetorização de cartas topográficas que os números que dão nome aos arquivos vetoriais são definidos conforme seu Mapa Índice, e as letras são atribuídas para cada arquivo vetorial correspondendo às seguintes categorias de informação:

- Hidrografia (hd);
- Hipsografia (hp);
- Sistema viário (sv);
- Localidade (lc);
- Obra e edificação (oe);
- Ponto de referência (pr);
- Limite (lm);
- Vegetação (vg).

Cada arquivo matricial recebe como nome o número no Mapa índice do IBGE, seguido da combinação de letras que definem a cor (az – azul; pr – preto; sp – sépia; vm – vermelho) que o original recebe no processo de impressão da carta topográfica. Maiores detalhes a respeito das categorias de informações podem ser obtidas no site www1.ibge.gov.br do IBGE no documento “Organização e Estruturação de Arquivos”.

Na Tabela 5.1 são mostrados os valores definidos pelo IBGE no seu Mapa Índice para nomear os arquivos em ambiente digital, bem como os limites das cartas (em graus decimais), índice de nomenclatura da folha e nome da carta.

Tabela 5.1 – Valores Para Nomear as Cartas em Ambiente Digital - IBGE

MIR	LAN	LAS	LOE	LOO	FOLHA	NOMECARTA
2704-1	-22,000000	-22,250000	-48,750000	-49,000000	SF-22-Z-B- II-1	AREALVA
2704-2	-22,000000	-22,250000	-48,500000	-48,750000	SF-22-Z-B- II-2	BARIRI
2704-3	-22,250000	-22,500000	-48,750000	-49,000000	SF-22-Z-B- II-3	AGUDOS
2704-4	-22,250000	-22,500000	-48,500000	-48,750000	SF-22-Z-B- II-4	JAU

Na Tabela 5.2 são mostradas as identificações dos arquivos vetoriais e matriciais para as cartas usadas nesse estudo de caso, e na Tabela 5.3 constam os conteúdos dos mesmos para a carta de Arealva. Nas demais cartas, Bariri, Agudos e Jaú, esses conteúdos não se alteram.

Tabela 5.2 – Identificação dos Arquivos Vetoriais e Matriciais

	Arealva	Bariri	Agudos	Jaú
Estrutura Vetorial	2704-1az	2704-2az	2704-3az	2704-4az
	2704-1hd	2704-2hd	2704-3hd	2704-4hd
	2704-1lc	2704-2lc	2704-3lc	2704-4lc
	2704-1oe	2704-2oe	2704-3oe	2704-4oe
	2704-1pr	2704-2pr	2704-3pr	2704-4pr
	2704-1sv	2704-2sv	2704-3sv	2704-4sv
	Grid01	Grid02	Grid03	Grid04
Estrutura Matricial	ta27041az	ta27042az	ta27043az	ta27044az
	ta27041pr	ta27042pr	ta27043pr	ta27044pr
	ta27041sp	ta27042sp	ta27043sp	ta27044sp
	ta27041vm	ta27042vm	ta27043vm	ta27044vm

Tabela 5.3 – Arquivos Vetoriais e Matriciais - Carta do Município de Arealva – 1:50.000

		AREALVA	
		Nome do Arquivo	Conteúdo dos Níveis de Informações
Estrutura Vetorial		2704-1az	Hidrografia e textos
		2704-1hd	Curvas de níveis, pontos cotados e textos
		2704-1lc	Manchas urbanas e textos
		2704-1oe	Edificações, aeroportos, rodovias e textos
		2704-1pr	Pontos cotados, referências de níveis e textos
		2704-1sv	Rodovias, caminhos, trilhas e pontes
		Grid01	Grde, reticulado e textos
Estrutura Matricial		Ta27041az	Hidrografia e textos
		Ta27041pr	Planimetria, reticulado e textos
		Ta27041sp	Curvas de níveis, pontos cotados e textos
		Ta27041vm	Rodovias e manchas urbanas

A Figura 5.2 mostra o arquivo vetorial 2704-1az da carta de Arealva e a Figura 5.3 mostra as cartas após um processo de ou sobreposição dos arquivos vetoriais para cada município.

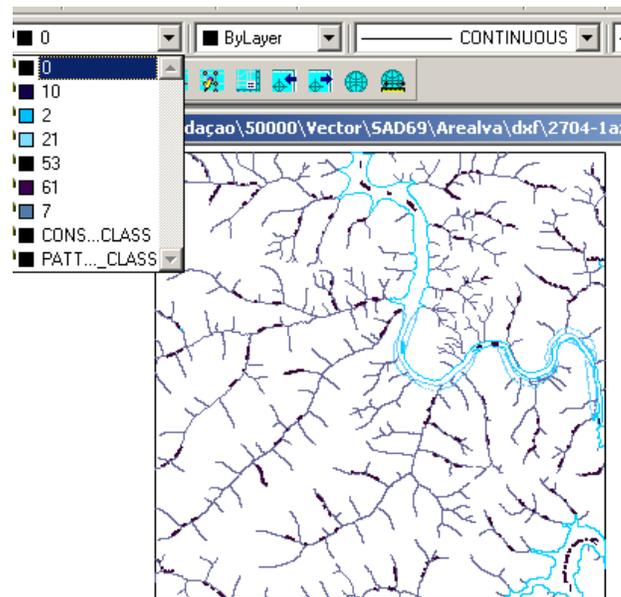


Figura 5.2 – Arquivo Vetorial 2704-1az - Arealva

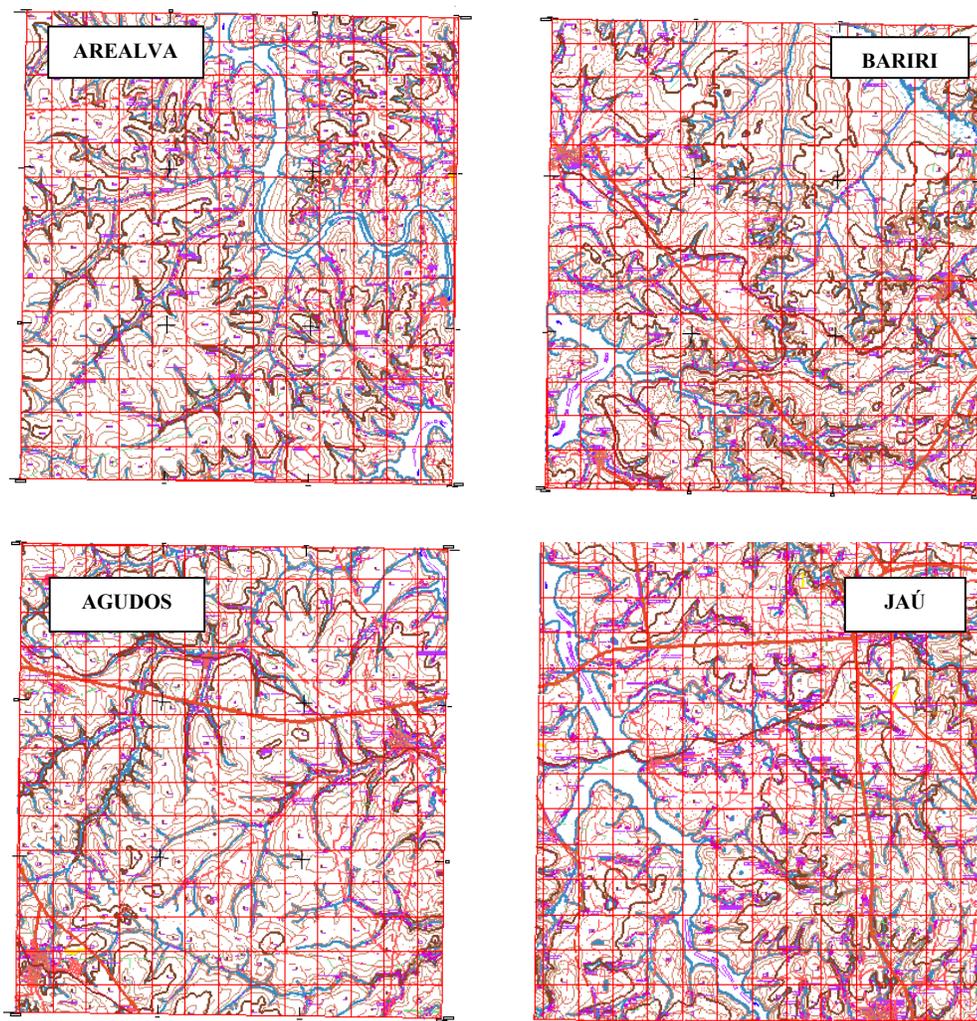


Figura 5.3 – Cartas Vetoriais dos Municípios de Arealva, Bariri, Agudos e Jaú – IBGE

Conforme as Tabelas 5.2 e 5.3 e Figura 5.2, nota-se que os arquivos não obedecem totalmente à especificação do IBGE, pois, além de existir um arquivo vetorial com a categoria de informação definida pelas letras “az” que não constam da referida especificação, os conteúdos dos mesmos não são conforme os especificados. Por exemplo, o arquivo vetorial 2704-1az de Arealva contém informações sobre hidrografia e textos que deveriam estar no arquivo 2704-1 hd que por sua vez contém curvas de níveis, pontos cotados e textos. Esse fato causaria problemas quando ocorresse o cruzamento das informações, caso os arquivos fossem utilizados em um SIG, porém, houve a necessidade de se criar um único arquivo dividido em níveis de informações nos quais foram armazenadas informações específicas, conforme será abordado adiante na seção 5.2.3.2, solucionando-se esse problema.

5.2.3 Controle de Qualidade dos Dados Cartográficos

Sendo a base cartográfica a estrutura básica para os produtos gerados no contexto do SIGEST-STP, (verificou-se que a mesma ainda não estava preparada para utilização em um SIG), motivo pelo qual, executou-se a etapa de avaliação dos demais parâmetros de qualidade dos dados cartográficos que consistiram na verificação da linhagem, fidelidade de atributos, completeza, consistência lógica, fidelidade semântica e a acurácia temporal.

Na execução de todas as etapas do controle de qualidade dos dados cartográficos, foram utilizados softwares específicos que auxiliam e facilitam as operações de manipulação e análises das bases cartográficas, tais como: seleção de áreas específicas através de janelas, zoom, etc.

Foram criados quadrantes (*quadrats*) em todas as cartas avaliadas para que, caso constatado eventuais problemas com relação aos parâmetros de qualidade avaliados, os mesmos fossem assinalados para posterior correção. A Figura 5.4 ilustra a divisão em

quadrantes de um nível de informação para uma das cartas avaliadas, onde são assinalados problemas encontrados nos quadrantes C-6 e D-1.

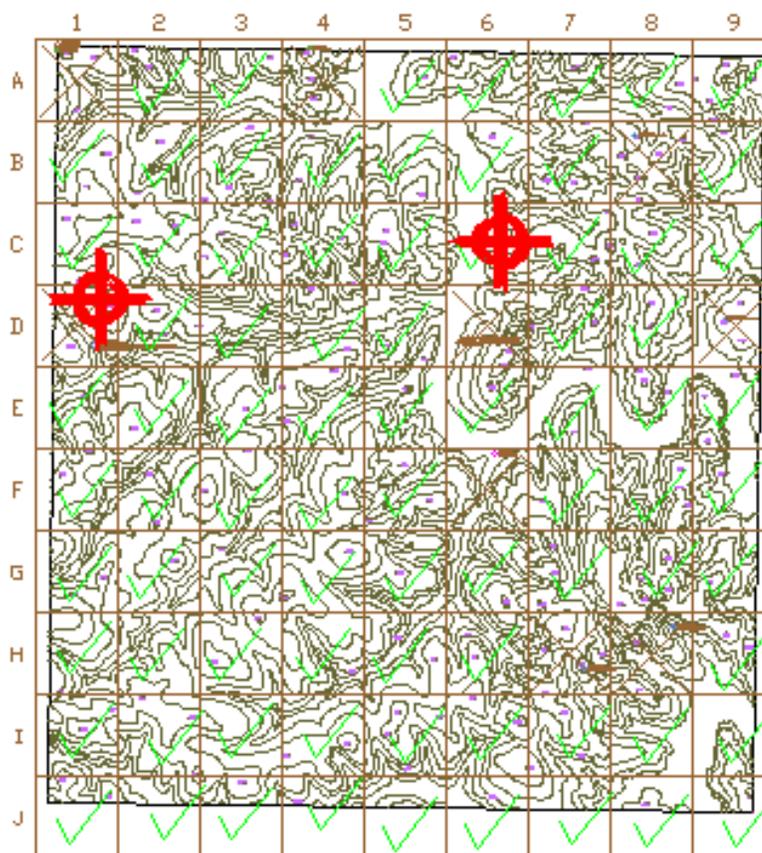


Figura 5.4 – Divisão da Carta em Quadrantes Para Validação

A seguir são apresentadas as verificações e correções de alguns dos problemas encontrados durante a avaliação dos parâmetros de qualidade.

5.2.3.1 Linhagem

Com o intuito de se tentar recuperar a história do mapeamento que deu origem às cartas avaliadas, foram verificados os aspectos da linhagem. Como informação disponível à respeito das cartas analisadas tem-se que as mesmas foram adquiridas através de digitalização automática, à partir de folhas topográficas do IBGE em formato matricial e na escala 1:50000. Alguns elementos da linhagem dessas cartas são mostrados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Informações de Linhagem das Cartas Topográficas 1:50000 - IBGE

DESCRIÇÃO	MUNICÍPIO			
	AREALVA	BARIRI	AGUDOS	JAÚ
Ano da Impressão	1972	1972	1973	1973
Ano da Reambulação	1969	1969	1969	1969
Ano da Restituição	1971	1971	1973	1973
Ano da Última Edição	1972	1972	1973	1973
Ano do Vôo	1965	1965	1965	1965
Datum Horizontal	Córrego Alegre	Córrego Alegre	Córrego Alegre	Córrego Alegre
Datum Vertical	Imbituba	Imbituba	Imbituba	Imbituba
Declinação Magnética	Em levantamento	Em levantamento	Em levantamento	Em levantamento
Índice Nomenclatura	SF-22-Z-B-II-1	SF-22-Z-B-II-2	SF-22-Z-B-II-3	SF-22-Z-B-II-4
Meridiano Central	-51	-51	-51	-51
Método de Produção	Fotogramétrica	Fotogramétrica	Fotogramétrica	Fotogramétrica
Nome da Carta	Arealva	Bariri	Agudos	Jaú
Órgão Editor	IBGE	IBGE	IBGE	IBGE
Sistema de Projeção	UTM	UTM	UTM	UTM
Tipo da Carta	Topográfica	Topográfica	Topográfica	Topográfica

Os elementos de análise para linhagem considerados como mais importantes para o propósito do SIGEST foram: o sistema de projeção adotado para a confecção das cartas, o ano da reambulação, o ano da restituição e o ano da última edição.

O sistema de projeção adotado para a confecção da carta deve ser conhecido para a execução do controle de qualidade posicional, uma vez que as coordenadas obtidas no terreno para execução dessa tarefa devem estar no mesmo sistema que o da carta e vice-versa. Para todas as cartas foi adotado o sistema de projeção UTM. Portanto, as coordenadas coletadas em campo com o auxílio do GPS para execução do controle de qualidade posicional foram transformadas para esse sistema propiciando-se a execução dos testes estatísticos.

Com relação aos anos da impressão, reambulação, restituição e última edição, são informações importantes para se proceder a escolha dos pontos a serem usados na fase de controle de qualidade posicional, pois, se essas informações estiverem desatualizadas, um ponto escolhido como teste, pode não mais existir no terreno, levando-se à escolha de um novo ponto próximo à região, o que nem sempre é possível, ocasionando assim, perda de tempo e conseqüente aumento no custo dos levantamentos de campo. Como as informações

referentes à esses elementos de linhagem referiam-se aos anos de 1969 a 1973, foram tomados os cuidados de se escolher pontos de testes menos suscetíveis a variações temporais.

5.2.3.2 *Completeza*

Após a etapa de verificação da linhagem, foi executada a análise da completeza das cartas. Nesse caso, quando se constata a existência de informações desnecessárias na base cartográfica, as mesmas devem ser eliminadas, propiciando no caso de um SIG otimização para consultas efetuadas nessas bases. Para isso, foram utilizadas informações adicionais, fornecidas pelo solicitante do controle de qualidade, referentes as feições de interesse que deviam constar da base cartográfica em função da finalidade do projeto.

A estruturação original dos arquivos não se adequava às necessidades do projeto uma vez que constatou-se que as feições obtidas do mapeamento não estavam armazenadas em níveis de informações específicos e sim em vários arquivos como pode ser observado nas Tabelas 5.2 e 5.3, ocasionando ambigüidades quando do cruzamento das informações entre arquivos. A solução para este problema foi a criação de um único arquivo, dividido em níveis (Figura 5.5) nos quais foram armazenadas informações específicas, tais como, curvas de níveis mestras, curvas de níveis secundárias, rios, rodovias, textos, etc.

Para a verificação da completeza foram utilizadas as folhas em formato matricial como referência, e a carta em formato vetorial foi sobreposta à esta, propiciando-se a verificação e solução para eventuais problemas existentes, tais como ausência de elementos vetoriais, elementos estranhos nos arquivos, erros de posicionamento e grafia dos elementos textuais. Um exemplo de ausência de elemento vetorial pode ser verificado na Figura 5.6.

Áreas Construídas	Lightbulb	Yellow star	Black line	White	Lago ou la... intermitente	Lightbulb	Yellow star	Black line	Blue
Balsa	Lightbulb	Yellow star	Black line	30	Linha Energia Elétrica	Lightbulb	Yellow star	Black line	125
Barragens	Lightbulb	Yellow star	Black line	230	Linha Telefônica	Lightbulb	Yellow star	Black line	93
Brejo ou Pântano	Lightbulb	Yellow star	Black line	White	Mina	Lightbulb	Yellow star	Black line	10
Caminho	Lightbulb	Yellow star	Black line	222	Pontes	Lightbulb	Yellow star	Black line	186
Campos de Futebol	Lightbulb	Yellow star	Black line	172	Pontos Co...le Horizontal	Lightbulb	Yellow star	Black line	White
Cemitérios	Lightbulb	Yellow star	Black line	White	Pontos Cotados	Lightbulb	Yellow star	Black line	34
Chaminés	Lightbulb	Yellow star	Black line	100	PONTOS_AGUDOS	Lightbulb	Yellow star	Black line	White
Cidades_2	Lightbulb	Yellow star	Black line	11	PONTOS_BARIRI	Lightbulb	Yellow star	Black line	Red
Cidades_2	Lightbulb	Yellow star	Black line	11	Pontos_jau	Lightbulb	Yellow star	Black line	Yellow
Coordenadas	Lightbulb	Yellow star	Black line	White	Represa Rio	Lightbulb	Yellow star	Black line	Blue
Curvas_Principais	Lightbulb	Yellow star	Black line	36	RN	Lightbulb	Yellow star	Black line	White
Curvas_Secundárias	Lightbulb	Yellow star	Black line	43	Terreno Su... Inundação	Lightbulb	Yellow star	Black line	Blue
Divisão Administrativa	Lightbulb	Yellow star	Black line	White	Texto Pontos Cotados	Lightbulb	Yellow star	Black line	210
escolas	Lightbulb	Yellow star	Black line	White	Textos	Lightbulb	Yellow star	Black line	White
Estação Ferrovia	Lightbulb	Yellow star	Black line	30	Tráfego periódico	Lightbulb	Yellow star	Black line	12
Estrada Pavimentada	Lightbulb	Yellow star	Black line	Red	Tráfego Permanente	Lightbulb	Yellow star	Black line	Red
Estradas de Ferro	Lightbulb	Yellow star	Black line	23	Trilha	Lightbulb	Yellow star	Black line	Green
Hangar	Lightbulb	Yellow star	Black line	50					
Hidrografia	Lightbulb	Yellow star	Black line	Blue					
Ident. Rod...ias Estadual	Lightbulb	Yellow star	Black line	30					
Ident. Rodovias Federal	Lightbulb	Yellow star	Black line	30					
Igrejas	Lightbulb	Yellow star	Black line	White					
Indústrias	Lightbulb	Yellow star	Black line	White					

Figura 5.5 – Níveis de Informações Criados Conforme Necessidades do Projeto.

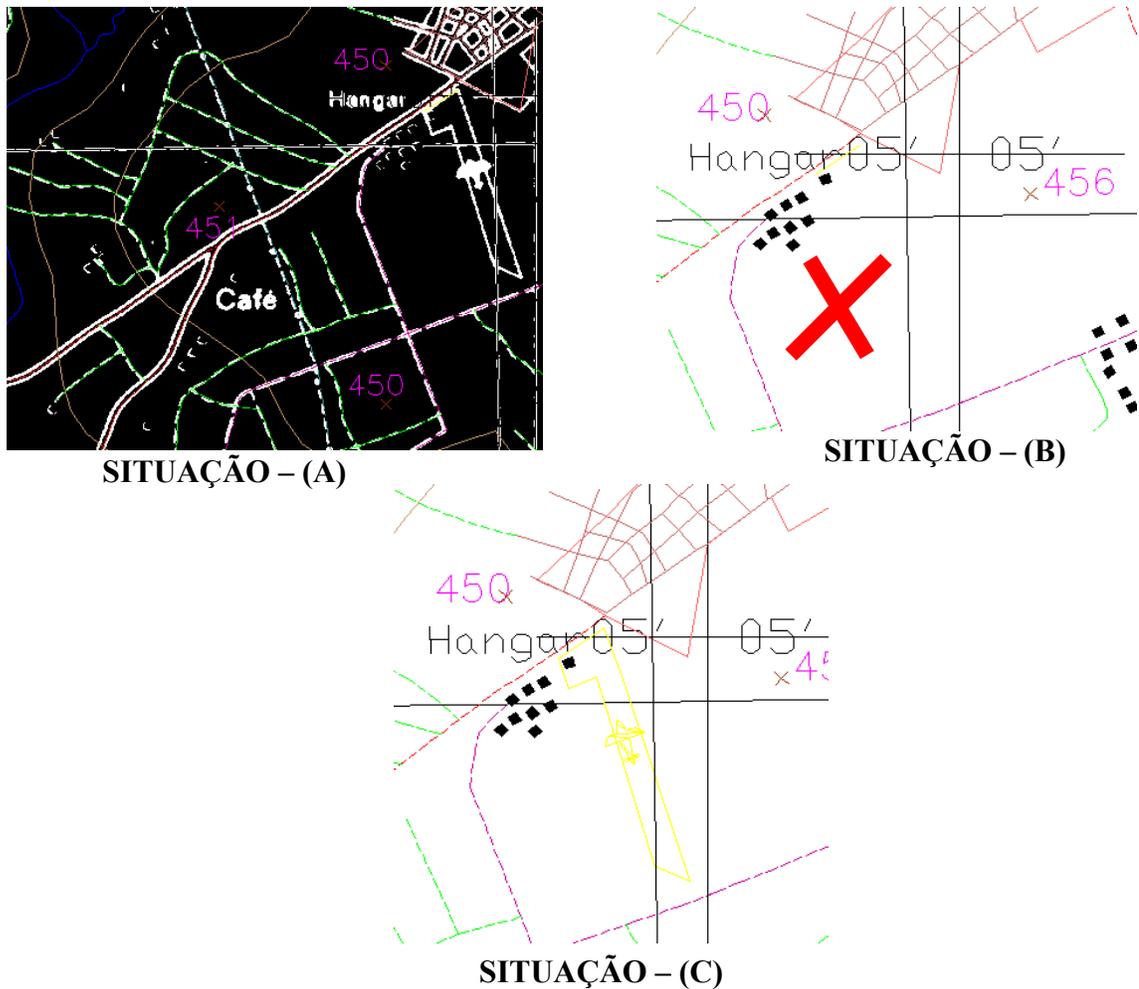


Figura 5.6 – Ausência de Elemento Vetorial

Da Figura 5.6, tem-se as situações A, B e C, as quais são descritas a seguir:

- **Situação – A:** o arquivo matricial, neste caso o de identificação ta27042pr, referente à carta de Bariri, foi utilizado como referência. Sobreposto o arquivo vetorial 2704-2oe, percebe-se nessa situação a ausência de uma feição referente a um aeroporto, o que é um problema com relação à completeza, pois essa foi uma informação solicitada como necessária ao propósito do SIGEST-STP;
- **Situação - B:** nessa situação é mostrado somente o arquivo vetorial 2704-2oe, assinalando o problema da ausência de feição para posterior correção;
- **Situação – C:** nessa situação o problema foi solucionado com a inserção da feição referente ao aeroporto no local e nível de informação corretos. Essa feição foi inserida tendo como base o arquivo matricial ta27042pr.

Resolvidos os problemas eventualmente constatados nas 4 cartas avaliadas, pode-se considerar que as mesmas atendem as exigências do parâmetro completeza para o propósito do projeto SIGEST-STP, pois não mais faltavam informações e, aquelas existentes, eram necessárias.

5.2.3.3 Fidelidade de Atributos

Uma necessidade do projeto com relação à base cartográfica era que a mesma deveria possuir valores de atributos de altitude para as suas curvas de níveis, uma vez que a partir dessas informações seriam criados os modelos numéricos do terreno com o intuito de simulações referentes à épocas de cheia e seca nos reservatórios da área piloto. Porém, as bases recebidas para a avaliação não possuíam esse atributo, além dessas feições encontrarem-se de forma “explodida” (elemento não complexo), fazendo com que a tarefa de atribuição de atributos de altitude às mesmas fosse inviável.

A Figura 5.7 mostra algumas curvas de níveis selecionadas e que se apresentam na forma “explodida”. Pode-se observar também que, após uma consulta efetuada nessa feição, não existe o atributo referente ao valor da altitude das mesmas, o que também representa um problema com relação à fidelidade de atributos.

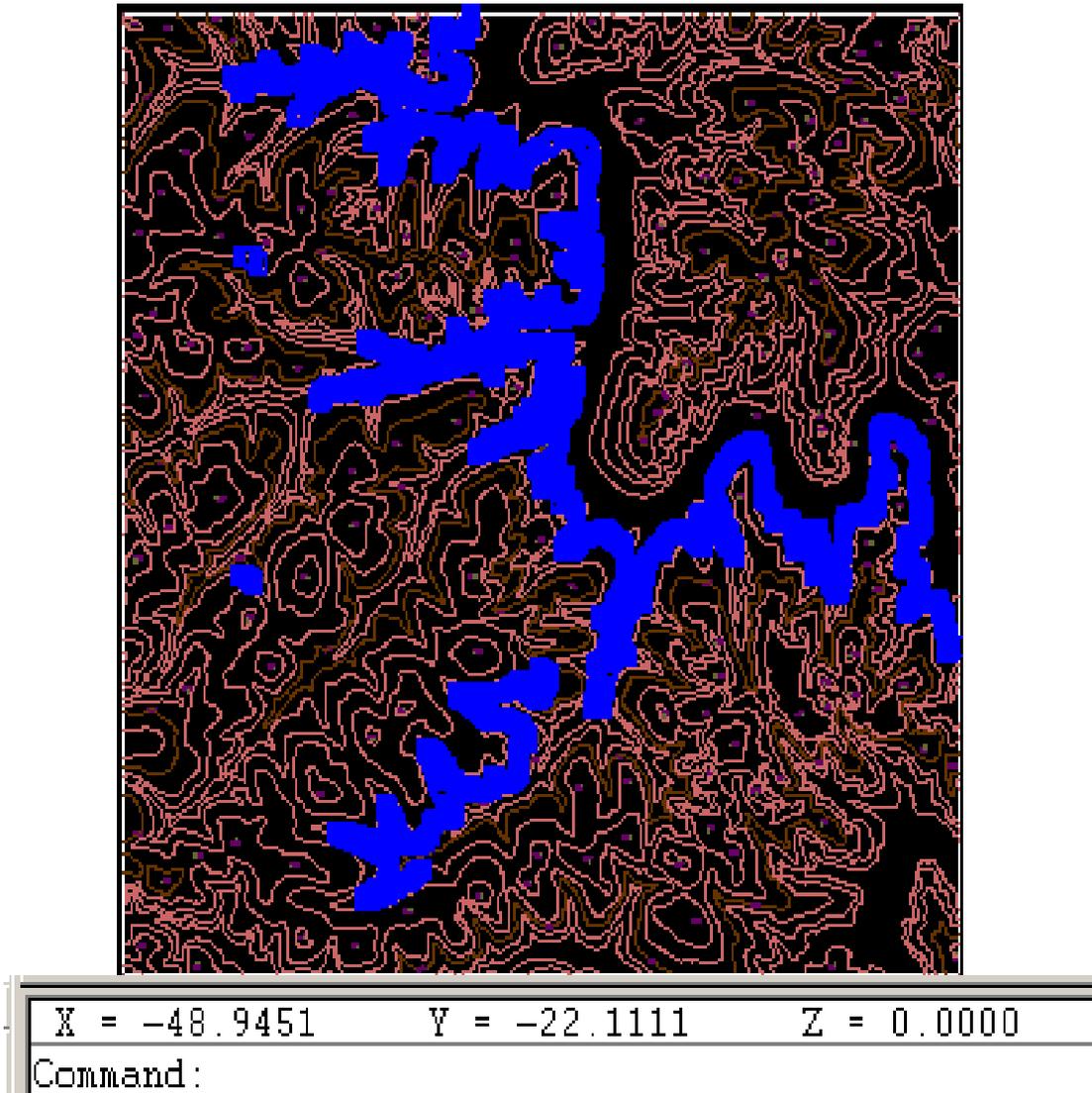


Figura 5.7 – Problemas Com Relação à Fidelidade de Atributo Valor de Altitude

A solução adotada para esse problema seguiu os seguintes passos:

- tornar todas as linhas referentes às curvas de níveis em um único elemento complexo aberto. Assim, ao escolher uma determinada curva de nível para atribuição do valor de atributo de altitude, a mesma será

totalmente selecionada e o valor atribuído corresponderá a toda sua extensão;

- com o auxílio do software *Modular GIS Environment (MGE)*, através do seu módulo *Terrain Analyst*, foram atribuídos os valores de altitude às curvas de níveis. Para isso, utilizou-se como fonte de informação de quais eram os valores a serem atribuídos a cada curva, cartas topográficas da mesma região, em papel, produzidas pelo do IBGE .

A Figura 5.8 mostra as cartas após esse processo de atribuição dos valores de atributo de altitude.

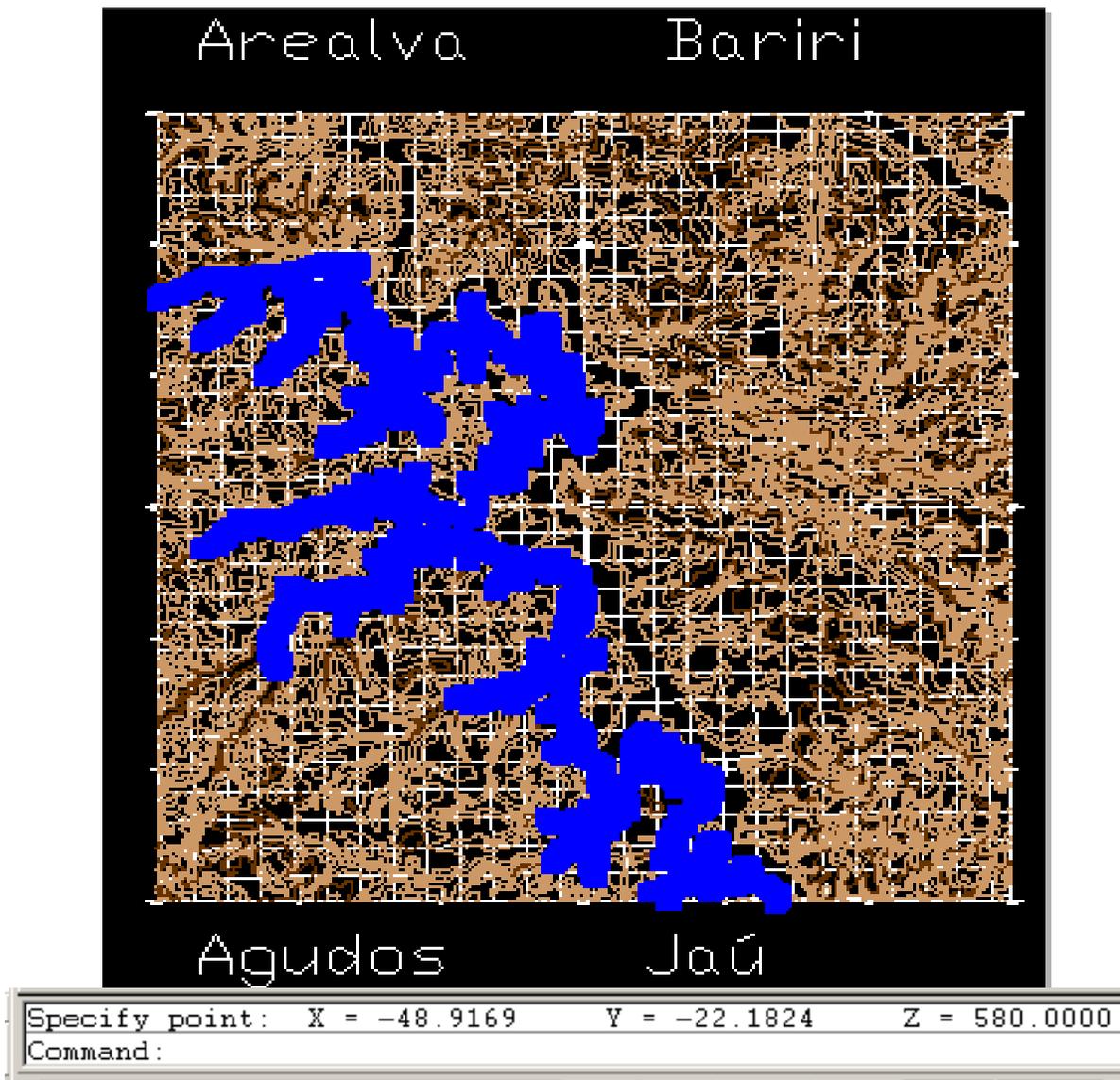


Figura 5.8 – Curvas de Níveis Transformadas em Elementos Complexos Abertos e Com Atributo de Altitude

Para todas as cartas foram verificados eventuais problemas com relação à fidelidade de atributos, e caso constatados, eram assinalados e posteriormente corrigidos. Após a atribuição dos valores de altitude às curvas de níveis, pôde-se executar análises e simulações de uma determinada cena do protótipo de forma tridimensional. Dessa forma, as cartas podem ser consideradas adequadas com relação à esse parâmetro para o propósito do SIGEST-STP.

5.2.3.4 Consistência Lógica

Como as bases cartográficas seriam utilizadas em um sistema de informações geográficas, seus dados de entrada deveriam ser tratados preliminarmente para verificação e correção de eventuais problemas com relação à consistência lógica.

Nessa fase, foram verificadas as inconsistências geométricas que são as mais frequentes fontes de dados incompatíveis para a consistência lógica, ou seja, problemas causados, geralmente no processo de digitalização, como: linhas duplicadas, linhas desconexas, linhas conectadas com ausência do ponto de interseção, linhas excessivamente estendidas, polígonos abertos.

Para a verificação das inconsistências geométricas citadas, foi utilizado o *AutoCAD Map 2000i* com recursos próprios para executar tal tarefa. A Figura 5.9 mostra a tela de opções do software CAD utilizado para essa verificação.

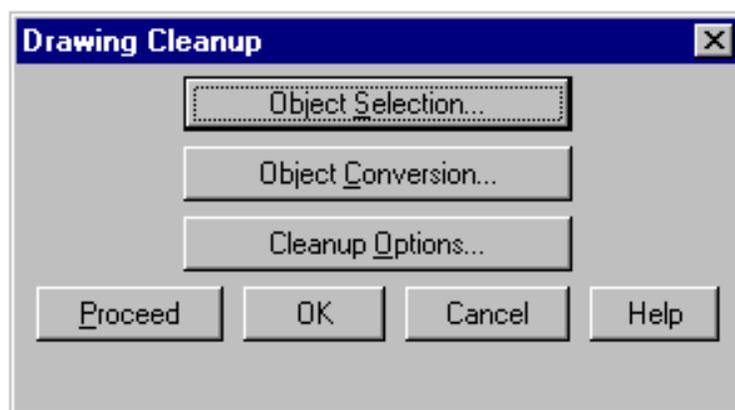


Figura 5.9 – Tela Principal de Opções Para Verificação de Inconsistências Geométricas

Na Figura 5.9 observam-se três opções de janelas de configuração para as operações pertinentes à verificação das inconsistências geométricas. Na primeira opção “*object selection*” (Figura 5.10), pode-se optar pela seleção automática ou manual. Na seleção automática todos os elementos de um determinado nível de informação são selecionados e avaliados em conjunto. Já na seleção manual existe a possibilidade da escolha de qualquer elemento de um determinado nível de informação.

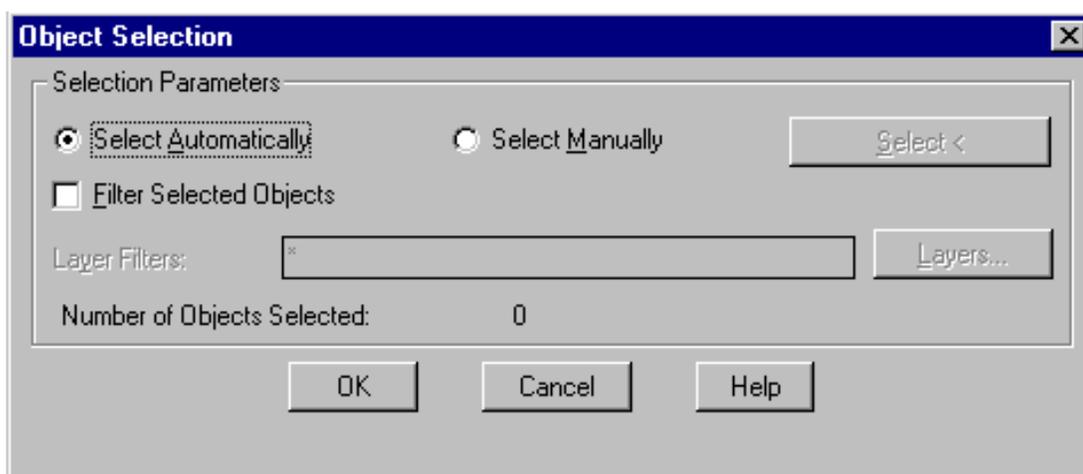


Figura 5.10 – Tela de Opções Para Seleção de Parâmetros

Nesse trabalho foi escolhida a opção automática, pois, se desejava a seleção de todos os elementos constantes de cada nível de informação para a execução da verificação de inconsistências.

A segunda opção da tela principal consiste na conversão dos elementos de um determinado nível de informação. Na figura 5.11 são mostradas essas opções que referem-se às seguintes situações: modificação dos objetos originais; retenção do original e criação de novos objetos e, por último, apagar o original e criação de novos objetos. Nesse trabalho a opção escolhida foi referente a apagar o objeto original e criar um novo objeto no mesmo nível de informação, uma vez que os possíveis problemas foram identificados, constatados e corrigidos.

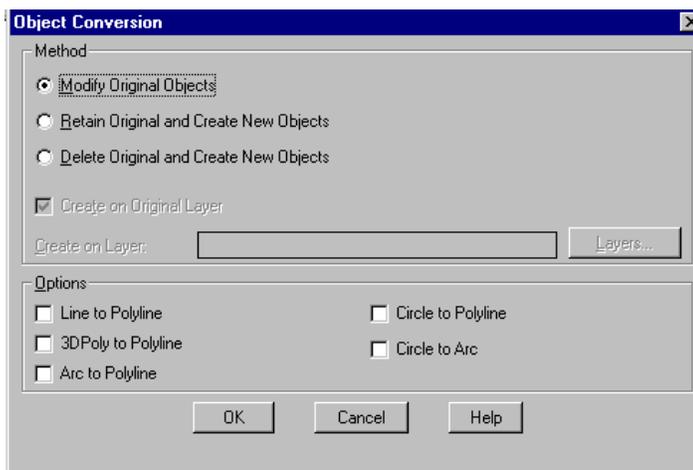


Figura 5.11 – Tela de Opções Para Conversão dos Objetos

Após a escolha do tipo de conversão adequada, a terceira opção na tela principal consiste na seleção de que tipo de inconsistência geométrica deve ser verificada. Na Figura 5.12 são mostradas as opções disponíveis:

- apaga os objetos duplicados;
- apaga objetos pequenos resultantes de sobreposição de cartas ou níveis de informações;
- retém linhas excessivamente estendidas;
- estende linhas desconexas;
- quebra agrupamentos de nós;
- dissolve falsos nós; e
- apaga objetos pequenos, resultantes de processo de edição, que estão conectados a um outro objeto mas que foram relegados.

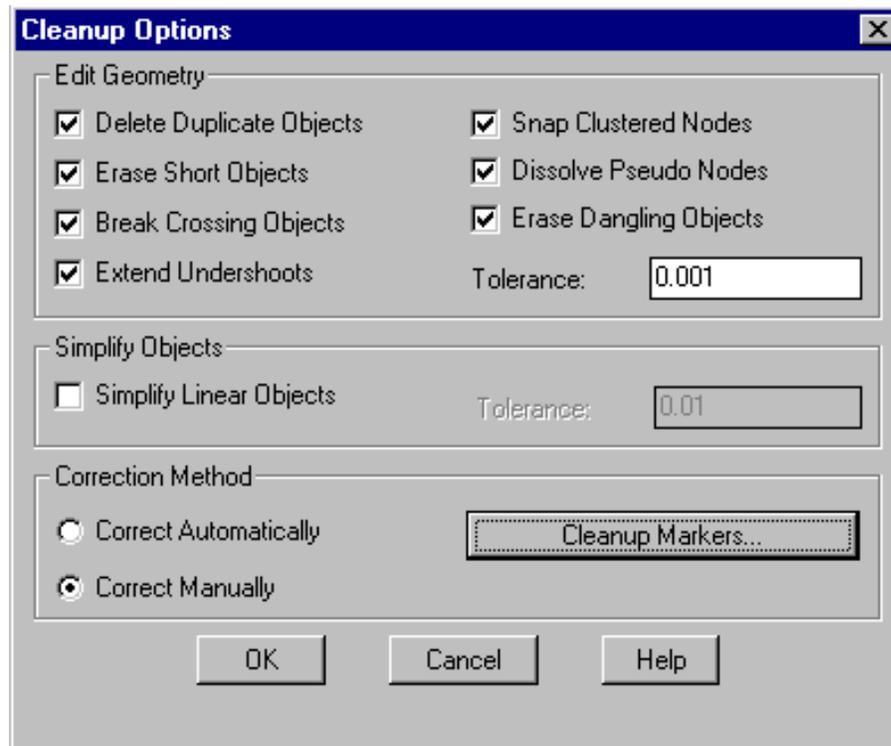


Figura 5.12 – Tela de Opções Para o Tipo de Correção a Ser Efetuada

Recomenda-se a execução de cada um desses itens individualmente, para uma melhor visualização dos marcadores dos eventuais possíveis problemas detectados, apesar do software permitir também a execução combinada. Nesse último caso, além de não causar sobrecarga computacional, a visualização dos eventuais problemas encontrados dar-se-á de forma mais clara e objetiva. Outra sugestão diz respeito ao método de correção que pode ser automático ou manual. Sugere-se a opção de correção manual, pois, no caso automático, caso a tolerância escolhida para verificação seja muito pequena, o software poderá entender, como por exemplo, que uma linha muito próxima a outra seja um objeto duplicado e apagá-la. Poderia também estender uma linha muito próxima a outra considerando a existência de *undershoot* (linhas desconexas), dentre outras.

Com relação à tolerância a ser adotada conforme mostra a Figura 5.12, para cada item a ser avaliado, a mesma deve ser testada até que se encontre um valor mínimo que, a partir desse e de uma inconsistência conhecida, a mesma possa ser detectada.

Caso haja inúmeros problemas relacionados aos itens verificados, escolhido o método de correção manual o software criará marcadores em cada falha identificada. A Figura 5.13 mostra as opções para os tipos de marcadores bem como opções de cores e tamanhos.

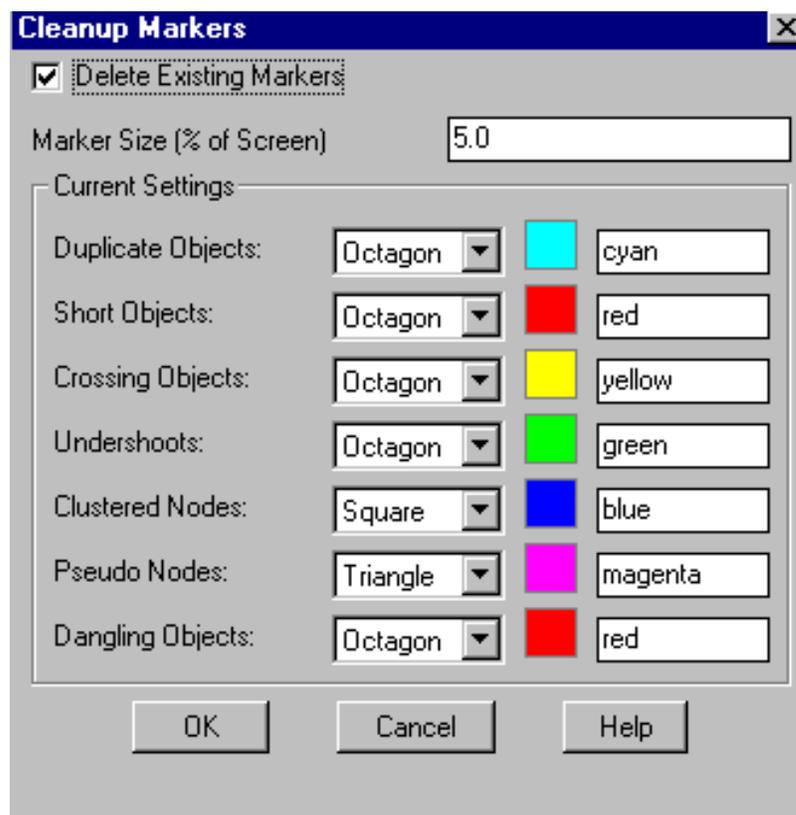


Figura 5.13 – Tela de Opções Para Tipos, Cores e Tamanhos dos Marcadores

Recomenda-se, como seqüência de execução na verificação dos itens, a seguinte ordem:

- apagar os objetos duplicados;
- apagar os objetos pequenos resultantes de sobreposição de cartas ou níveis de informações;
- apaga objetos pequenos, resultantes de processo de edição, que estão conectados a um outro objeto mas que foram relegados;
- demais verificações.

Obedecendo a essa seqüência ocorrerá uma otimização no processo, uma vez que, não haverá redundância de verificações nem verificações em objetos que não constituem informações necessárias à base cartográfica e, conseqüentemente, o custo computacional será reduzido.

Nesse trabalho foram encontrados problemas com relação à consistência lógica, tais como linhas e feições duplicadas, inúmeras situações de linhas conectadas com ausência do ponto de interseção, polígonos abertos, etc., sendo os mesmos marcados e posteriormente corrigidos.

Um exemplo desses problemas encontrados pode ser constatado na Figura 5.14 que ilustra uma situação de linhas desconexas.

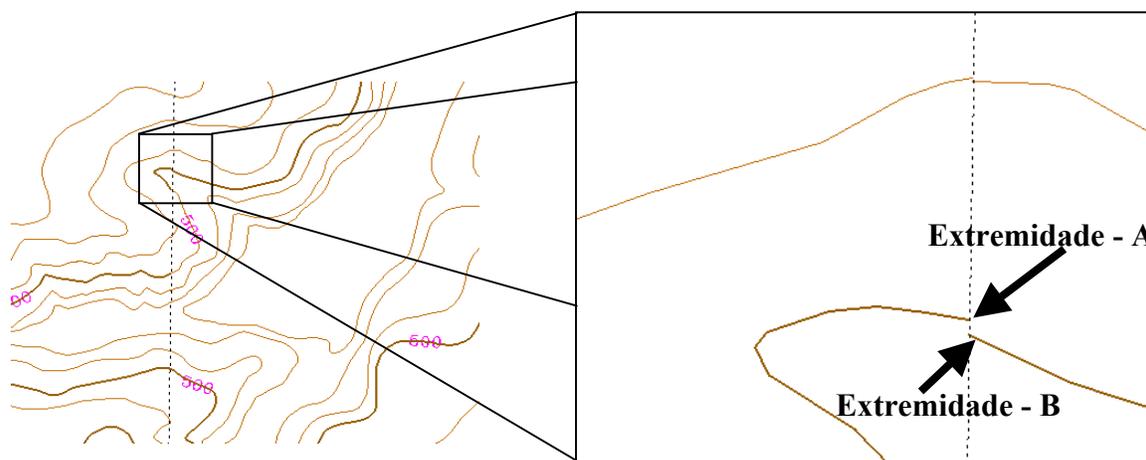


Figura 5.14 – Problema Com Relação à Consistência Lógica

No caso desse exemplo tem-se uma situação em que, visualmente, não se sabe qual é a extremidade que se encontra posicionada corretamente, gerando-se a dúvida de qual procedimento deva ser adotado, uma vez que pode-se deslocar a extremidade “A” até uni-la à extremidade “B” ou vice versa. Deve-se salientar que um deslocamento em uma das extremidades pode variar de centímetros a quilômetros, o que, executado erroneamente, pode causar sérios problemas, inclusive com relação à qualidade posicional da carta.

A solução adotada para esse problema foi a utilização do arquivo matricial da área em questão como referência, e sobrepor a este o respectivo arquivo vetorial. Isto permite a verificação e constatação de qual o procedimento correto a ser adotado. A Figura 5.15 mostra o detalhe de linhas desconexas sobre o arquivo matricial de referência.

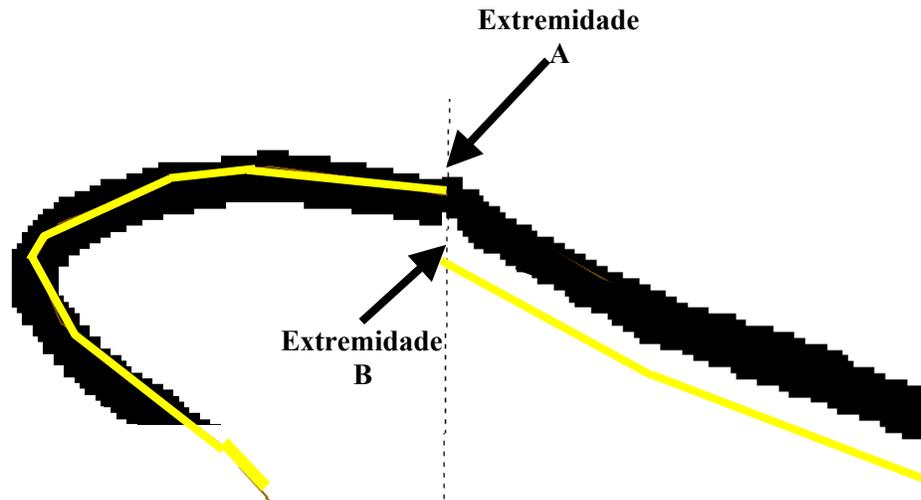


Figura 5.15 – Visualização das Linhas Desconexas e Arquivo Matricial de Referência

Nota-se pelo arquivo matricial de referência que a extremidade “A” é a que está posicionada corretamente. Então, a solução desse problema é o deslocamento da extremidade “B”, através de ferramenta do software CAD utilizado, até a sua união com a extremidade “A” que deve permanecer fixa. Esse procedimento foi executado e o resultado é mostrado na Figura 5.16.

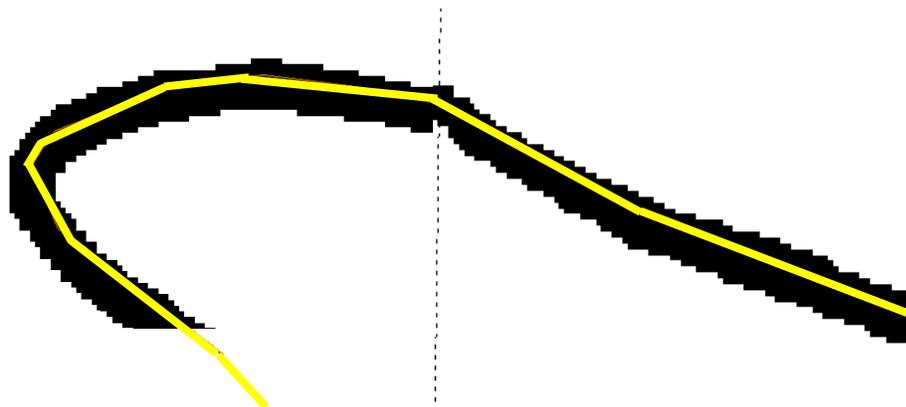


Figura 5.16 – Visualização das Linhas Conectadas

5.2.3.5 Fidelidade à Semântica

Como o propósito da fidelidade à semântica é descrever a “distância” semântica entre objetos geográficos e a percepção da realidade, executou-se uma inspeção nas cartas disponibilizadas para verificar a eventual existência de algum problema relacionado a esse parâmetro.

A verificação da fidelidade à semântica foi executada por inspeção visual. Para isso, tornou-se necessário que todos os níveis de informações da base cartográfica estivessem ativados, pois os eventuais problemas só seriam constatados quando da análise conjunta dos mesmos. Desta forma, de nada vale a verificação de um nível de informação que contenha pontes separado de outro que contenha rios, pois assim não se pode constatar, por exemplo, se um rio está passando sobre uma ponte, o que não condiz com a realidade, sendo este um problema de fidelidade à semântica.

Na avaliação das cartas do protótipo o único problema encontrado com relação a esse parâmetro é mostrado na Figura 5.17, onde há um rio que passa sobre uma ponte. A solução para esse problema foi a identificação de qual era a ponte em questão e, posteriormente no nível de informação que a armazenava, a mesma foi editada, de forma que quando analisada juntamente com os demais níveis de informações representasse a realidade. Nessa mesma Figura também é mostrada a situação correta após a sua edição.



Figura 5.17 – Exemplo de Fidelidade à Semântica

5.2.3.6 Temporalidade

Essa etapa não foi executada para esse protótipo uma vez que, para tal tarefa, deve-se selecionar elementos ou feições bem definidas na base cartográfica, e posteriormente, verificar em campo se a mesma encontra-se conforme a sua representação gráfica o que demanda tempo e pessoal disponível. Uma outra forma de verificação dos efeitos causados pela temporalidade seria a utilização de imagens de satélite atualizadas. Porém as imagens disponíveis não eram recentes impossibilitando a execução dessa etapa à partir das mesmas.

Exemplo de verificação desse parâmetro pode ser encontrado em Francisco (2001).

5.2.4 Considerações a Respeito do Controle de Qualidade dos Dados Cartográficos

A seguir são apresentadas as considerações a respeito do controle de qualidade dos dados cartográficos aplicados à área piloto do projeto SIGEST-STP.

Todas as etapas referentes ao controle de qualidade de dados cartográficos, as quais podem ser chamadas também de revisão e validação da base cartográfica, devem, geralmente, ser executadas com a finalidade de informar ao solicitante quais são os problemas existentes e sua porcentagem com relação aos dados corretos. Existem trabalhos tais como o de Quintanilha (1996), que tratam da avaliação de erros presentes em uma base de dados, nos quais são aplicados testes para a verificação da quantidade de erros e com base nessa quantidade aceitar (validar) ou não o produto avaliado.

No caso específico do projeto SIGEST-STP não se tratava apenas da identificação de problemas que eventualmente fossem constatados, mas também da sua solução, uma vez que essa seria a opção mais rápida e econômica, pois, caso contrário, uma nova base cartográfica deveria ser confeccionada. Após a execução da revisão, identificação e

solução dos problemas constatados, pode-se considerar que a base cartográfica avaliada possui os requisitos satisfatórios ao seu uso em um sistema de informações geográficas.

Vários são os softwares que auxiliam nas tarefas que compõem a avaliação e edição de um produto cartográfico. Pode-se citar o *AutoCAD*, *AutoCAD Map*, *MicroStation*, *Modular GIS Environment (MGE)*, entre outros, devendo o usuário optar por aquele que achar mais conveniente, de acordo com os seus conhecimentos de utilização dos mesmos.

Com a base cartográfica revisada e validada, os demais grupos envolvidos no projeto puderam utilizá-la como fonte confiável de informações para a execução de seus trabalhos conforme o propósito do SIGEST-STP. A Figura 5.18 mostra as quatro cartas da área do protótipo revisadas e validadas, formando um único arquivo dividido em níveis de informações, as quais foram disponibilizadas para o uso dos demais grupos envolvidos no projeto.

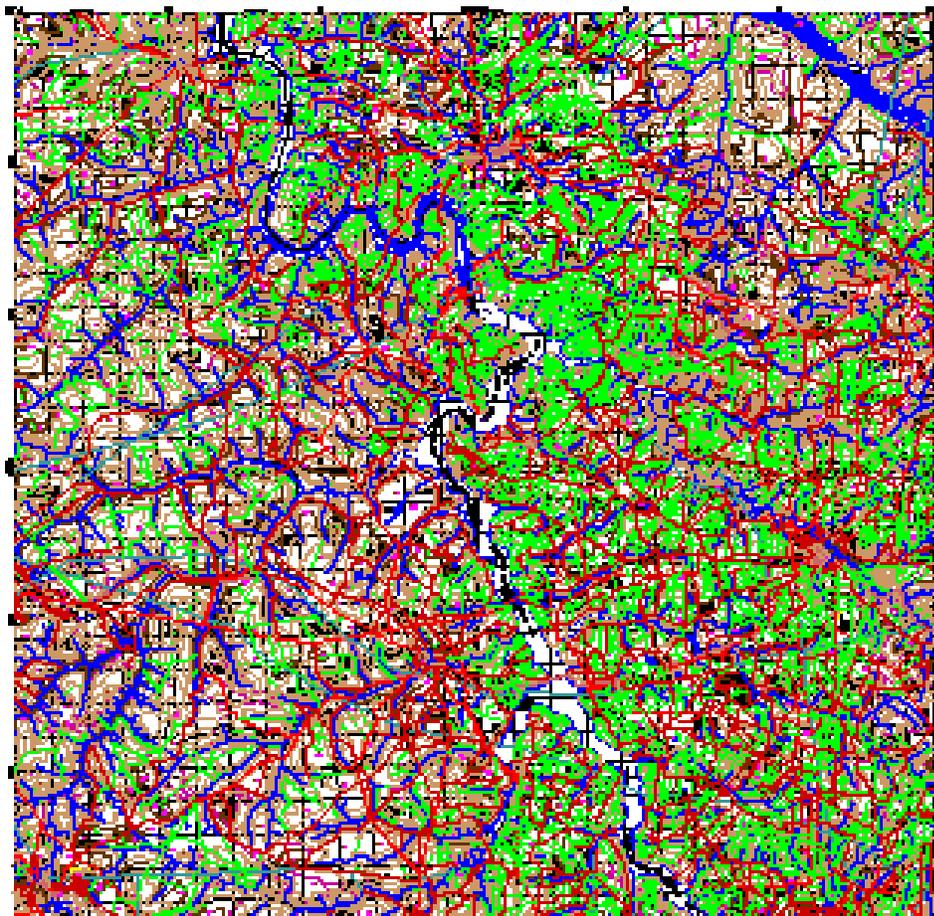


Figura 5.18 – Cartas Revisadas e Validadas

A seguir são mostradas algumas figuras que ilustram o site do SIGEST-STP que está sendo criado a partir de informações e trabalhos de diversos grupos e instituições envolvidas e que estão utilizando as bases cartográficas da área piloto avaliadas e validadas nesse estudo de caso. Na Figura 5.19 é mostrada uma imagem de satélite sobre a qual estão inseridas as cartas da área piloto do projeto, sua localização no Estado, coordenadas dos limites bem como as opções de zoom e consultas.

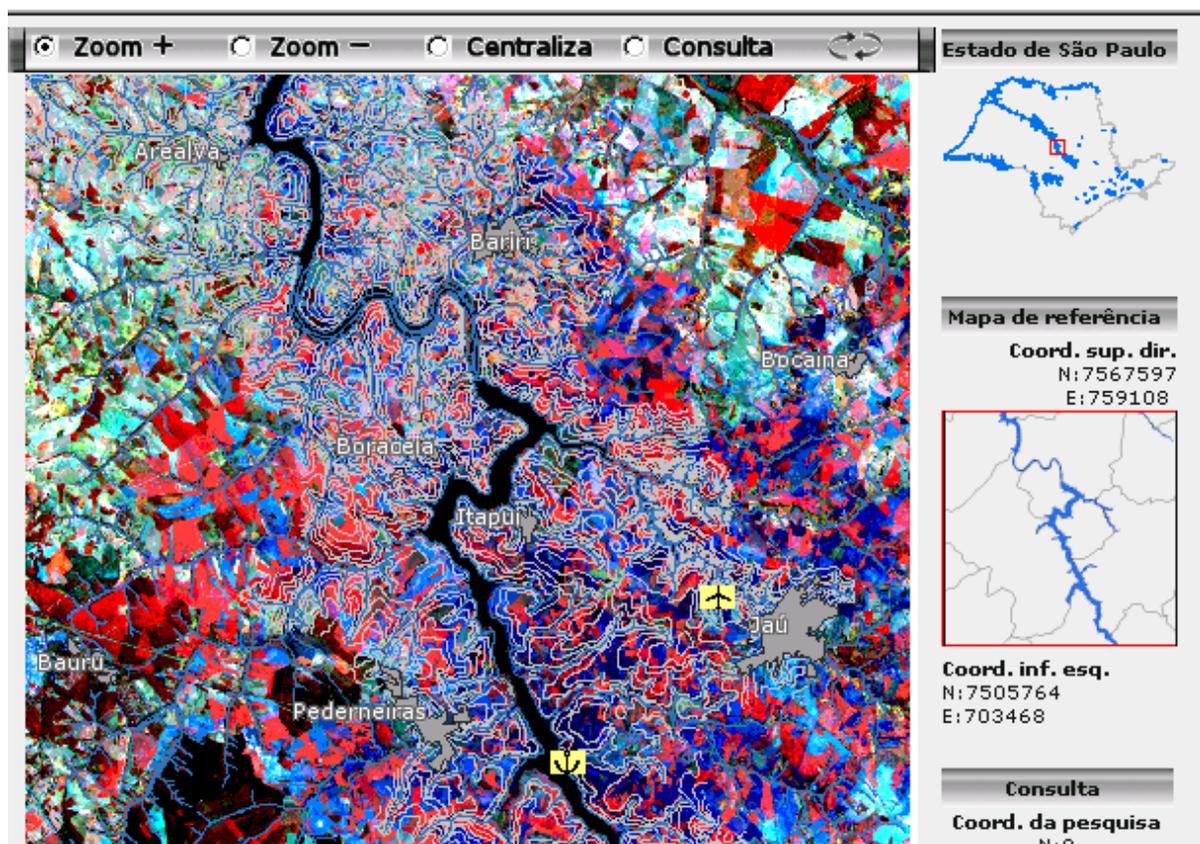


Figura 5.19 – Página Principal de Consultas Sobre a Área Piloto do SIGEST - STP

A Figura 5.20 mostra a região de Bariri, ampliada através da opção zoom + da tela principal. Pode-se observar informações a respeito de rodovias e manchas urbanas.

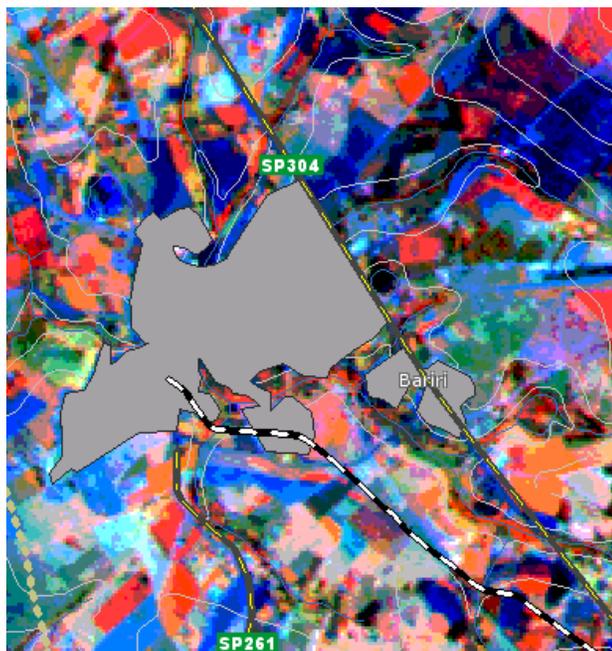


Figura 5.20 – Região de Bariri Ampliada Através da Opção Zoom +

Na Figura 5.21 pode-se observar as opções de ativação e ou desativação dos elementos de interesse de pesquisas referentes a cada assunto, tais como: base cartográfica, hidrologia e infra-estrutura .

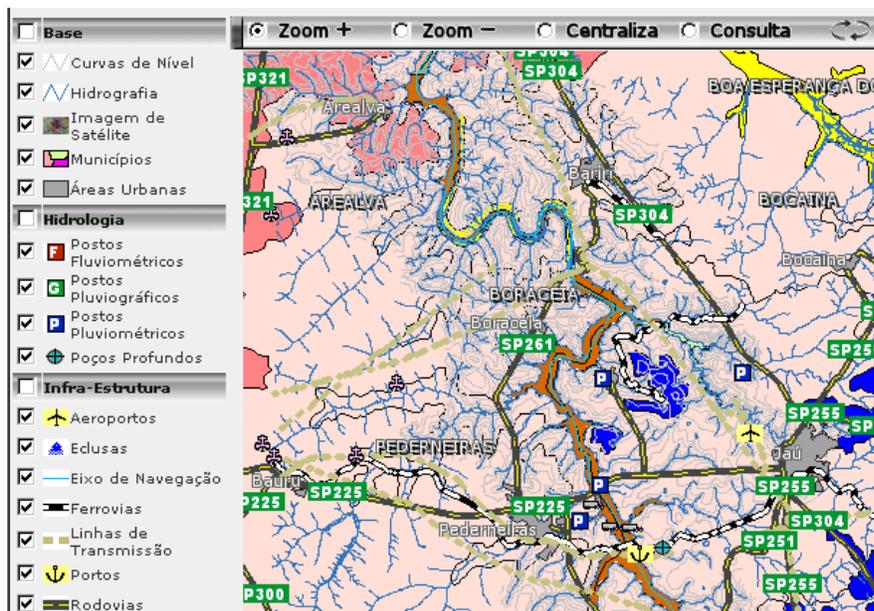


Figura 5.21 – Opções de Ativação e Desativação de Níveis de Informações de Interesse

O endereço eletrônico para visualização e maiores informações a respeito do projeto SIGEST – STP é www.sigest.fcth.br. Deve-se ressaltar que o mesmo encontra-se em fase de construção e implementação de informações provenientes dos grupos envolvidos no projeto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após a execução das atividades previstas na pesquisa apresentam-se a seguir algumas considerações finais, conclusões e recomendações.

6.1 Considerações Finais

A pesquisa propôs apresentar metodologia adequada para o controle de qualidade em cartografia através da indicação de formulação para cálculo do tamanho da amostra a ser testado e de procedimentos para verificação da qualidade geométrica e dos demais elementos de qualidade dos dados espaciais. Algumas considerações respeito dos estudos efetuados e dos resultados obtidos são apresentados a seguir.

As investigações práticas se deram em duas áreas pilotos: uma do Município de Paulínia –SP, na qual foi realizada somente a verificação da qualidade posicional, e outra do projeto SIGEST-STP, onde foi dado ênfase à qualidade dos demais elementos dos dados espaciais de quatro cartas; Municípios de Arealva, Bariri, Agudos e Jaú.

Para a área piloto do Município de Paulínia realizou-se o controle de qualidade posicional das cartas nas escalas 1:2.000 e 1:10.000. Nesta pesquisa, a distribuição dos pontos de controle, determinados pela amostragem casual simples, teve como critério o sorteio através de números aleatórios baseados no tamanho da população e comparados com outra metodologia de seleção e distribuição dos pontos de controle de forma homogênea, recobrando toda área em questão, e que, quando possível, estivessem em ambas as cartas (1:2.000 e 1:10.000).

Com relação ao Decreto Lei 89.817, algumas considerações são feitas a seguir, no intuito de se tentar adequá-lo à realidade atual, ou seja, a cartografia digital que, como foi dito, vem substituindo a analógica:

- indicar com clareza qual método estatístico deve ser utilizado na avaliação da qualidade posicional de produtos cartográficos, bem como o critério de determinação do tamanho da amostra e sua distribuição;
- estipular novos valores para o PEC voltados à cartografia digital;
- contemplar além da acurácia posicional e da linhagem, outros parâmetros que fazem parte da qualidade dos dados espaciais, entre eles a acurácia de atributos, a completeza, a consistência lógica, a fidelidade à semântica e a temporalidade;
- especificar os meios de se fazer com que o mesmo seja obedecido por todas as instituições responsáveis pela produção dos documentos cartográficos no Brasil.

5.2 Conclusões

Neste trabalho foi apresentada uma síntese de conceitos fundamentais relacionados ao controle de qualidade de produtos cartográficos enfatizando a cartografia digital, os parâmetros de qualidade de dados cartográficos e a teoria de amostragem.

Realizou-se uma investigação com relação ao teste estatístico que vem sendo utilizado na prática para a análise de tendência, o qual usa a distribuição t de Student. Concluiu-se pelo exemplo apresentado que, aplicando-se esse teste a um conjunto de dados com tendência, há casos em que a mesma poderá não ser detectada a um determinado intervalo de confiança, o que não ocorreu com o teste baseado na distribuição normal.

Foram realizados estudos para a definição de elementos necessários ao cálculo do tamanho da amostra a ser utilizado em um controle de qualidade posicional de produtos cartográficos. A conclusão foi que a expressão matemática apresentada (3.6) é ideal para determinação do tamanho da amostra para avaliação de um produto cartográfico com população infinita e depende do intervalo de confiança, erro máximo permissível e desvio

padrão. Já a expressão matemática (3.8), é ideal para cartas com população finita e depende dos parâmetros citados e, especialmente, do tamanho da população. Ambas as expressões independem da extensão da área a ser mapeada.

Foram aplicados os testes estatísticos para o controle de qualidade posicional dos dados das cartas do Município de Paulínia através da metodologia de seleção e distribuição pelo critério da homogeneidade dos mesmos onde foram utilizados 48 pontos na carta de escala 1:2.000 e 27 pontos na carta de escala 1:10.000.

Pela metodologia proposta nesse trabalho, uma vez que a carta avaliada apresentava população considerada infinita, foi aplicada a expressão matemática (3.6) para determinação do tamanho da amostra. Pode-se concluir que para as cartas na escala 1:2.000, considerando-se um erro máximo permissível de 33% a um nível de confiança de 90% e a população da carta de 128657 pontos, a amostra representativa necessária para a avaliação da qualidade posicional correspondeu a 25 pontos. Para as cartas na escala 1:10.000, considerando-se o mesmo erro máximo permissível, mesmo nível de confiança e a população de 98676 pontos, a amostra necessária também correspondeu a 25 pontos.

Aplicou-se os testes estatísticos com os dados dos 25 pontos de amostra e comparou-se os resultados. Concluiu-se que para a carta na escala 1:2.000, os mesmos diferem-se para cada uma das metodologias. O tamanho da amostra adotado para cada situação foi um fator preponderante para tal diferença, devendo então, ser adotado a classificação obtida pelo emprego da metodologia proposta, uma vez que a mesma é embasada em fundamentos científicos.

Assim, chegou-se à conclusão que a carta na escala 1:2.000 obteve classe “B” para a componente planimétrica e na classe “C” para a componente altimétrica, devendo ser enquadrada como classe “C”. Para a carta na escala 1:10.000 chega-se à conclusão que a

mesma enquadraram-se na classe “A” tanto para a componente planimétrica como para a altimétrica.

Em seguida foram avaliados os demais elementos de qualidade dos dados espaciais de quatro cartas que fazem parte da área piloto do projeto SIGEST-STP, onde as mesmas foram primeiramente agrupadas em um único arquivo, dividido em níveis para o armazenamento de informações específicas ao propósito do projeto.

Concluiu-se que a linhagem é primeiro elemento que deve ser avaliado em um produto cartográfico e que a mesma pode afetar a execução da etapa de controle de qualidade posicional. Posteriormente deve-se executar a avaliação da completeza dos produtos para verificar a existência de informações desnecessárias e ou informações que não constam do produto em função da sua finalidade. Para a verificação dos demais elementos não é necessário estipular uma ordem de execução.

Com a execução da avaliação desses elementos de qualidade, pôde-se concluir, especialmente pela análise de consistência lógica, que as cartas avaliadas foram elaboradas, provavelmente, por pessoas ou equipes diferentes, uma vez que se pode notar uma grande quantidade de linhas desconexas, principalmente nas regiões de adjacência entre cartas. Outra conclusão é que as mesmas são de fato necessárias, principalmente quando se trata de uso em SIG, onde os produtos cartográficos devem possuir qualidade adequada para sua implementação.

Após a execução da revisão, identificação e solução dos problemas constatados, pôde-se concluir que a base cartográfica avaliada possui os requisitos satisfatórios ao seu uso em um sistema de informações geográficas, podendo ser utilizada como fonte confiável de informações para o seu propósito.

Finalmente, através dos estudos efetuados e os experimentos realizados, concluiu-se que se contribuiu com o desenvolvimento de metodologia adequada para o controle

de qualidade em cartografia, através da definição de elementos para o cálculo do tamanho da amostra com fundamentos estatísticos, avaliação da qualidade posicional de um produto cartográfico digital e procedimentos para verificação dos demais elementos de qualidade de dados cartográficos.

6.3 Recomendações

Recomenda-se a execução de novos estudos referentes à distribuição dos pontos de controle determinados pela amostragem no intuito de verificar e comprovar a validade desse critério para a cartografia, ou propor novas formas de fazê-la. Deve-se contemplar não só o sorteio aleatório, mas também outros parâmetros, como por exemplo, a alocação desses pontos em função da quantidade de informações armazenadas em determinada região da carta, ou a distribuição proporcional dos pontos por folhas.

Considerando-se, na prática, a utilização do tamanho da amostra para a análise de tendência determinado pelas equações 3.6 ou 3.8 como sendo o mesmo para a verificação da precisão, recomenda-se que novos estudos sejam desenvolvidos no intuito de se determinar o tamanho da amostra necessário para aplicação na equação 2.13.

Na Figura 5.12, que mostra as opções para o tipo de correção a ser efetuada com relação às inconsistências geométricas, consta um campo referente à tolerância a ser adotada para essa correção. Neste trabalho foi adotado um critério de que para cada item avaliado, a mesma deveria ser testada até que se encontrasse um valor mínimo que, a partir desse e de uma inconsistência conhecida, a mesma pudesse ser detectada. Portanto, recomenda-se como continuidade desse trabalho, estudos referentes à determinação da tolerância a ser adotada em função de cada inconsistência a ser avaliada.

REFERÊNCIAS

- ARONOFF, S. GIS: A Management Perspective, WDL Publication, Ottawa, Canadá, 1995.
- BRASIL. Decreto n. 89.817, de 20 de junho de 1984. Dispõe sobre as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 22 de junho de 1984.
- BURITY, E. F. A Carta Cadastral Urbana – Seleção de Dados a Partir da Análise das Necessidades dos Usuários. 1999. (Dissertação de Mestrado - Instituto Militar de Engenharia) - Rio de Janeiro.
- BUSSAB, W. O., Estatística Básica. 3. ed. São Paulo: Atual, 1986. 321p. (Métodos Quantitativos).
- CÂMARA, G. *et al.*, Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica, Campinas, São Paulo. Instituto de Computação, UNICAMP. 1996. 197p.
- CASTILHO, J. R. F. O Direito na Cartografia. 2.ed. Presidente Prudente: Departamento de Planejamento, 2000, 102p.
- CLARK D. M., Lineage In: GUPTILL, S. C.; MORRISON, J. L., Elements of Spatial Data Quality, Elsevier Science, 1997. Cap. 2, p. 13-30.
- DRUMMOND, J., Positional Accuracy In: GUPTILL, S. C.; MORRISON, J. L., Elements of Spatial Data Quality, Elsevier Science, 1997. Cap. 3, p. 31-58.
- FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE. An Image Map of the Content Standard for Digital Geospatial Metadata ,Version 2 – (FGDC-STD-001), 1998.
- FRANCISCO, H. R., Qualidade de Dados Espaço-temporal: Estudo de Caso no Contexto da Acurácia Posicional e Atualização. 2001. 157f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas) – UNESP – Presidente Prudente, 2001.
- GALO, M. CAMARGO, P. O. Utilização do GPS no Controle de Qualidade de Cartas, In: 1º Cobrac – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, SC, 1994.
- GEMAEL, C. Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas, Curitiba: Ed. UFPR, 1994.
- GOODCHILD, M. F., Attribute Accuracy In: GUPTILL, S. C.; MORRISON, J. L., Elements of Spatial Data Quality, Elsevier Science, 1997. Cap. 4, p. 59-80.
- GUPTILL, S. C., MORRISON, J. L (Ed.) Elements of Spatial Data Quality. International Cartographic Association. Oxford: Elsevier Science, 1997.

- JURAN, J. M. GRYNA; FRANK M., Controle de Qualidade. Handbook. Conceitos, Políticas e Filosofia da Qualidade. McGraw-Hill, São Paulo. 1991.
- KAINZ, W., Logical Consistency In: GUPTILL, S. C.; MORRISON, J. L., Elements of Spatial Data Quality, Elsevier Science, 1997. Cap. 8, p. 109-138.
- LEAL, E. da M., DALMOLIN Q. Análise da Qualidade Posicional em Bases Cartográficas Geradas em CAD. In: GISBRASIL 99, V Congresso e Feira para Usuários em Geoprocessamento da América Latina, Salvador, BA, 1999.
- 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>
- LOURENÇO FILHO, R. C. B., Controle Estatístico de Qualidade. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1982, 223p.
- MAILING, D. H. Measurements from Maps Principles and Method of Cartometry, Oxford: Pergamon Press, 1989.
- MERCHANT, D. C. Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps Technical Papers of the American Congress on Surveying and Mapping, v. 1, p. 222-231, 1982.
- MORRISON, J. L., Spatial Data Quality In: GUPTILL, S. C.; MORRISON, J. L., Elements of Spatial Data Quality, Elsevier Science, 1997. Cap. 1, p. 1-12.
- ÖSTMAN, A. The Specification and Evaluation of Spatial Data Quality, In: Proceedings of 18th International Cartographic Conference, Stokolm, Sweden, p. 836-847, 1997.
- PEREIRA, R. A Estatística e Suas Aplicações, Porto Alegre: ed. Grafosul, 1979.
- PUEBLA, J. G., SIG: Sistemas de Información Geográfica. 2. ed. Madrid: Sintesis, 1994. 251p. (Espacios Y Sociedades).
- ROCHA, R. S., Exatidão Cartográfica Para as Cartas Digitais Urbanas. 2002. 128f. Tese (Doutorado – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SALGÉ, F., Semantic Accuracy In: GUPTILL, S. C.; MORRISON, J. L., Elements of Spatial Data Quality, Elsevier Science, 1997. Cap. 7, p. 139-152.
- SATO, S. S. Controle de Qualidade, Conceitos e Normalização dos Processos de Aquisição de Dados Fotogramétricos. In: GISBRASIL 99, V Congresso e Feira para Usuários em Geoprocessamento da América Latina, Salvador, BA, 1999.
- TELLES, J. D. L., RODRIGUES T. S. Controle da Qualidade de Documentos Cartográficos, 1990. (Projeto de Fim de Curso) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- TRIMBLE, GPSurvey, User Manual, Trimble Navigation Limited, Version 2.20. Sunnyvale, CA, June 1996.

BIBLIOGRAFIAS

ANDRADE, D. F. P. N. de. Avaliação da Exatidão de Documentos Cartográficos, Revista Brasileira de Cartografia, nº 44, Rio de Janeiro, 1991.

BARNETT, V. Elements of Sampling Theory, Bell & Bain Ltd., Glasgow, 1974.

BOBBIO, P. V. Coletânea de Legislação e Jurisprudência. Legislação Federal e Marginalia, LEX Editora, São Paulo: 1984.

BRUNETTI, M. F. Os Sistemas TM, Revista FatorGIS, nº 1, 1993.

CHAVES, E. E. D. Análise da Qualidade de Dados Georreferenciados Utilizando a Tecnologia GPS. 1998. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos.

ESTADO MAIOR DO EXÉRCITO, Princípios da Qualidade Total, Brasília, DF, 1995.

KARNAUKHOVA, E. Anotações ao Controle de Qualidade da Produção Cartográfica Digital. Florianópolis, 2001. Disponível em: <http://geodesia.ufsc.br/geodesia-online/Arquivo/2001/04/karnaukhova>. Acesso em: 8 mar. 2003.

NOGUEIRA JÚNIOR, J.B, MALDONADO,V.C. Controle de Qualidade Posicional em Cartografia. Um Estudo de Caso: Município de Paulínia-SP. 2000 (Trabalho de Graduação - Departamento de Cartografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia.UNESP, Presidente Prudente.

NERO, M. A. Estudo Comparativo de Metodologias de Digitalização de Mapas e Seu Controle de Qualidade Geométrica. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

QUINTANILHA, J. A. Erros em Bases Digitais de Dados Espaciais Para Uso em Sistemas de Informação Geográfica. 1996. (Tese Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SPIEGEL, M. R., Probabilidade e Estatística. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. 527p. (Coleção Schaum).

TOMMASELLI, A. M. G., MONICO, J. F. G., CAMARGO, P. O de. Análise da Exatidão Cartográfica da Carta Imagem “São Paulo”. In: Anais do Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Fortaleza, 1989.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Manual de normalização documentária para apresentação do trabalho acadêmico (de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT). Maria José Trigólio (Org.) e Silvia Dias Degaspari (Org.). Presidente Prudente (SP). 2002. 43 p.

ANEXO A – DECRETO LEI Nº 89.817

DECRETO N.º 89.817, de 20 DE JUNHO DE 1984

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

DECRETA:

Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional

CAPÍTULO I

Disposições Iniciais

Art. 1.º – 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. 2.º – 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. 3.º - 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. 4.º – As normas cartográficas, legalmente em vigor nesta data, serão homologadas como Normas Cartográficas Brasileiras, após apresentação à COCAR e devido registro.

Art. 5.º – 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 n.º 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 – Gx* – documento normativo elaborado pelos órgãos previstos nos incisos 1 e 2 do § 1.º do artigo 15 do Decreto-Lei n.º 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 – *Norma 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. 6.º – 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. 7.º – 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. 8.º – 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.

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

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

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

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

SEÇÃO 2

Classe de Cartas

Art. 9.º – 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. 10 – É obrigatória a indicação da classe no rodapé da folha, ficando o produtor responsável pela fidelidade da classificação.

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

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

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

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

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

CAPÍTULO III

Elementos Obrigatórios de uma Carta

Art. 12 – 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. 13 – 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. 14 – 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. 15 – 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. 18 – 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. 19 – 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 usada, em lugar bem visível e destacado na carta.

CAPÍTULO IV

Do Sistema Geodésico Brasileiro

Art. 21 – Os referenciais planimétrico e altimétrico para a Cartografia Brasileira são aqueles que definem o Sistema Geodésico Brasileiro, conforme estabelecido nas “Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos – IBGE – 1983”.

§ 1.º – Segundo aquelas normas, o referencial planimétrico coincide com o Sistema Geodésico Sul-americano de 1969 (SAD69).

§ 2.º – O referencial altimétrico coincide com o nível médio do mar na baía de Imbituba, no litoral de Santa Catarina.

Art. 22 – A título precário, admite-se documentação cartográfica à base do antigo Sistema Geodésico Córrego Alegre.

CAPÍTULO V

Especificações Gerais das Normas Cartográficas Brasileiras

Art. 23 – 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 previstas nestas Instruções.

Art. 24 – 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. 27 – 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. 28 – 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. 29 – 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. 30 – O Sistema Cartográfico Nacional deverá adaptar-se, no prazo de um ano, aos padrões estabelecidos neste Decreto.

Art. 31 – No prazo de um ano, a contar da publicação do presente Decreto, as entidades responsáveis pela elaboração de normas cartográficas deverão remete-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. 32 – 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

Delfim Netto

Autorizo a reprodução deste trabalho.

Presidente Prudente, junho de 2003

JOÃO BOSCO NOGUEIRA JÚNIOR