

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

GESTÃO MUNICIPAL COM O USO DE
GEOTECNOLOGIAS

JULIANO CESAR PINTO AGOSTINHO

CAMPINAS, SP
2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

GESTÃO MUNICIPAL COM O USO DE
GEOTECNOLOGIAS

JULIANO CESAR PINTO AGOSTINHO

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes.

ORIENTADOR: PROF. DR. DIOGENES CORTIJO COSTA

CAMPINAS, SP
2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Ag75g Agostinho, Juliano Cesar Pinto
Gestão municipal com uso de geotecnologias /Juliano
Cesar Pinto Agostinho.--Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Diogenes Cortijo Costa
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Cartografia –
Processamento de dados. 3. Mapeamento digital. 4.
Planejamento urbano. 5. Planejamento urbano –
Processamento de dados. 6. Sistema de Posicionamento
Global. I. Costa, Diogenes Cortijo. II. Universidade Estadual
de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo. III. Título.

Titulo em Inglês: Municipal administration with use of geotechnologies

Palavras-chave em Inglês: Geotechnology, GIS, Geographic information system,
Urban planning, Geodetic reference network,
Cartographic base

Área de concentração: Transportes

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Jorge Luiz Alves Trabanco, Segundo Carlos Lopes

Data da defesa: 21/12/2007

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

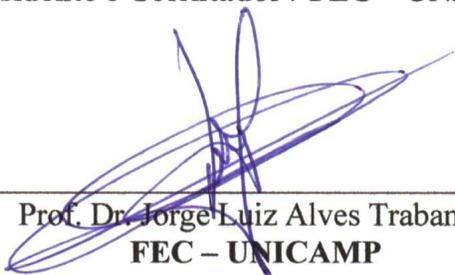
GESTÃO MUNICIPAL COM O USO DE GEOTECNOLOGIAS

JULIANO CESAR PINTO AGOSTINHO

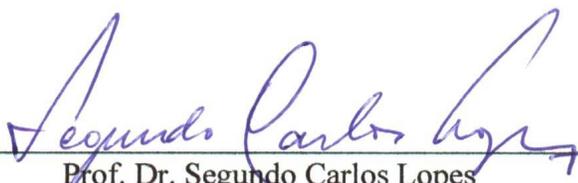
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Diogenes Cortijo Costa
Presidente e Orientador / FEC – UNICAMP



Prof. Dr. Jorge Luiz Alves Trabanco
FEC – UNICAMP



Prof. Dr. Segundo Carlos Lopes
DECiv - UFSCar

Campinas, 21 de dezembro de 2007.

DEDICATÓRIA

À minha família, Georgia e Luiza

Por todo amor, carinho e dedicação durante esta e outras jornadas; vocês são duas jóias preciosas na minha vida, amo vocês.

Aos meus pais, Dálcio e Neocir, e meus irmãos, Jocilene e Jean

Por todos os ensinamentos e apoios durante minha formação pessoal e profissional, por todo carinho, amor e companheirismo.

Ao Prof. Dr. Diogenes Cortijo Costa

Pelo apoio no início desta jornada, por sua amizade, confiança e orientação com sabedoria e paciência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os colegas que contribuíram de forma direta e indireta na realização deste trabalho, espero que um dia possa retribuir essa contribuição tão valiosa.

A todos os professores e companheiros de estudo, pelos conhecimentos transmitidos durante o curso;

A todos os funcionários das empresas que colaboraram de forma direta nos trabalhos de pesquisa e a empresa Furtado&Schmidt pelo empréstimo do par de receptores GPS de mono frequência;

Ao tio, amigo e sócio Josemir Breda pelo caminho em conjunto neste mundo de informações geográficas e colaboração nos trabalhos de pesquisa;

Ao Engenheiro Sidney Ferdinando Antonholi pelas colaborações e discussões técnicas durante os trabalhos de coleta de dados;

Aos funcionários das prefeituras dos municípios de Salto/SP e Charqueada/SP, que auxiliam de forma direta e indireta na colaboração dos trabalhos de pesquisa.

RESUMO

AGOSTINHO, Juliano Cesar Pinto. **Gestão municipal com o uso de geotecnologias**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2007, 140p. Dissertação (Mestrado).

Este trabalho visa apresentar procedimentos para o planejamento e implantação de um Sistema de Informações Geográficas – SIG Municipal com ênfase na precisão, exatidão, confiabilidade, segurança e interoperabilidade dos dados e informações geográficas. Foram estudadas as metodologias e técnicas para elaboração de uma Base Cartográfica Cadastral Digital com estrutura topológica ajustada às necessidades do *software* de SIG, bem como sua vinculação com as entidades do mundo real através da elaboração de uma Rede de Referência Cadastral Municipal. A parte prática deste trabalho foi limitada à área urbana e de expansão urbana de um município de pequeno porte, integrando a coleta, tratamento, armazenamento, recuperação e análise dos dados e informações geográficas através dos métodos e técnicas de mapeamento com topografia convencional, uso do sistema de navegação e posicionamento global por satélite (*Global Navigation Satellite System* – GNSS) e uso do SIG. No estudo de caso os dados e informações geográficas foram armazenados em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados – SGBD Objeto-Relacional com extensão espacial, possibilitando a integração destes dados e toda a exploração do potencial deste sistema. Finalmente foram apresentadas discussões e recomendações sobre temas abordados em geotecnologias.

Palavras Chave: geotecnologia, Sistema de Informação Geográfica, planejamento urbano, Rede de Referência Cadastral, base cartográfica.

ABSTRACT

AGOSTINHO, Juliano Cesar Pinto. **Municipal administration with use of geotechnologies.** Campinas: Faculty of Civil Engineering, Architecture and Urbanism, State University of Campinas, 2007, 140p. Master of Science (MS).

This paper has the purpose of presenting procedures for planning and implementing a Municipal Geographic Information System (GIS) with an emphasis on the precision, exactness, reliability, safety, and interoperability of the data and geographical information. The methodologies and techniques for elaborating a Digital Cartographic Base with a topological structure adjusted to the needs of the GIS software as well as its link with the entities of the real world by elaborating a Municipal Geodetic Reference Network. The practical part of this work was limited to the urban area and the urban expansion of a small municipality, integrating it into the collection, handling, storage, recuperation, and analysis of geographical data and information by the mapping methods and techniques with conventional survey, Global Navigation Satellite System (GNSS) and GIS. In the case study, the geographical data and information were stored in an Object-Relational Database Management System (DBMS) with spatial extension, making it possible to integrate this data to all the exploration of this system's potential. Finally, discussions and recommendations were presented about the issues addressed in geotechnologies.

Keywords: geotechnology, Geographic Information System, urban planning, Geodetic Reference Network, cartographic base.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT.....	xi
LISTA DE FIGURAS	xvii
LISTA DE TABELAS	xxi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xxiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Justificativa	5
1.2. Objetivos	7
1.2.1. Objetivo Geral.....	7
1.2.2. Objetivos específicos	7
1.3. Estrutura do trabalho	8
2. REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL	9
2.1. Introdução	9
2.2. Elaboração de uma Rede de Referência Cadastral Municipal	13
2.2.1. Planejamento da Rede Geodésica	17
2.2.2. Implantação da Rede Geodésica	22
2.2.3. Determinação das coordenadas da Rede Geodésica	23
2.2.4. Oficialização da Rede Geodésica.....	25
2.2.5. Manutenção da Rede Geodésica	27
2.3. Sistema de Projeção Cartográfica	28
2.3.1. Sistema Transverso de Mercator	29

2.3.2.	Sistema Topográfico Local - STL.....	30
2.4.	Considerações sobre algumas Redes de Referência Cadastral	34
2.4.1.	Rede de Referência Cadastral Municipal de Salto/SP	34
2.4.2.	Rede de Referência Cadastral da Unicamp.....	36
3.	ELABORAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA PARA SIG.....	39
3.1.	Introdução	39
3.2.	Elaboração da Base Cartográfica	44
3.2.1.	Levantamentos topográficos	46
3.2.2.	Levantamentos aerofotogramétricos	48
3.2.3.	Levantamentos com a utilização do sistema GPS / GNSS	50
3.2.4.	Levantamentos por Sensoriamento Remoto.....	52
3.3.	Manutenção e Atualização da Base Cartográfica.....	56
3.4.	Estruturação Topológica da Base Cartográfica.....	59
3.4.1.	Critérios de representação	64
4.	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS MUNICIPAL	77
4.1.	Introdução	77
4.2.	Arquitetura integrada com extensão espacial.....	79
4.2.1.	Introdução	79
4.2.2.	<i>Backup</i>	83
4.3.	Considerações sobre o Geoprocessamento aplicado em Salto/SP	84
4.3.1.	Introdução	84
5.	ESTUDO DE CASO	89
5.1.	Introdução	89

5.2.	Rede de Referência Cadastral	91
5.2.1.	Planejamento	91
5.2.2.	Implantação	93
5.2.3.	Determinação das coordenadas	97
5.2.4.	Oficialização	101
5.3.	Base Cartográfica Digital.....	104
5.3.1.	Levantamentos de campo.....	104
5.3.2.	Processamento e desenho digital.....	108
5.3.3.	Análise dos resultados.....	111
5.4.	Sistema de Informações Geográficas Municipal.....	113
5.4.1.	Análise dos resultados.....	116
6.	CONCLUSÕES, DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	119
6.1.	Conclusões e discussões.....	119
6.2.	Recomendações para estudos futuros.....	123
6.2.1.	Ampliação do estudo.....	123
6.2.2.	Multiplataforma.....	124
6.2.3.	Aplicação em outro território	124
6.2.4.	NBR 13.133 (ABNT 1994).....	124
6.2.5.	NBR 14.166 (ABNT 1998).....	125
6.2.6.	Elaboração de normas	125
	ANEXOS.....	127
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
	BIBLIOGRÁFIA CONSULTADA OU RECOMENDADA	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 : Rede de referência cadastral referenciada ao SGB.	10
Figura 2.2 : Atualização do mapeamento municipal.	12
Figura 2.3 : Referência de Nível 2868 J da rede SGB, Charqueada/SP.	15
Figura 2.4 : Fluxograma dos processos para implantação de uma rede geodésica.....	16
Figura 2.5 : Mapa temático da quantidade de marcos geodésicos a cada 16 km ²	19
Figura 2.6 : Mapa temático da quantidade de marcos geodésicos a cada 50 km ²	20
Figura 2.7 : Determinação das coordenadas dos vértices através de poligonal.	21
Figura 2.8 : Cilindro secante. Fonte: IBGE (2006a).....	29
Figura 2.9 : Distâncias projetadas nos diferentes planos. Fonte: CINTRA, et al. (2007).....	31
Figura 2.10 : Gráfico da Distância x Correção.	32
Figura 2.11 : Rede de referência cadastral municipal de Salto/SP – reavaliação 2007.	35
Figura 2.12 : Rede de referência cadastral da Unicamp – Reavaliação 2004.....	38
Figura 3.1 : Elementos obrigatórios de uma carta.	41
Figura 3.2 : Base Cartográfica SIG elaborada por diversas fontes.	42
Figura 3.3 : Comparação entre diferentes parcelas imobiliárias em Salto/SP.	45
Figura 3.4 : Comparação dos tempos de levantamento nos sistemas tradicional, semi- automatizado e SMAC. Fonte: adaptado de VEIGA (2000).....	47
Figura 3.5 : Ortofotocarta utilizada em conjunto com feições restituídas através de fotogrametria – Salto/SP.	49
Figura 3.6 : Imagem do município de Sorocaba/SP captada pelo satélite QuickBird 2, fonte: DIGITAL GLOBE.	54

Figura 3.7 : Análise das condições climáticas de Sorocaba/SP entre os dias 27/08/2007 e 11/09/2007, fonte: adaptado de CPTEC/INPE (2007).	55
Figura 3.8 : Levantamento das regiões que sofreram intervenções.	58
Figura 3.9 : Base Cartográfica digital da Unicamp representada por <i>software</i> de CAD.	61
Figura 3.10 : Base Cartográfica digital da Unicamp representada por <i>software</i> de SIG.	61
Figura 3.11 : Tipos de geometrias do Oracle Spatial 10g. Fonte: Oracle (2005).	62
Figura 3.12 : Rede viária e rede hidrográfica com seus respectivos nós.	65
Figura 3.13 : Relação de vizinhança entre parcelas imobiliárias.	67
Figura 3.14 : Objetos com representação simplificada.	68
Figura 3.15 : Representação hidrográfica com problema de descontinuidade.	70
Figura 3.16 : Objeto representado com excesso de vértices.	71
Figura 3.17 : Tipos de erros de fechamento.	72
Figura 3.18 : Possíveis erros causados por ferramentas automatizadas.	73
Figura 3.19 : Tipos de representação que resultam na mesma aparência.	74
Figura 3.20 : Erro de plano de informação da feição edificação.	76
Figura 4.1 : Evolução dos Sistemas de Informações Geográficas, fonte: CÂMARA (1995).	78
Figura 4.2 : Arquitetura integrada com extensão espacial.	80
Figura 4.3 : Arquitetura proprietária do <i>software</i> de SIG.	81
Figura 4.4 : Estrutura do sistema de computadores.	87
Figura 4.5 : Servidor de mapas via web, fonte: SALTO (2006).	88
Figura 5.1 : Localização de Charqueada/SP em relação a outras cidades do Estado de São Paulo.	90

Figura 5.2 : Posição dos elementos da rede de referência cadastral municipal.	93
Figura 5.3 : Modelo da estrutura.....	94
Figura 5.4 : Materialização da estrutura.	94
Figura 5.5 : Implantação dos vértices.	95
Figura 5.6 : Pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada.	96
Figura 5.7 : Dispositivo de centragem forçada padrão IBGE.....	96
Figura 5.8 : Resíduos do satélite nº. 7 em uma observação.	99
Figura 5.9 : Monografia da rede de referência cadastral municipal.	103
Figura 5.10 : Gráfico de desempenho do dia 18/10/2006.....	105
Figura 5.11 : Erro na verticalização do bastão/baliza, fonte: BORGES (1977).	107
Figura 5.12 : Detalhe dos pontos topográficos com altimetria.	111
Figura 5.13 : Posição dos elementos da rede de referência cadastral na região central.	112
Figura 5.14 : Estrutura de <i>hardware</i> e <i>software</i> do SIG Municipal.....	113
Figura 5.15 : Atributos do controle de rastreabilidade, fonte: Charqueada (2007).	115
Figura 5.16 : Modelo Digital de Terreno – MDT, fonte: Charqueada (2007).	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 : Cronologia das geotecnologias. Fonte: Adaptado de THURSTON; POIKER; MOORE (2003).....	2
Tabela 2.1 : Vantagens e desvantagens do Sistema Topográfico Local.	33
Tabela 3.1 : Comparação entre custos de mapeamento. Fonte: Adaptado de Costa (2001).	50
Tabela 4.1 : Estrutura dos campos da tabela GeoQuadra.	82
Tabela 4.2 : Registro armazenado da tabela GeoQuadra.	82
Tabela 4.3 : Resultados da implantação do sistema. Fonte: SALTO (2006).	85
Tabela 5.1 : Resumo das poligonais.	101
Tabela 5.2 : Comentários inseridos nos arquivos do coletor de dados da Estação Total. ..	109
Tabela 5.3 : Relatório de coordenadas dos pontos irradiados.....	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIC	Boletim de Informações Cadastrais
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Social
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CONCAR	Comissão Nacional de Cartografia
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CRN	<i>Center for Responsible Nanotechnology</i>
DBMS	<i>DataBase Management System</i>
DER-SP	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo
DOP	<i>Dilution Of Precision</i>
DXF	<i>Drawing eXchange Format</i>
FICCDC	<i>Federal Interagency Coordinating Committee on Digital Cartography</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>

GPS	<i>Global Positioning System</i>
GLONASS	<i>Global Navigation Satellite System</i> (sistema Russo)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM	<i>International Business Machines</i>
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPTU	Imposto Predial Territorial Urbano
IRNSS	<i>Indian Regional Navigation Satellite System</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
L1 e L2	Frequência da portadora
LTM	<i>Local Transversa de Mercator</i>
MDT	Modelo Digital de Terreno
MED	Medidor Eletrônico de Distância
MVC	Matriz Variância Covariância
NAVSTAR	<i>Navigation System using Time And Ranging</i>
NBR	Norma Brasileira

NOAA	<i>National Oceanic & Atmospheric Administration</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PDOP	<i>Position Dilution Of Precision</i>
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfica
PGV	Planta Genérica de Valores
PMAT	Programa de Modernização Administrativa e Tributária
PNAFM	Programa Nacional de Apoio à Administração Fiscal para os Municípios
PTL	Plano Topográfico Local
RINEX	<i>Receiver Independent Exchange Format</i>
RN	Referência de Nível
RPR	Resolução do Presidente
RTM	<i>Regional Transversa de Mercator</i>
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAD69	<i>South American Datum of 1969</i>
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados

SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SMAC	Sistema de Mapeamento Automatizado de Campo
SR	Sensoriamento Remoto
STL	Sistema Topográfico Local
TI	Tecnologia da Informação
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>
WEF	<i>Water Environment Federation</i>
WGS84	<i>World Geodetic System of 1984</i>

1. INTRODUÇÃO

Dados e informações sobre geografia, recursos naturais e hídricos, estruturas de transporte, população, serviços públicos, e outros mais, são de suma importância para os gestores públicos e privados, pois é através deles que se pode planejar e gerenciar o desenvolvimento sócio-econômico de um município, estado ou país, procurando assim obter a otimização e racionalização dos recursos tão escassos nos dias atuais.

O desenvolvimento de técnicas e métodos que resultem em um sistema de informações ágil, com precisão e qualidade compatível as necessidades é um instrumento fundamental para os gestores públicos e privados, pois, este sistema poderá direcionar, e, ou, auxiliar nas tomadas de decisões.

Este trabalho procura demonstrar que a coleta, tratamento, armazenagem, recuperação e análise destes dados para geração de informações podem ser feitas de forma permanente, ampla, ágil, simples, com precisão e com um custo mais acessível para o gestor com o uso de geotecnologias.

Segundo SETZER (2006), pode-se definir dado como uma “seqüência de símbolos quantificados ou quantificáveis” e informação como uma “abstração informal, que está na mente de alguém, representando algo significativo para essa pessoa”.

Pode-se definir “geotecnologias” como todo conjunto de metodologias, equipamentos, e, ou, técnicas, que contribuem para o mapeamento, posicionamento, representação e análise da superfície terrestre e suas feições.

As novas geotecnologias também são conhecidas como Geoprocessamento e tem como definição “o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica”, FATOR GIS (2006).

Atualmente a Cartografia Digital, o Sensoriamento Remoto, os Sistemas de Informações Geográficas, os Sistemas de Navegação e Posicionamento Global por Satélites Artificiais (*GLOBAL POSITIONING SYSTEM – GPS / GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM – GLONASS / GALILEO*), os Medidores Eletrônicos de Distância (Estação Total) e a Fotogrametria Digital representam o atual estágio das geotecnologias. Devido a constante evolução da eletrônica e da informática, pode-se dizer que as tecnologias que integram as geotecnologias evoluem ou tornam-se obsoletas em determinado período de tempo.

A Tabela 1.1 demonstra a evolução das geotecnologias, desde a década de 70 até a década atual, e observando a cronologia pode-se perceber que são necessários alguns anos para que uma nova geotecnologia seja utilizada em larga escala. Geralmente, toda nova tecnologia tem associada a si um custo elevado no início de seu desenvolvimento.

Tabela 1.1 : Cronologia das geotecnologias. Fonte: Adaptado de THURSTON; POIKER; MOORE (2003).

Cronologia das Geotecnologias

1970	1980	1990	1992	1994	1998	2003
GIS no mercado	GIS é caro	GIS mais barato	GIS funcional		Modelos GIS	
	Início do GPS		Difusão do GPS		Aplicações GPS/GIS	
Satélites de SR	SR é caro		Aplicações desktop em SR		SR link GIS	
			Imageadores a Laser - visualização e coletores			
Aerofotogrametria			Aerofotogrametria digital em conjunto com GPS/GIS			
Topografia convencional		Estações Totais / MED			Junção CAD e GIS	
Educação cartográfica e geográfica			Crescimento de pequenos cursos e cursos a distância			

Pode-se notar na Tabela 1.1 que atualmente as geotecnologias buscam a integração visando à gestão de dados e informações, sendo destacado o Sistema de Informações Geográficas (SIG/GIS); essa integração é impulsionada pela coleta, tratamento, armazenagem, recuperação e análise de forma ágil e custo relativamente baixo de dados gráficos¹ e não gráficos².

¹ Dados gráficos: “Feições geográficas referenciadas as coordenadas do mundo real que se compõem de pontos, linhas e polígonos, que formam as posições e as formas do mapa, caracterizando parcelas, ruas, sistemas de serviços públicos, etc.” WEF (2004)

A escolha e o pleno conhecimento das vantagens, desvantagens e limitações de cada geotecnologia que irá integrar um sistema SIG podem ser fundamentais, pois uma escolha equivocada pode comprometer o sistema num todo. Como exemplo pode-se citar o uso de Sensoriamento Remoto para elaboração de um cadastro físico territorial urbano, onde são necessárias informações com precisão³ e exatidão⁴ na ordem de centímetros que até o presente momento não podem ser obtidas pelo Sensoriamento Remoto, já que suas informações possuem exatidão posicional na ordem de metros, apesar de em alguns sensores, obter-se alto poder de resolução espacial⁵.

“Mesmo com todas as correções geométricas e radiométricas possíveis e necessárias, as imagens dos sensores Ikonos II e Quickbird não podem ser utilizadas para gerar bases cartográficas completas para o cadastro técnico municipal”. TAVARES, et al. (2006)

Portando a escolha de determinada geotecnologia, ou conjunto delas, pode ser fundamental para o sucesso ou fracasso do sistema, de forma parcial ou completa. Por isso é aconselhável que o sistema seja elaborado por uma equipe de estudo multidisciplinar que conheça profundamente as necessidades e as geotecnologias.

O cadastro multifinalitário⁶ é à base dos SIGs, sendo o responsável por todos os dados municipais, atribuindo aos SIGs às tarefas de armazenamento, recuperação, processamento e análise dos dados; portanto pode-se concluir que a utilização de um sistema SIG só é possível com a existência de um cadastro multifinalitário.

² Dados não gráficos ou tabulares: “Atributos não gráficos armazenados em uma base de dados relacional que descrevem cada feição geográfica.” WEF (2004)

³ Precisão: “Expressa o grau de aderência das observações umas às outras”. IBGE (1983) / PACILÉO NETTO (1993)

⁴ Exatidão: “Expressa o grau de aderência do melhor valor para as observações em relação ao valor verdadeiro”. IBGE (1983) / PACILÉO NETTO (1993)

⁵ Resolução espacial: “Pode ser definida como a habilidade que um sensor possui de distinguir objetos que são próximos espacialmente”. IWAI (2003)

⁶ Cadastro multifinalitário: “Compreende desde as medições, que representam toda a parte cartográfica, até a avaliação socioeconômica da população; a legislação, que envolve verificar se as leis vigentes são coerentes com a realidade regional e local; e a parte econômica, em que se deve considerar a forma mais racional de ocupação do espaço, desde a ocupação do solo de áreas rurais até o zoneamento urbano.” LOCH (2005)

A confiabilidade, precisão e atualização dos dados utilizados em sistemas SIGs estão especificamente ligadas às condições do cadastro multifinalitário, portanto um sistema SIG somente poderá ser confiável, com precisão e atualizado se o cadastro multifinalitário possuir estes atributos.

1.1. Justificativa

Para a gestão com eficiência e eficácia de um território deve-se conhecê-lo amplamente, bem como seus recursos; a coleta, tratamento, armazenamento, recuperação e análise dos dados e informações deste e de seus recursos de forma racional e periódica, garantem a qualidade da gestão, pois mantêm se sempre atualizados.

Pode-se dizer que as geotecnologias se tornam essenciais aos gestores públicos e privados, que necessitam de informações rápidas, atualizadas e com precisão em curto espaço de tempo. Em contra partida podem se tornar instrumentos onerosos, e, ou, imprecisos, principalmente quando mal planejadas na sua implantação ou utilizadas de forma equivocada.

Como exemplo pode-se citar o uso de um Sistema de Informações Geográficas desenvolvimento especialmente para o planejamento ambiental, que pode utilizar Base Cartográfica elaborada em pequena escala (menor que 1:10000), sendo usado para gerenciamento do cadastro físico territorial urbano, cujas necessidades são satisfeitas com Base Cartográfica em escala grande (maior que 1:1000).

Em decorrência disto é aconselhável analisar as necessidades e elaborar um plano de implantação de sistema de geoprocessamento, para obter o melhor custo/benefício, mas sempre se atentando às vantagens, desvantagens, riscos e limitações de determinada tecnologia, metodologia e procedimento.

Os Sistemas de Informações Geográficas, atualmente, despontam como componentes de Tecnologia da Informação - TI⁷ capazes de suprirem à gestão de dados e informações espaciais, isto é, dados e informações que possuam um componente posicional e dimensional que possibilite a visualização destes em forma de mapas.

⁷ TI: “Tecnologia da Informação (TI) é o conjunto de recursos não humanos dedicados ao armazenamento, processamento e comunicação da informação, e a maneira como esses recursos estão organizados num sistema capaz de executar um conjunto de tarefas”. BAKER citado por ORTOLANI (1995)

“Atualmente, a necessidade de possuir e controlar as informações é fundamental para a área da administração pública, desta forma possuindo o melhor conjunto de informações e a aplicação da tecnologia agora disponível (geotecnologias, informática, software, hardwares, GPS, CAD`s entre outros), de forma a permitir o acesso a essas informações, estará dando um salto de qualidade no atendimento dos anseios da população”. COSTA (2001)

Segundo GEWIN (2004) o *US DEPARTMENT OF LABOR* identificou que as geotecnologias são um dos três mais importantes mercados emergentes da atualidade, junto com a Nanotecnologia⁸ e a Biotecnologia⁹; MARK LINEHAN, diretor do *London-based Association for Geographic Information*, cita que o mercado das geotecnologias está crescendo através do setor público. GEWIN (2004).

Em face à necessidade de possuir e controlar informações e do crescimento do mercado das geotecnologias, é justificável elaborar um trabalho que auxilie os administradores públicos na decisão de qual caminho seguir.

⁸ Nanotecnologia: “É a engenharia de sistemas funcionais na escala molecular.”. CRN (2007)

⁹ Biotecnologia: “Qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica”. ONU (1992)

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Este trabalho discorrerá sobre o uso das geotecnologias, tendo como meta a gestão na implantação de um Sistema de Informações Geográficas Municipal, que poderá permitir ao administrador municipal adaptar ou ampliar esse sistema conforme suas necessidades, e ou, recursos.

1.2.2. Objetivos específicos

O trabalho tem como objetivos específicos:

- A análise e apresentação dos elementos integrantes dos Sistemas de Geoprocessamento, como as redes de referência cadastral, as bases cartográficas digitais, os sistemas de informações geográficas, as metodologias e leis para regulamentação, manutenção e proteção dos sistemas de informações geográficas municipais e também como ocorre o inter-relacionamento entre estes componentes no ambiente da gestão pública;
- As etapas no desenvolvimento e implantação de um Sistema de Informações Geográficas Municipal, com utilização das geotecnologias apoiadas em normas técnicas;
- Buscar metodologias, técnicas e procedimentos compatíveis com as necessidades, recursos e prazos estabelecidos pela administração pública municipal;
- Destacar a importância da necessidade de precisão e exatidão nas informações geográficas em apoio à gestão municipal.

1.3. Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em seis capítulos, sendo que no primeiro capítulo foi apresentada a introdução, as justificativas e objetivos deste trabalho. A organização da estrutura busca contemplar todos os elementos básicos que, na visão do autor, integram as partes fundamentais de um sistema de informações geográficas municipal.

O capítulo 2, Rede de Referência Cadastral, tem como objetivo apresentar a importância de uma rede de referência cadastral para os trabalhos de mapeamento, descrevendo as etapas e procedimentos para elaboração de uma rede nos moldes da NBR 14.166 (ABNT 1998).

O capítulo 3, Base Cartográfica Digital, apresenta conceitos para elaboração de uma Base Cartográfica confiável e topologicamente estruturada para fornecer dados espaciais confiáveis aos SIGs, bem como métodos de atualização e manutenção desta base.

O capítulo 4, Sistema de Informação Geográfica, apresenta os elementos de um SIG municipal multiusuário e multifinalitário desenvolvido para as atividades de gestão pública, sendo este elaborado de forma a fornecer dados e informações via INTRANET e INTERNET, tanto para a administração pública, como para a iniciativa privada.

O capítulo 5, Estudo de Caso, tem como objetivo apresentar um estudo de caso realizado durante o desenvolvimento deste trabalho, sendo este estudo realizado no município de Charqueada/SP.

O capítulo 6, Conclusões e Recomendações, apresenta as conclusões e recomendações para futuros trabalhos oriundos do desenvolvimento deste trabalho.

2. REDE DE REFERÊNCIA CADASTRAL

2.1. Introdução

“É a rede de apoio básico de âmbito municipal para todos os serviços que se destinem a projetos, cadastros ou implantação e gerenciamento de obras, sendo constituída por pontos de coordenadas planialtimétricas, materializados no terreno,.....”. NBR 14.166 (ABNT 1998)

As redes de referência cadastrais são de suma importância em todos os trabalhos de mapeamento e cadastro técnico municipal, pois, são responsáveis por manter a ligação entre as feições cartográficas e os entes do mundo real. A ligação entre os entes e as feições, são obtidas através de pontos, materializados na superfície terrestre e devidamente referenciados no mapeamento, em um sistema de projeção.

É importante salientar que toda rede de referência cadastral deve possuir vértices ajustados e com injeção ao Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, como normaliza a NBR 14.166 (ABNT 1998); a Figura 2.1 representa a injeção de dois vértices da rede de referência cadastral municipal ao SGB.

“Os marcos geodésicos de apoio imediato, devem necessariamente apoiar-se em marcos geodésicos do IBGE, próximos à área. Não havendo estes vértices, devem-se transportar coordenadas do vértice mais próximo a área, com exatidão constante no quadro I (Sistema Geodésico Brasileiro, Classificação dos Levantamentos Geodésicos), do documento (Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos – IBGE), servindo como marco geodésico de precisão ao sistema a ser implantado.” NBR 14.166 (ABNT 1998)

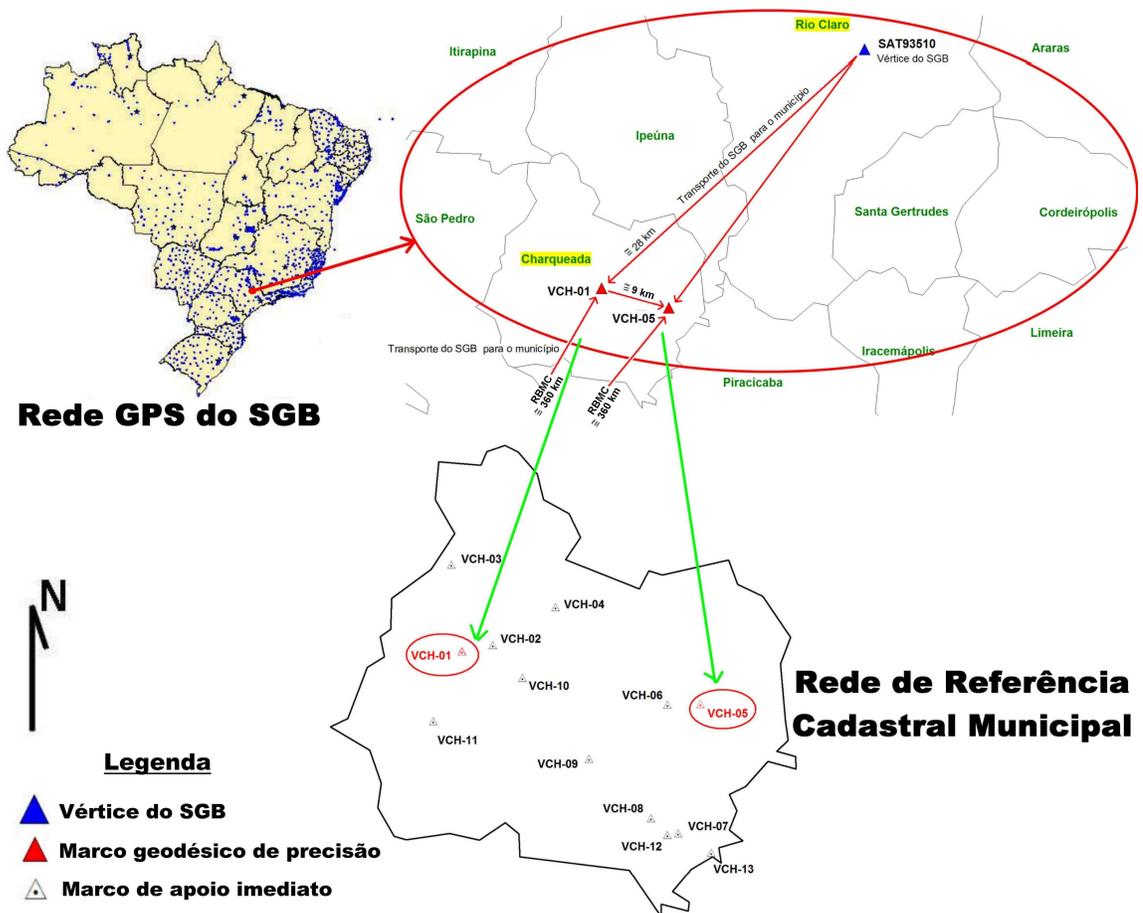


Figura 2.1 : Rede de referência cadastral referenciada ao SGB.

“O Sistema Geodésico Brasileiro – SGB é o conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país. Em outras palavras é o sistema ao qual são referidas todas as informações espaciais no Brasil”. IBGE (2006a)

O SGB é composto pelas redes planimétrica, altimétrica e gravimétrica, sendo seu estabelecimento atribuído ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, decreto lei nº. 243 de 28 de fevereiro de 1967 (BRASIL 1967), que substituiu o decreto lei nº. 9.210 de 29 de abril de 1946 (BRASIL 1946).

Segundo o IBGE (2006a), atualmente a densificação da rede planimétrica do SGB é elaborada exclusivamente por posicionamento pelo sistema de satélites, NAVSTAR/GPS (*NAVIGATION SYSTEM USING TIME AND RANGING/GLOBAL POSITIONING SYSTEM*)¹⁰, utilizando o método diferencial estático, que também é largamente utilizado para a implantação de marcos geodésicos de precisão, mencionado na NBR 14.166 (ABNT 1998).

A inexistência de redes de referência cadastral no âmbito municipal pode tornar as atividades de cadastro e mapeamento municipal desorganizadas e em alguns casos imprecisas, pois não existem elos de ligação confiáveis para transferir as novas informações para o mapeamento existente e vice-versa.

Como exemplo da importância das redes de referência cadastral pode-se citar a implantação de um novo empreendimento urbano com arruamento e loteamento indicado na Figura 2.2, que foi projetado utilizando como referência os vértices M-05 e M-17; desta forma o sistema de coordenadas do projeto é idêntico ao sistema de coordenadas do mapeamento, dispensando as transformações de sistemas de coordenadas. Caso haja alguma alteração na execução do projeto o “*as built*” referenciado a rede se encarregará de facilitar a atualização do mapeamento municipal.

¹⁰ Para simplificação iremos utilizar o termo GPS para definir NAVSTAR/GPS.

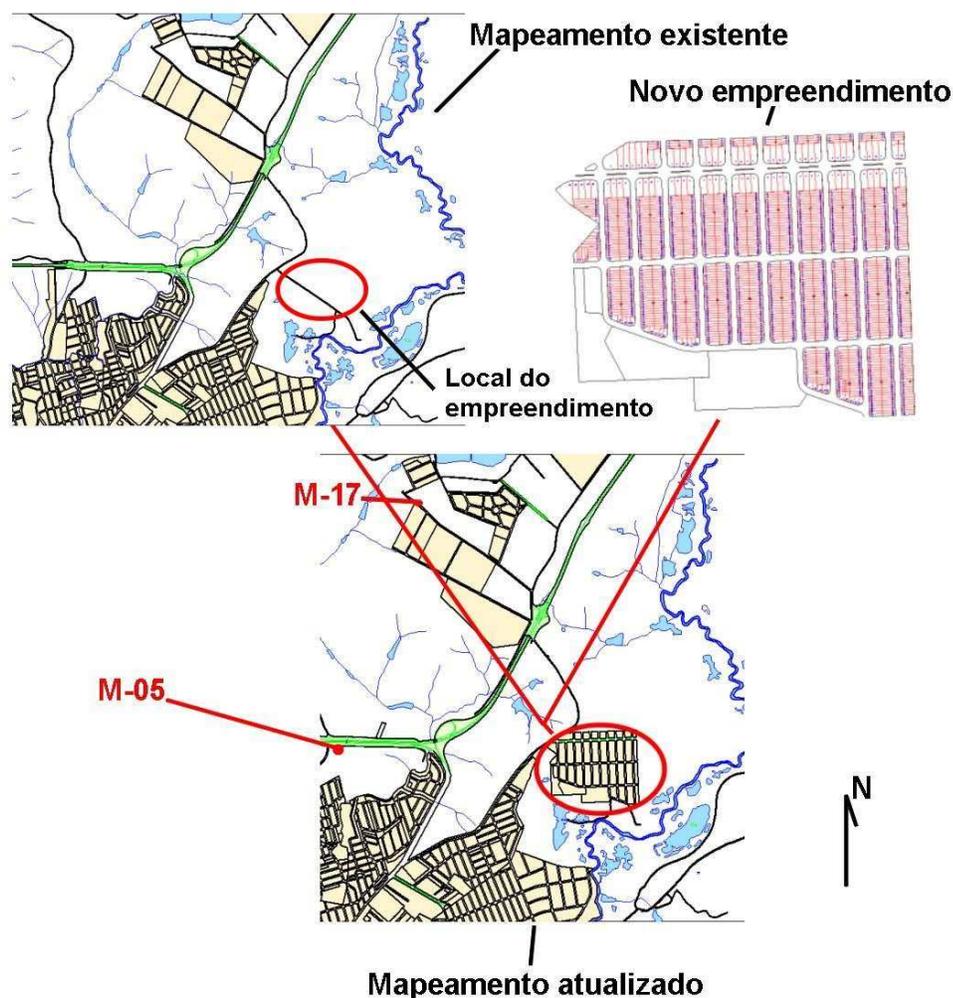


Figura 2.2 : Atualização do mapeamento municipal.

CARNEIRO e LOCH (2000) demonstram que a inexistência de uma rede de referência cadastral é um dos principais problemas de cadastro no Brasil, até a criação de leis para garantir a integridade do sistema.

RODRIGUES (2002) descreveu o caso do estado de Minas Gerais que até então não possuía uma rede estadual geodésica GPS oficial, originando a implantação de diversas redes para diversos fins o que tornava o mapeamento do estado caótico, impreciso e oneroso.

As redes estaduais GPS surgiram com o intuito de auxiliar o IBGE na densificação da rede planimétrica GPS, por isso podemos notar a redundância de vértices, isto é, o vértice de determinada rede estadual GPS faz parte da rede planimétrica GPS do IBGE.

Devido a essa redundância em conjunto com a não padronização e não atualização dos dados é possível encontrar dados espaciais (coordenadas) e cadastrais (descrição dos vértices, itinerários) diferentes entre os dados fornecidos pelas entidades responsáveis pelas redes estaduais GPS e o IBGE.

Como proposta para acabar com divergências, este autor propõe a retirada de circulação das monografias elaboradas pelas instituições responsáveis pelas redes estaduais GPS, sejam elas distribuídas em papel ou eletronicamente, haja vista que o IBGE possui um link para distribuição eletrônica das monografias por ele elaboradas ou constar nestas que a referência oficial brasileira é a disponibilizada pelo IBGE, induzindo o usuário a consultar as monografias disponibilizadas pelo referido órgão.

Recentemente, o IBGE divulgou duas instruções que podem auxiliar, padronizar e flexibilizar a densificação da rede planimétrica GPS, são elas: Instruções para homologação de estações estabelecidas por outras instituições (IBGE 2006b) e Padronização de Marcos Geodésicos (IBGE 2006c). Para evitar que ocorram divergências, serão necessários cuidados para que monografias elaboradas por instituições não sejam divulgadas antes das elaboradas pelo IBGE, pois como regem as instruções reguladoras o IBGE é o órgão responsável pelo cálculo, ajuste e publicação de novas estações a rede.

2.2. Elaboração de uma Rede de Referência Cadastral Municipal

A elaboração de uma rede de referência cadastral municipal deve ser embasada em procedimentos técnicos e legais para sua oficialização, sejam esses, normas técnicas brasileiras, resoluções, decretos. Na visão deste autor a elaboração de uma rede de referência cadastral municipal deve estar embasada no mínimo nos seguintes documentos:

- NBR 14.166 – Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento (ABNT 1998);
- NBR 13.133 – Execução de Levantamento Topográfico – Procedimento (ABNT 1994);

- Resolução PR nº22 de 21 de julho de 1983, (IBGE 1983);
- Resolução PR nº5 de 31 de março de 1993, (IBGE 1993);
- Resolução PR nº1 de 25 de fevereiro de 2005, (IBGE 2005).

A NBR 14.166 (ABNT 1998), classifica de forma hierárquica decrescente os elementos da rede de referência cadastral, sendo estes agrupados em dois grupos: pontos planimétricos e pontos altimétricos.

O grupo dos pontos planimétricos é composto por: marcos geodésicos de precisão, marcos geodésicos de apoio imediato, ponto topográfico principal, ponto topográfico secundário, ponto de referência para estrutura fundiária, ponto de esquina e pontos de referência, enquanto que o grupo dos pontos altimétricos é composto por: referência de nível de precisão, referência de nível de apoio imediato, referência de nível topográfico, ponto topográfico e ponto de segurança.

Sugere-se que um Sistema de Informações Geográficas seja referenciado a uma rede de referência que contemple no mínimo os seguintes elementos: marcos geodésicos de precisão, marcos geodésicos de apoio imediato, referência de nível de apoio imediato.

O fato da referência de nível de precisão não estar contemplada entre os elementos mínimos se deve a situação das estações altimétricas do SGB, apurada ao longo da vida profissional deste autor; a grande maioria das Referências de Nível - RNs procuradas encontravam-se destruídas, devido a falta de manutenção adequada aliada a falta de conhecimento das pessoas em relação à importância de tais RNs.

Analisando o documento Banco de dados geodésicos - Estações Altimétricas (IBGE 2003), fuso 23, podemos encontrar 6.356 RNs das quais até 2003, 511 encontravam-se destruídas, 1.132 não foram encontradas (provavelmente destruídas), 1.592 estavam em bom estado e o restante 3.111 não haviam sido visitadas após sua implantação.

Como exemplo pode-se citar o caso do município de Charqueada/SP onde das 7 RNs constantes no documento anterior, apenas três foram localizadas, sendo que em uma foi necessária uma escavação de aproximadamente dez centímetros para encontrá-la, outra se encontra com a numeração danificada, como pode ser visto na Figura 2.3, e a última aparentemente sofreu um deslocamento na sua estrutura, até então não havia nenhum registro de visita a estas RNs.



Figura 2.3 : Referência de Nível 2868 J da rede SGB, Charqueada/SP.

Com o advento das novas instruções publicadas pelo IBGE, citadas anteriormente, seria ideal que os marcos geodésicos de precisão mencionados na NBR 14.166 (ABNT 1998), fossem substituídos por vértices integrantes do SGB, contribuindo assim com a densificação da rede planimétrica GPS do IBGE.

Segundo RODRIGUES (2002), pode-se dividir a implantação de uma rede geodésica nas seguintes fases: “Planejamento, Implantação das estações, Campanha de observação, Processamento dos dados, Ajustamento da rede, Análise dos resultados e Oficialização”.

Este estudo propõe a unificação das fases “Campanha de observação, Processamento dos dados, Ajustamento da rede e Análise dos resultados”, RODRIGUES (2002), em apenas uma fase denominada “determinação das coordenadas dos vértices” e a inclusão da fase denominada “manutenção da rede”. O fluxograma, Figura 2.4, ilustra os processos oriundos das fases para implantação de uma rede geodésica segundo este autor.

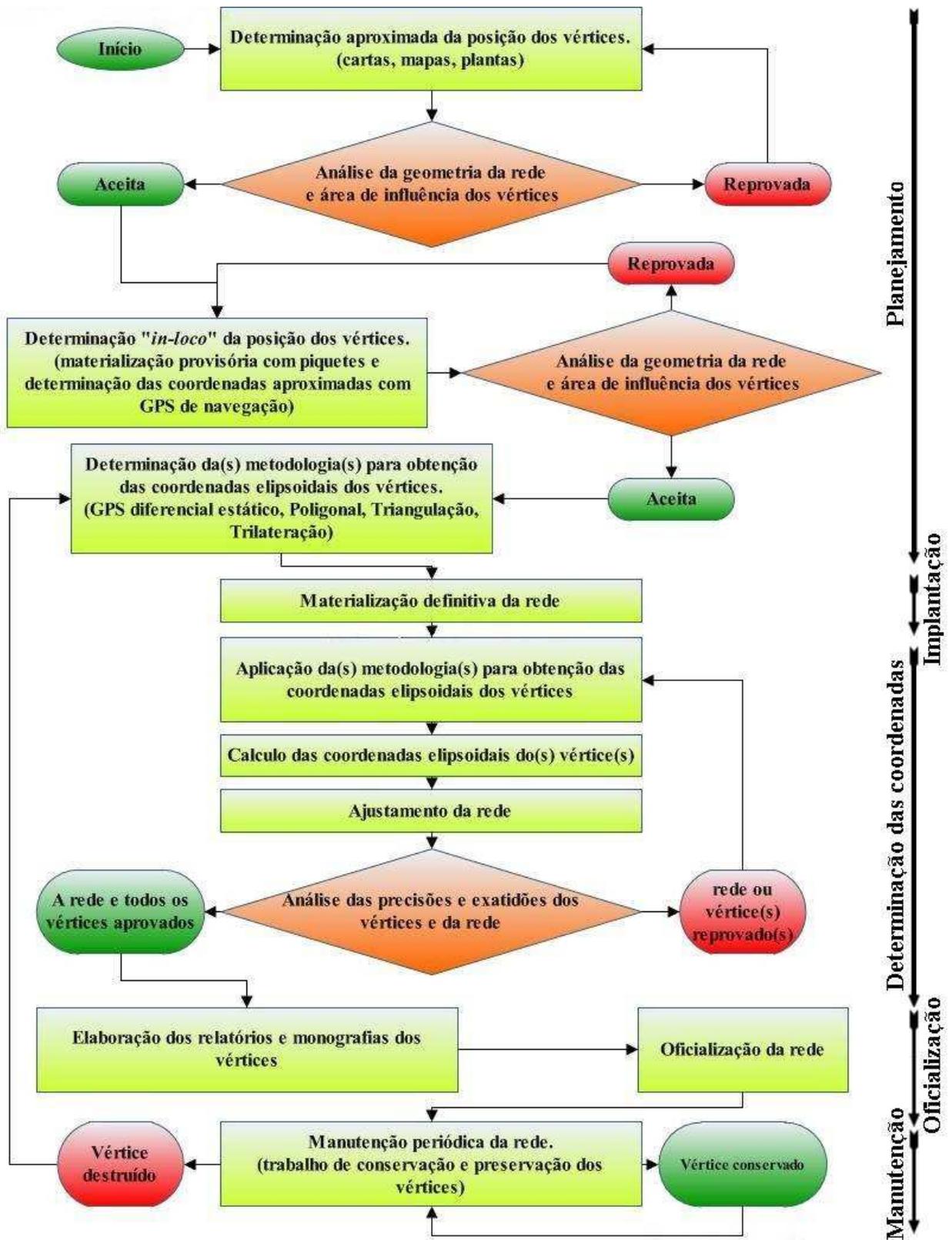


Figura 2.4 : Fluxograma dos processos para implantação de uma rede geodésica.

2.2.1. Planejamento da Rede Geodésica

Pode-se dizer que o planejamento da rede é uma das etapas mais importantes, pois, é através dele que se busca determinar a localização aproximada dos vértices bem como determinar o processo de obtenção das coordenadas.

A acessibilidade dos vértices pode ser definida como de fundamental importância, pois muitos usuários optam em utilizar somente vértices de acesso fácil. A acessibilidade difícil geralmente restringe a utilização do vértice, pois os riscos, o número de pessoas e equipamentos envolvidos, a mobilização e desmobilização tornam o vértice não interessante do ponto de vista operacional.

Como exemplo de acessibilidade difícil pode-se citar a implantação de vértices no topo de caixas d'água e edifícios, onde se faz necessário a utilização de no mínimo duas pessoas para o transporte e instalação dos instrumentos, além da utilização obrigatória de cintos anti-queda, cordas de segurança para evitar a queda de instrumentos e outros equipamentos e procedimentos para evitar acidentes graves.

Na visão deste autor os vértices devem ser posicionados de forma a garantir um acesso fácil, sempre que possível próximos a vias públicas e ao nível do solo, e também distribuídos de forma a atender todas as áreas do município.

No caso de uma rede de referência cadastral municipal é aconselhável que os vértices sejam posicionados de forma que possam ser utilizados tanto pelos métodos de topografia clássica quanto pelos métodos de rastreamento de satélite, isto é, vértices intervisíveis ou com mira de azimute, visada total do horizonte local acima de 15° de elevação e distante de fontes eletromagnéticas e superfícies planas como lagos e represas.

“As observações GPS requerem a intervisibilidade entre a estação e os satélites. Uma vez que os sinais transmitidos podem ser absorvidos, refletidos ou refratados por objetos próximos à antena ou entre a antena e o satélite, recomenda-se que o horizonte em torno da antena seja desobstruído acima de 15°”. IBGE (1993)

A NBR 14.166 (ABNT 1998), normaliza que os marcos de apoio imediato devam possuir uma área de influência de aproximadamente 3 km² em áreas urbanas e de 16 a 50 km² em áreas rurais, dependendo da densidade demográfica. A Figura 2.5 e Figura 2.6, representam a quantidade necessária de marcos de apoio imediato na área rural por município, sendo adotado como área rural toda a área do município.

Analisando as duas figuras pode-se constatar que esse intervalo de um marco de apoio imediato entre 16 km² e 50 km², pode-se tornar um entrave para alguns municípios brasileiros devido a grande extensão territorial aliada a pequena capacidade financeira e ao pequeno índice de desenvolvimento do município.

Pode-se dizer que essa área de influência para marcos de apoio imediato em zonas rurais, NBR 14.166 (ABNT 1998), atende muito bem o litoral do nordeste, o sudeste e o sul do país, enquanto que para o restante do país torna-se praticamente inviável do ponto de vista econômico, mesmo sendo excluído das zonas rurais as áreas de florestas, reservas ambientais, reservas indígenas.

Este problema da viabilidade econômica na implantação de marcos de apoio imediato já foi apontado por COSTA (2001) e constatado fisicamente por RODRIGUES (2002) na elaboração da rede geodésica de precisão do estado de Minas Gerais.

Uma proposta para “solucionar” esse inconveniente econômico é que seja feita uma adaptação no texto das condições gerais, item 5.2, da NBR 14.166 (ABNT 1998), substituindo áreas rurais por áreas de expansão urbana e reduzindo o intervalo para um marco entre 9 km² e 36 km².

Nas áreas rurais sugere-se adotar marcos de apoio imediato somente em locais cuja utilização do referido marco seja necessária ou em posições consideradas estratégicas para o município, sendo que deverá ser respeitada no mínimo a condição de dois marcos intervisíveis por plano topográfico. Esta flexibilidade sugerida para as áreas rurais se deve em face a Lei n.º 10.267 de 28 de agosto de 2001 (BRASIL 2001), que rege que os imóveis rurais deverão ser georreferenciados e demarcados com marcos de identificação.

Como exemplo da dificuldade de viabilização econômica pode-se citar a implantação de uma rede de referência cadastral municipal na cidade de Corumbá no Mato Grosso do Sul, que para atender as áreas de influência dos marcos de apoio imediato previstas na norma NBR 14.166 (ABNT 1998) seria necessário implantar de 1.300 a 4.060 vértices, isto considerando todo município como área rural.

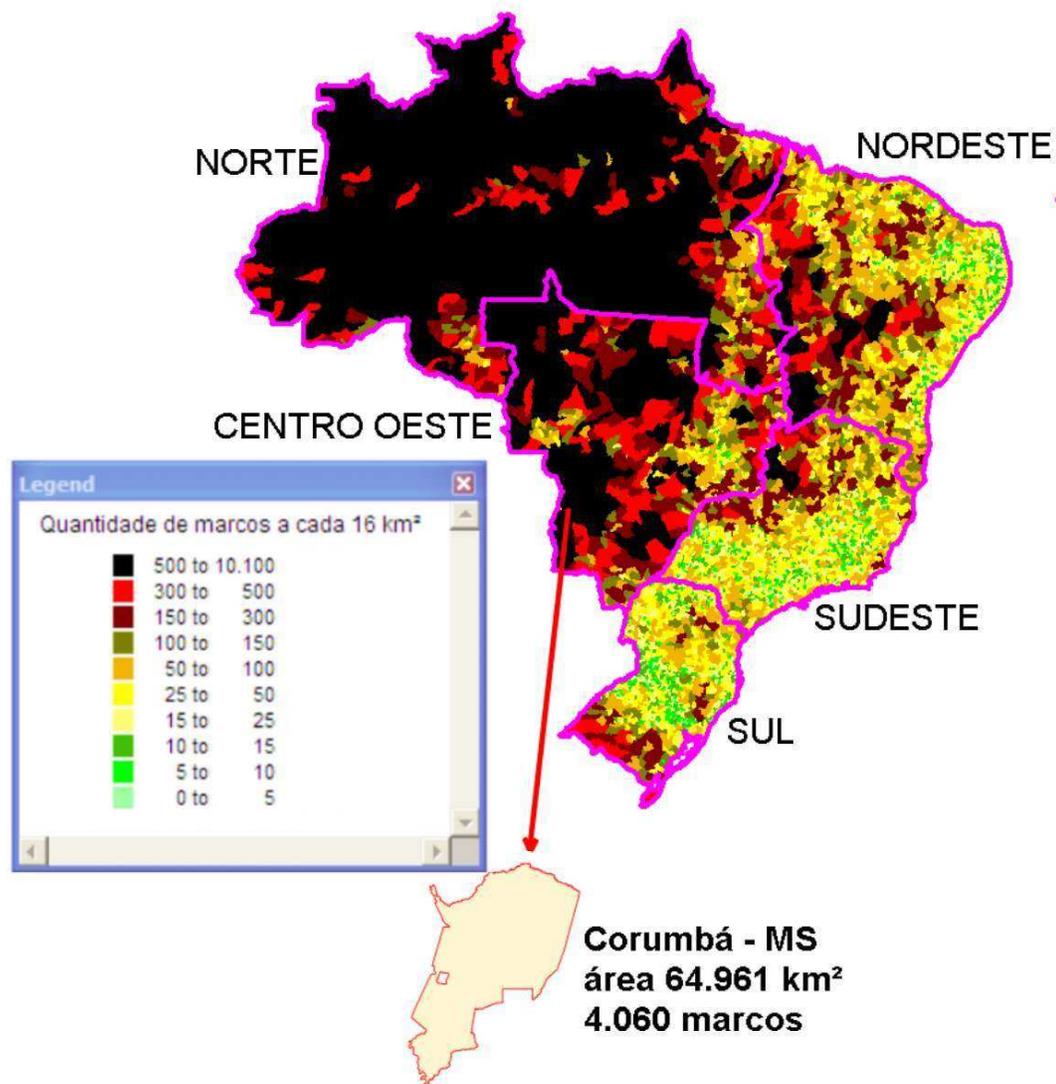


Figura 2.5 : Mapa temático da quantidade de marcos geodésicos a cada 16 km².

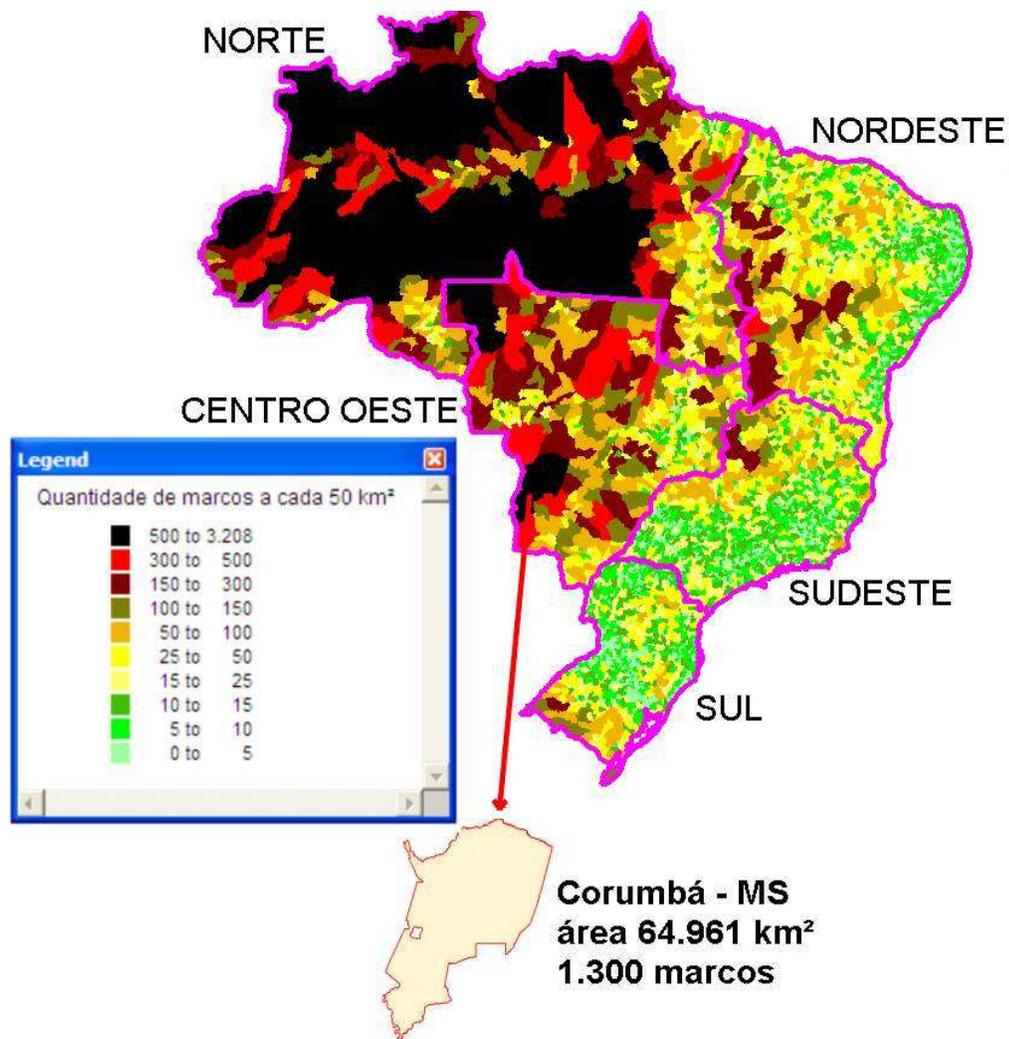


Figura 2.6 : Mapa temático da quantidade de marcos geodésicos a cada 50 km².

Além da localização aproximada dos vértices e da geometria da rede também se deve planejar qual é a melhor metodologia para obtenção das coordenadas, devendo este estudo ser realizado para cada vértice da rede; as metodologias tem características distintas que podem viabilizar ou não a determinação das coordenadas para determinado vértice. Como exemplo, podemos citar o uso de receptores GNSS para determinar as coordenadas de um vértice situado ao nível do solo em uma rua estreita que possua edifícios em ambos os lados, tal determinação provavelmente terá sua precisão prejudicada e degradada pela geometria dos satélites (*POSITION DILUTION OF PRECISION* - PDOP¹¹) e pelo multicaminhamento dos sinais.

¹¹ PDOP: DOP para a posição tridimensional; DOP (*Dilution Of Precision*): “É a contribuição puramente geométrica à incerteza na fixação de uma posição.” STRANG e BORRE (1997).

Mas devido à flexibilidade, precisão e custo, hoje em dia, os receptores GNSS são largamente utilizados na determinação das coordenadas dos vértices, influenciando assim na localização do vértice. No caso da impossibilidade da utilização de receptores GNSS em determinado vértice, é comum se determinar as coordenadas por meio de poligonais da classe I PRC, NBR 13.133 (ABNT 1994), apoiadas em vértices auxiliares que tiveram suas coordenadas determinadas através de receptores GNSS; neste caso, devemos procurar um desenvolvimento mais próximo do retilíneo possível¹².

“Na determinação de redes básicas urbanas e em projetos viários, onde é recomendável o emprego de poligonais do tipo 3, que têm seu desenvolvimento o mais próximo possível da reta que une os seus pontos de partida e de chegada, permitindo a avaliação dos erros de fechamento transversal (função do erro angular) e de fechamento longitudinal (função do erro linear),.....” NBR 13.133 (ABNT 1994)

A Figura 2.7 representa a determinação das coordenadas dos vértices V-16, V-17 e V-18 através da poligonal classe I PRC, sendo esta poligonal apoiada nos vértices V-02 e V-12, ambos com coordenadas e azimutes determinados através de receptores GNSS.

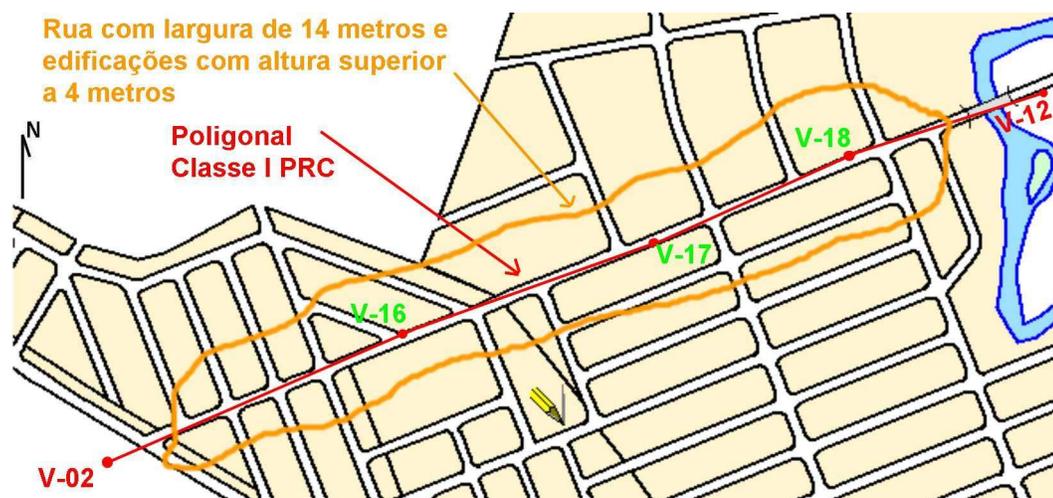


Figura 2.7 : Determinação das coordenadas dos vértices através de poligonal.

Portanto, conclui-se que não existe uma única metodologia ideal para se determinar as coordenadas de um vértice, e sim a melhor para determinada situação ou local.

¹² Definido nos itens 5.10.2 e 6.5.3 da NBR 13133 (ABNT 1994)

2.2.2. Implantação da Rede Geodésica

Na implantação das estações (materialização), deve-se atentar em construir marcos facilmente visíveis e estruturalmente rígidos de forma a minimizar recalques ou movimentações causadas por acomodações de solo, impactos acidentais e impactos propositais, por exemplo: ações de vandalismo.

Além do próprio marco é aconselhável também que se atente ao seu entorno, pois muitas ações que levam a sua destruição têm início em seu entorno.

O tratamento do entorno do marco, por exemplo, com um piso de concreto ou um lastro de brita, em conjunto com uma pintura pode torná-lo um alvo artificial para futuros trabalhos de sensoriamento remoto e aerolevanteamento, auxiliando assim na orientação absoluta¹³.

A instrução Padronização de marcos geodésicos, IBGE (2006c), é uma referência importante, pois descreve as dimensões e etapas construtivas de alguns modelos de marcos.

A materialização de marcos com alturas reduzidas além de dificultar a localização torna-os facilmente suscetíveis à destruição, pois são cravados a uma pequena profundidade. Do ponto de vista deste autor os marcos deveriam ser cravados pelo menos a um metro de profundidade, como pode ser visto na instrução do IBGE (2006c), para dificultar sua remoção ou movimentação.

A movimentação do marco, isto é, deslocamento de uma posição para outra, provavelmente é tão maléfica quanto sua destruição, pois induz o usuário ao erro. Por este motivo é aconselhável que a estrutura do marco seja rígida, impossibilitando seu deslocamento sem sua destruição total ou parcial.

¹³ Orientação absoluta: “É o conjunto de operações para colocar o modelo estereoscópico em posição, escala e altitude corretamente em relação ao referencial cartográfico”. ANDRADE (1998)

Como sugestão, numa possível revisão da NBR 14.166 (ABNT 1998), poderia ser incluído a normatização e padronização das formas de materialização dos vértices, como já acontece com as placas de identificação.

2.2.3. Determinação das coordenadas da Rede Geodésica

“Os marcos geodésicos de apoio imediato são determinados a partir dos marcos geodésicos de precisão, por intermédio de poligonal da classe I P (NBR 13.133), ou por rastreamento de satélites no sistema GPS-NAVSTAR, no método diferencial; triangulação ou trilateração ou outro método, desde que em termos de exatidão, seja igual ou melhor que a obtida por essa classe de poligonal.” NBR 14.166 (ABNT 1998)

Observa-se que segundo a NBR 14.166 (ABNT 1998), não importa a metodologia empregada para determinação das coordenadas de um vértice e sim sua exatidão e precisão, pois todas as metodologias devem almejar as mesmas precisões e exatidões; na prática podemos notar que a relação custo/benefício tem um papel fundamental na escolha da metodologia.

Com o surgimento e popularização do sistema de rastreamento de satélites GNSS metodologias como triangulação¹⁴ e trilateração¹⁵ foram sendo abandonadas, tornando-se quase extintas nos trabalhos de posicionamento. A resolução PR nº. 22 de 21 de julho de 1983, IBGE (1983), especifica nos itens 2.1 e 2.2, os procedimentos necessários para realização de levantamentos utilizando estas metodologias.

¹⁴ Triangulação: “Procedimento em que se obtém figuras geométricas a partir de triângulos, justapostos ou sobrepostos, formados através da medição dos ângulos subtendidos por cada vértice”. IBGE (1983)

¹⁵ Trilateração: “Processo de levantamento semelhante à triangulação, sendo que em lugar da formação dos triângulos a partir da medição dos ângulos, o levantamento será efetuado através da medição dos lados”. IBGE (1983)

Atualmente, os receptores GNSS são largamente utilizados na determinação das coordenadas dos vértices, isto ocorre devido à relação custo/benefício desta metodologia, mas em alguns casos esta metodologia não é capaz de alcançar as precisões e exatidões prescritas nas normas, sendo necessário recorrer à outra metodologia como, por exemplo, poligonais topográficas; geralmente em áreas de intenso adensamento urbano a geometria dos satélites é comprometida degradando as precisões e exatidões.

A integração da metodologia de rastreamento de satélites GNSS com poligonais topográficas tem se mostrado útil e eficaz na execução de redes de referência cadastrais, pois uma metodologia supre a “deficiência” de outra e vice-versa.

“Os resultados dos ajustamentos realizados confirmam a eficácia de se integrar GPS e Topografia clássica na implantação de redes de referência”. SOUZA (2001)

A NBR 14.166 (ABNT 1998), sem seu item 6, especifica como devem ser realizados os trabalhos para determinar as coordenadas através de rastreamento de satélites GPS e cita a utilização de poligonais classe I P da NBR 13.133 (ABNT 1994); as especificações incluem instrumentos, observações e ajustamentos, mas na visão deste autor são superficiais e deixam a desejar, devendo serem contempladas na revisão da referida norma.

Como exemplo pode-se citar o item 6.3.1, da referida norma, onde na visão deste autor são necessários alguns ajustes como: número de sessões mínimas a serem observadas, definição de um valor de PDOP máximo para as observações, redução da área de atuação dos receptores de mono frequência (atualmente definida como 50 Km).

“Para melhor se aquilatar as propriedades estatísticas das observações, torna-se necessárias a repetição do processo de medição, com o registro de todas as condições físicas que o cercam, de modo a possibilitar, posteriormente, um julgamento adequado dos resultados”. IBGE (1983)

“A repetição do processo de medição conduzirá a valores diversos para as medidas, sendo perfeitamente justificável a flutuabilidade dos resultados, diante da impossibilidade de se controlar as influências do meio que cerca a realização das medições, influências nem sempre atribuídas a agentes físicos”. IBGE (1983)

Também seria de fundamental importância na NBR 14.166 (ABNT 1998) as formulas de transformação das coordenadas plano retangulares no sistema topográfico local para as coordenadas geodésicas; normatizando apenas uma metodologia para transformação dos sistemas.

Outro ponto importante a ser analisado, é a utilização de poligonais classe I P na implantação de marcos de apoio imediato em áreas urbanas, pois na prática poligonais com lados mínimo de 1 km e lado médio 1,5 km tem se mostrado “inexequível” nos centros urbanos, devido a estrutura viária e ao número de interferências fixas e móveis entre os lados da poligonal; como proposta este autor sugere a utilização de poligonais classe I PRC com exatidão compatível com poligonais classe I P.

Infere-se, portanto, que a NBR 13.133 (ABNT 1994) e a NBR 14.166 (ABNT 1998), sejam revisadas, pois os equipamentos e técnicas de mensuração evoluíram de forma acentuada devido aos avanços obtidos pela informática e eletrônica o que não aconteceu com as referidas normas.

2.2.4. Oficialização da Rede Geodésica

A oficialização de uma rede através de leis, decretos e, ou, normas é um passo fundamental para garantir sua existência e continuidade; a NBR 14.166 (ABNT 1998), em seu anexo D apresenta um modelo de decreto para aprovação da rede de referência cadastral municipal.

O modelo apresentado pela NBR 14.166 (ABNT 1998), atende os requisitos básicos e importantes para legalização e efetivação do uso da rede, sendo necessária apenas algumas alterações para se adequar às características do município.

Os artigos 1º e 2º do referido modelo são de suma importância, pois são responsáveis por exigir a utilização da rede nos trabalhos de mapeamento realizados no município, portanto, é aconselhável que estes artigos não sofram alterações. Outro ponto importante da oficialização é a adoção do plano topográfico local, haja vista que na execução de serviços topográficos já foram encontrados dezenas de casos nos quais profissionais utilizaram sistemas de projeção Universal Transversa de Mercator - UTM como se fossem planos topográficos¹⁶.

“Em muitos casos são utilizadas as coordenadas UTM (N/E) como se as mesmas estivessem no plano topográfico local, nenhuma correção é realizada na execução dos levantamentos topográficos e, conseqüentemente, na locação da obra”. ROCCO (2006)

As monografias têm um papel importante na oficialização, pois são elas que garantem e certificam que a rede existe e está em plena condição de uso; as informações constantes nas monografias devem ser claras e objetivas, não gerando dúvidas ou falsas interpretações.

“Após a implantação de referido pilar é necessária a elaboração da monografia correspondente, fornecendo itinerários e distâncias de acesso, bem como o nome, número, coordenadas geográficas/plano retangulares (sistema de projeção e datum), altitudes e azimutes para outros vértices nas imediações.” COSTA (1996)

Como complemento das monografias é aconselhável à elaboração de um mapa índice contendo a localização aproximada de cada vértice e elementos de orientação bem definidos, como por exemplo: regiões, bairros, vias principais, pontos de referência.

¹⁶ A utilização de distâncias horizontais como se fossem planas pode causar erros métricos nos trabalhos de mapeamento e posicionamento, portanto todos os ângulos e distâncias horizontais devem ser transformados para planos para integrarem o sistema de projeção UTM. Para maiores informações consultar o anexo “Cálculo comparativo das distâncias planas e horizontais”.

A utilização de um aplicativo via INTERNET que identifique e retorne os dados dos vértices é uma ferramenta útil que agiliza e auxilia os usuários na busca de informações, como exemplo pode-se citar o servidor de dados geográficos do IBGE, a página web da Rede de Referência Cadastral da Unicamp¹⁷, da Prefeitura Municipal de Campinas/SP¹⁸, da Prefeitura da Estância Turística de Salto/SP¹⁹ e da Prefeitura da Cidade de São Paulo/SP²⁰.

A oficialização de uma rede de referência cadastral municipal é o início da implantação de um sistema de cadastro municipal único, sendo o plano topográfico local a base deste sistema.

2.2.5. Manutenção da Rede Geodésica

“O investimento financeiro em uma rede de marco geodésico de apoio imediato tem um valor significativo, portanto, seu uso deve ser prolongado.” ROCCO (2006)

A manutenção de uma rede é tão importante quanto à implantação, contribuindo para a integridade física dos vértices e também pela qualidade das visadas de orientação “azimute”.

É aconselhável a utilização de manutenções preventivas²¹ e preditivas²², para minimizar manutenções corretivas²³, sendo sugerido visitas periódicas em cada vértice da rede, com verificação das visadas de azimute e ações de conservação, por exemplo: pintura e capinação do entorno.

Caso seja detectada alguma violação da integridade do vértice é recomendado que o mesmo seja reconstruído, e, ou, recuperado, de forma a garantir a continua utilidade da rede.

¹⁷ Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~trabanco/Rede%20Unicamp.html>>

¹⁸ Disponível em: <<http://mapserver.campinas.sp.gov.br>>

¹⁹ Disponível em: <<http://www.salto.sp.gov.br/geosalto.html>>

²⁰ Disponível em: <http://sempla.prefeitura.sp.gov.br/marcos_home.php>

²¹ Manutenção preventiva: “É todo trabalho realizado com a intenção de se reduzir a probabilidade de ocorrência de falha ou defeito”. NUNES (2001)

²² Manutenção preditiva: “É todo trabalho realizado no momento adequado e antes que se processe a falha ou defeito”. NEPOMUCENO (1989)

²³ Manutenção corretiva: “É todo trabalho de manutenção realizado após a falha ou defeito, visando seu restabelecimento”. NUNES (2001)

Outro ponto importante é a documentação das visitas e das ações realizadas, para que seja criado um histórico e um controle efetivo sobre a manutenção da rede pelo órgão responsável.

A utilização de um aplicativo computacional pode auxiliar nos trabalhos de manutenção das redes, gerenciando as ações preventivas e preditivas bem como toda documentação relativa às visitas e ações realizadas; pode-se implantar este aplicativo como uma ferramenta do SIG Municipal, caso este exista.

2.3. Sistema de Projeção Cartográfica

“Nem a esfera nem o elipsóide são planificáveis. No entanto, para os projetos de engenharia, necessita-se de uma representação plana de figuras existentes sobre a superfície da Terra.” CINTRA, et al. (2007)

Os sistemas de projeções cartográficas correlacionam os pontos da superfície terrestre com suas respectivas representações planas, buscando minimizar as distorções oriundas deste processo.

Pode se dizer que não existe o melhor sistema de projeção cartográfica e sim o melhor para determinada finalidade, pois cada sistema de projeção tem suas características predominantes e erros inerentes ao processo de representação.

“Os elementos da Rede de Referência Cadastral podem ter suas coordenadas plano-retangulares determinadas nos Sistemas Transverso de Mercator (UTM – RTM – LTM) como no Sistema Topográfico Local.” NBR 14.166 (ABNT 1998)

Geralmente os mapeamentos elaborados com a finalidade de fornecer informações espaciais a projetos de engenharia, possuem projeções no sistema transverso de Mercator ou no sistema topográfico local, pois a escala e a precisão das informações são importantes e essenciais a estes projetos; estes sistemas de projeção não deformam os ângulos, portanto mantém a forma dentro de certos limites de extensão.

2.3.1. Sistema Transverso de Mercator

O sistema transverso de Mercator surgiu da projeção de Mercator²⁴ onde o cilindro de projeção deixou de ser equatorial para ser transverso, ou seja, o eixo do cilindro de projeção passou de paralelo para perpendicular ao eixo da Terra.

Existem três sistemas transversos de Mercator o Universal Transverso de Mercator – UTM, o Regional Transverso de Mercator – RTM e o Local Transverso de Mercator – LTM; a diferença entre os sistemas está na amplitude dos fusos e no fator de redução de escala que reduz o erro de escala.

O atual sistema UTM surgiu em 1950, com uma proposta dos Estados Unidos da América de abranger todas as longitudes, desta forma foram criados 60 fusos com amplitude de 6° de longitude cada, originados da rotação do cilindro. A Figura 2.8 representa o cilindro secante a esfera e um fuso com os respectivos valores do fator de redução de escala.

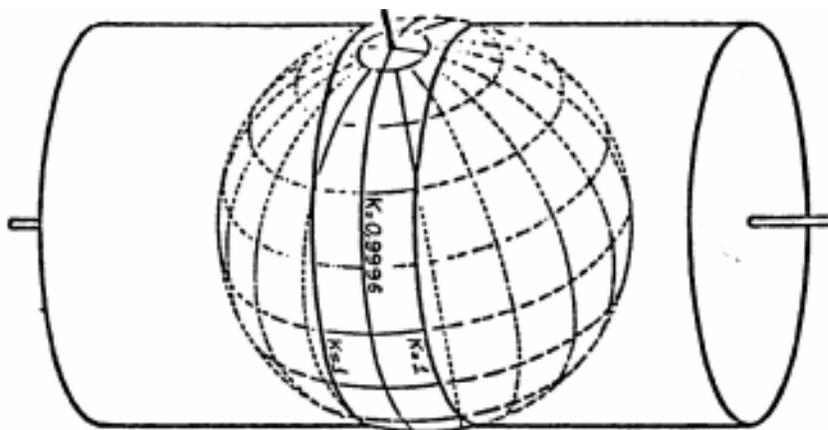


Figura 2.8 : Cilindro secante. Fonte: IBGE (2006a)

²⁴ Projeção de Mercator: Projeção concebida pelo cartógrafo Gerhard Kremer (1512-1594), mais conhecido pelo seu nome latinizado Mercator.

A representação plana é obtida através da planificação do cilindro, sendo adotado como origem o cruzamento do equador com o meridiano central do fuso, sobre esta origem são adotadas as constantes²⁵ 10.000.000 m no eixo das ordenadas e 500.000 no eixo das abcissas, evitando-se assim coordenadas negativas.

O sistema transversal de Mercator é comumente utilizado para mapeamentos sistemáticos, sendo o sistema de projeção UTM o mais utilizado; o UTM é utilizado pelo IBGE na produção de cartas topográficas do Sistema Cartográfico Brasileiro.

O sistema de projeção LTM é o sistema de projeção transversal de Mercator com menor erro de escala, sendo 1:200000 no eixo do meridiano central e 1:30000 nas bordas do fuso, sendo utilizado em mapeamentos sistemáticos que exigem precisões e exatidões melhores que os obtidos através do sistema UTM; o erro de escala do sistema UTM é de 1:2500 no meridiano central e 1:1000 nas bordas do fuso.

2.3.2. Sistema Topográfico Local - STL

“É o sistema de representação, em planta, das posições relativas de pontos de um levantamento topográfico com origem num ponto de coordenadas geodésicas conhecidas, onde todos os ângulos e distâncias de sua determinação são representados, em verdadeira grandeza, sobre o plano tangente à superfície de referência (elipsóide de referência) do sistema geodésico adotado” NBR 14.166 (ABNT 1998)

O sistema topográfico local está sendo difundido no Brasil devido a sua caracterização na NBR 14.166 (ABNT 1998) em conjunto com a simplificação dos cálculos nas aplicações de topográfica clássica.

²⁵ A constante 10.000.000 m somente é utilizada para o hemisfério sul.

Essa simplificação nos cálculos topográficos se deve a não utilização de um fator de escala (k) e a prévia elevação das distâncias para a altitude média que define o plano topográfico local²⁶, resultando assim valores de distâncias em planta relativamente próximos às medições diretas no terreno²⁷; a Figura 2.9 representa as distâncias projetadas nos diferentes planos.

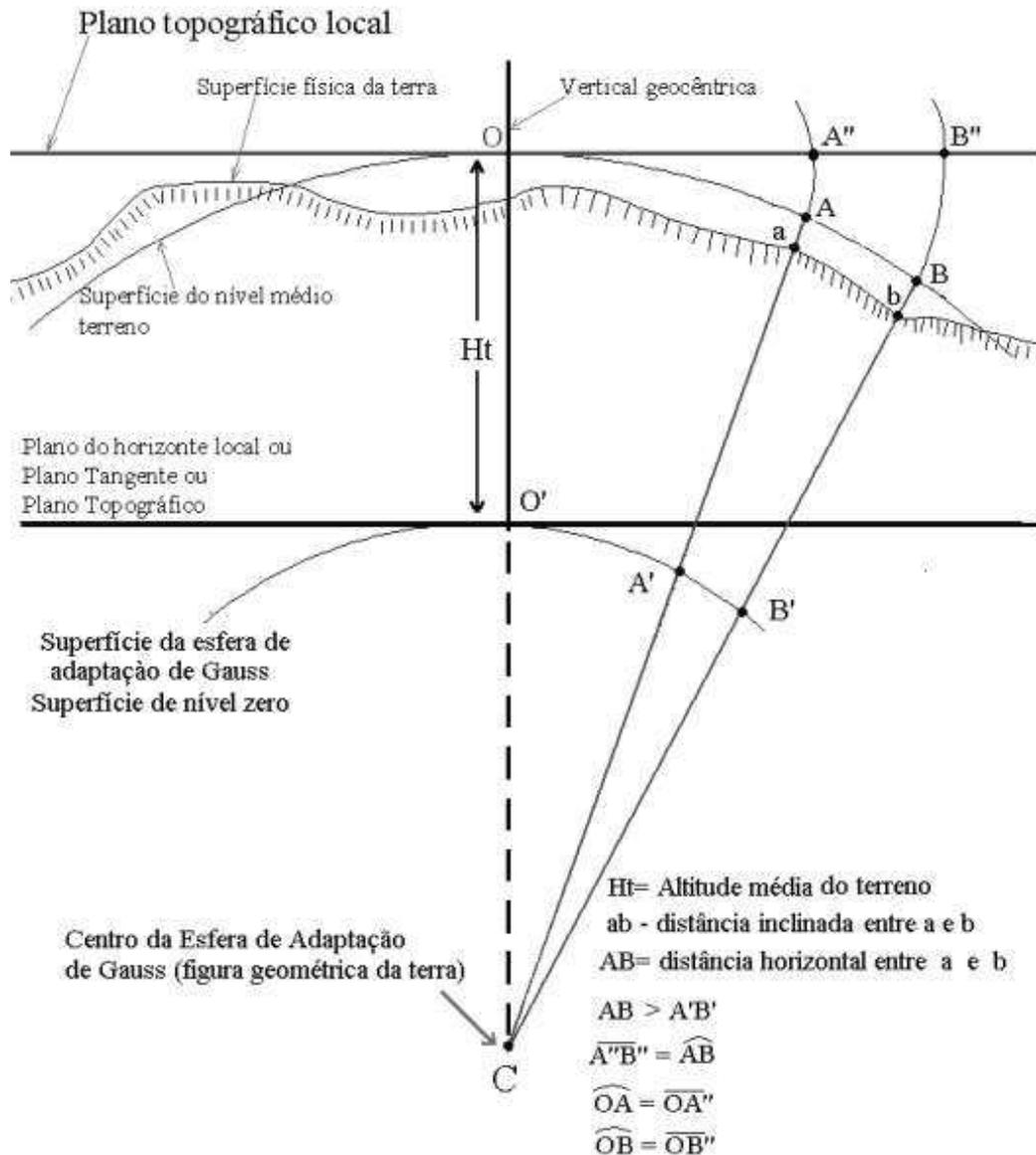


Figura 2.9 : Distâncias projetadas nos diferentes planos. Fonte: CINTRA, et al. (2007)

²⁶ Plano topográfico local: “É o plano topográfico elevado ao nível médio do terreno da área de abrangência do Sistema Topográfico Local, segundo a normal à superfície de referência no ponto de origem do sistema”. NBR 14.166 (ABNT 1998)

²⁷ Para maiores informações consultar o anexo “Cálculo comparativo das distâncias planas e horizontais”.

Para se obter distâncias horizontais no STL com precisão compatível com o sistema LTM é necessário aplicar um fator de correção sobre as distâncias planas, mas esta correção se mostra realmente necessária somente em trabalhos que exigem um alto grau de precisão.

O gráfico da Figura 2.10 representa os valores aproximados de correção que devem ser aplicados às distâncias planas para que estas se tornem horizontais e vice-versa, sendo estas correções realizadas em função da diferença altimétrica com o Plano Topográfico Local – PTL. Os valores aproximados de correção foram calculados através da fórmula que consta no item 5.15.1 da NBR 13.133 (ABNT 1994), sendo adotado o valor zero para altitude do local.

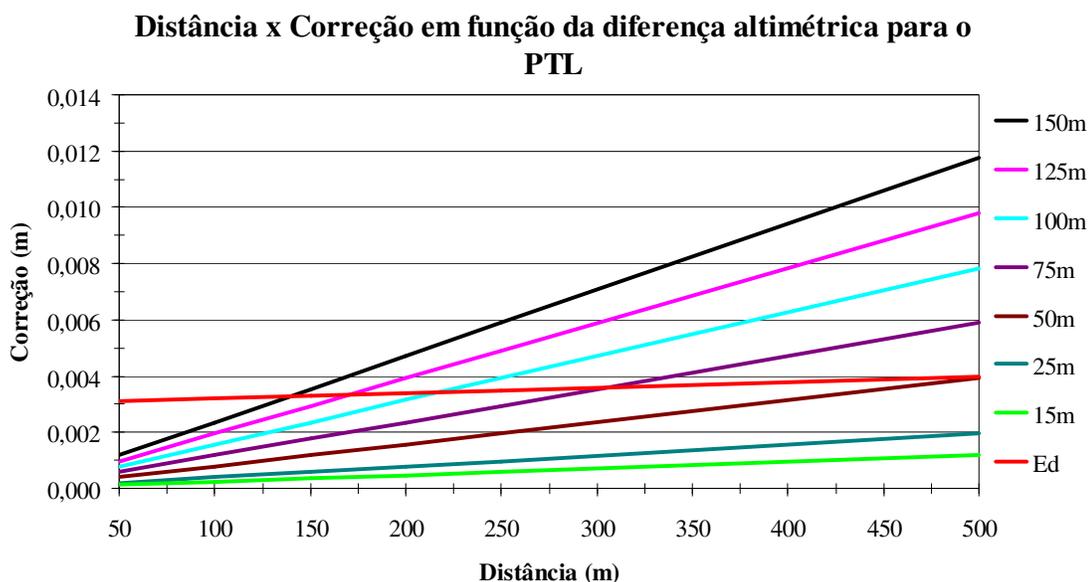


Figura 2.10 : Gráfico da Distância x Correção.

Analisando o gráfico da Figura 2.10 pode se notar que em determinados momentos o valor de correção da distância é inferior ao erro de distância medida²⁸, gerando assim uma incerteza sobre a real necessidade da correção da distância nestes casos.

²⁸ Erro de distância medida: “É a forma simplificada do desvio-padrão das distâncias medidas pelos medidores eletrônicos de distâncias.” NBR 13.133 (ABNT 1994), é representado no gráfico pela reta vermelha (Ed) e seus valores são referenciados a um medidor eletrônico de distância classe 3 (precisão alta).

O STL deve ter sua área de abrangência limitada planimetricamente de forma que nenhum ponto diste da origem do sistema mais que 70.710,68m e altimetricamente que nenhum ponto diste mais que 150,00m para cima ou para baixo do plano topográfico local. Caso não seja possível limitar a área de abrangência do sistema deve se estabelecer a sua subdivisão em quantos sistemas forem necessários.

A Tabela 2.1 ilustra algumas vantagens e desvantagens do STL, mas de uma forma geral pode se concluir que o STL é uma excelente solução para o cadastro técnico municipal.

Tabela 2.1 : Vantagens e desvantagens do Sistema Topográfico Local.

Vantagens	Desvantagens
Simplificação dos cálculos.	Dificulta a elaboração de mapeamentos sistemáticos.
Prévia elevação das distâncias do elipsóide a altitude média do plano topográfico local.	Pequeno número de equipamentos e <i>software</i> compatíveis com o sistema de projeção.
Determinação das coordenadas de origem e da altitude média do plano topográfico local.	NBR 14.166 (ABNT 1998) não fixa formulas para transformação de coordenadas plano-retangulares no sistema topográfico local para coordenadas geodésicas
Vinculação ao SGB.	
Precisão e exatidão compatíveis com as atividades de cadastro técnico municipal	Em superfícies terrestres com relevo acidentado é necessário a subdivisão do sistema.

Algumas cidades brasileiras já adotam o sistema topográfico local em suas redes de referência cadastral, citando como exemplo as cidades de São Paulo/SP, Campinas/SP, Salto/SP, Charqueada/SP, Hortolândia/SP e Votuporanga/SP. CINTRA, et al. (2007) cita como exemplo as cidades de “New York, Boston, Baltimore, Cincinnati, Rochester, Atlanta, Springfield, entre outras, nos Estados Unidos e em Tóquio, no Japão”.

2.4. Considerações sobre algumas Redes de Referência Cadastral

2.4.1. Rede de Referência Cadastral Municipal de Salto/SP

A rede de referência cadastral de Salto/SP foi implantada em 2002, com a finalidade de apoiar os trabalhos de mapeamento realizados no município, e contava com onze vértices posicionados através de rastreamento de satélite GPS, utilizando como referência o datum SAD69.

Em 2005, iniciaram-se novos trabalhos de mapeamento no município com a finalidade de melhorar a qualidade da gestão pública, destacando-se: novo mapeamento aerofotogramétrico na escala 1:1000 e 1:10000, recadastramento dos imóveis urbanos “*in-loco*”, modificações na planta genérica de valores, implantação de um servidor de mapas e informações municipais via internet, ampliação do sistema de geoprocessamento e reavaliação da rede de referência cadastral municipal; estes trabalhos serão apresentados no decorrer deste trabalho.

Na reavaliação da rede foi detectado que dois vértices haviam sido destruídos e que havia necessidade de se implantar mais vértices e promover a alteração do datum de referência. A reavaliação aconteceu no primeiro semestre de 2007, promovendo grandes mudanças na estrutura da rede, destacando-se: a reocupação de todos os vértices com receptores GPS de dupla frequência, a implantação de mais nove vértices, a alteração do datum de referência e a alteração da origem do plano topográfico local.

No plano topográfico local foi adotado como origem um vértice materializado com o objetivo de se tornar integrante do SGB, gerando assim a estação geodésica SAT93945.

Atualmente a rede de referência cadastral de Salto/SP possui dezoito vértices geodésicos (um integrante do SGB) e tem como objetivo ser referência aos trabalhos de mapeamento realizados no município, tornando-se um importante elo de ligação para o sistema de geoprocessamento municipal; a Figura 2.11 representa a localização geográfica aproximada de cada vértice da rede.

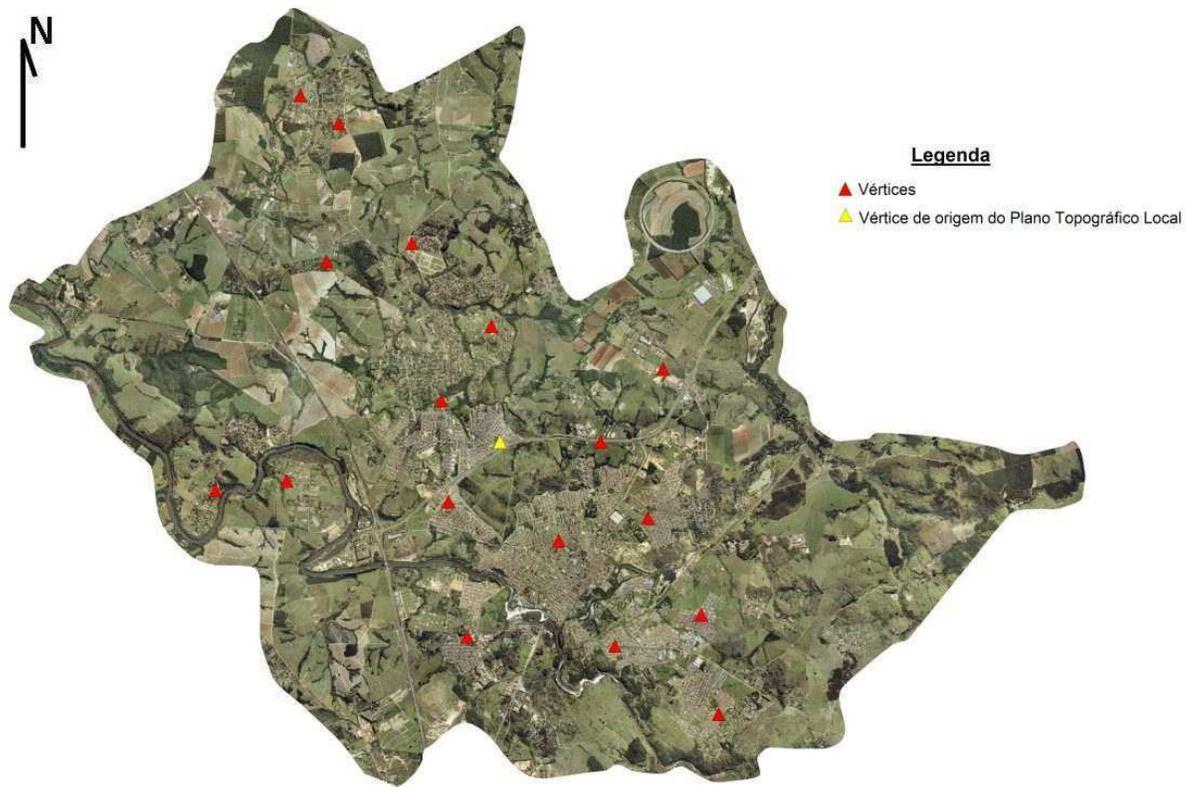


Figura 2.11 : Rede de referência cadastral municipal de Salto/SP – reavaliação 2007.

2.4.2. Rede de Referência Cadastral da Unicamp

A rede de referência cadastral da Universidade Estadual de Campinas - Unicamp foi implantada no ano de 2000, com a finalidade de auxiliar nas atividades de ensino e pesquisa na Faculdade de Engenharia Civil e atender as necessidades da Prefeitura do Campus da Universidade Estadual de Campinas.

Ao longo do tempo surgiram novas construções que passaram a obstruir as visadas de mira e alguns vértices acabaram destruídos, em face a estes acontecimentos fez-se necessária uma reavaliação da rede, que aconteceu no segundo semestre de 2004.

Essa reavaliação contou com a utilização de receptores GPS de dupla frequência, reocupando nove vértices e implantando mais sete vértices, totalizando assim dezesseis vértices; as observações GPS ocorreram entre os dias 28 de setembro de 2004 e 01 de outubro de 2004.

As observações GPS foram realizadas utilizando o método diferencial estático com sessões mínimas de 60 minutos de duração, a ordem de ocupação das sessões foi definida através da técnica de caminamento por poligonal, onde o receptor que ocupa o vértice a ré é transferido na próxima sessão para o vértice a vante, realizando este procedimento sucessivamente até encontrar o vértice de início do caminamento.

A técnica de caminamento por poligonal resultou em uma linha base média com aproximadamente 780 m de comprimento, medindo a menor linha base 150 m e a maior 1500 m; o tempo de ocupação mínimo foi definido em face ao comprimento das linhas bases e a condição de resolução da ambigüidade²⁹.

²⁹ Ambigüidade: “É a medida da fase quando o receptor capta os primeiros sinais GPS, sendo ambiguo por um número inteiro de ciclos.” STRANG e BORRE (1997)

Para realização das observações GPS foram definidos os seguintes critérios: antenas dos receptores instaladas apontando sempre na mesma direção, medição com precisão de aproximadamente 2 mm na altura da antena do receptor, mínimo de 6 satélites durante o rastreamento e máscara de corte no receptor com 15°.

No processamento das observações GPS foram definidos os seguintes critérios: máscara de corte com 15°, detecção dos erros grosseiros através do teste estatístico Tau, análise e correção da observação GPS com valor de Tau superior ao crítico, eliminação da observação na impossibilidade da correção, escalonamento da matriz variância covariância – MVC por um escalar para garantir o nível de confiança 95%.

Após o processamento e ajuste da rede foram determinadas as coordenadas geodésicas referenciadas ao datum WGS84, a partir destas coordenadas foram realizados cálculos geodésicos para determinação de coordenadas em outros sistemas de projeção e referência; foi definido como origem do plano topográfico local da Unicamp o vértice UNIC, que é um vértice integrante da rede de referência cadastral de Campinas/SP; a Figura 2.12 representa a localização geográfica aproximada de cada vértice da rede.

Os resultados encontrados na reavaliação da rede de referência cadastral da Unicamp podem ser vistos em TRABANCO, AGOSTINHO e INNOCENTE (2007).

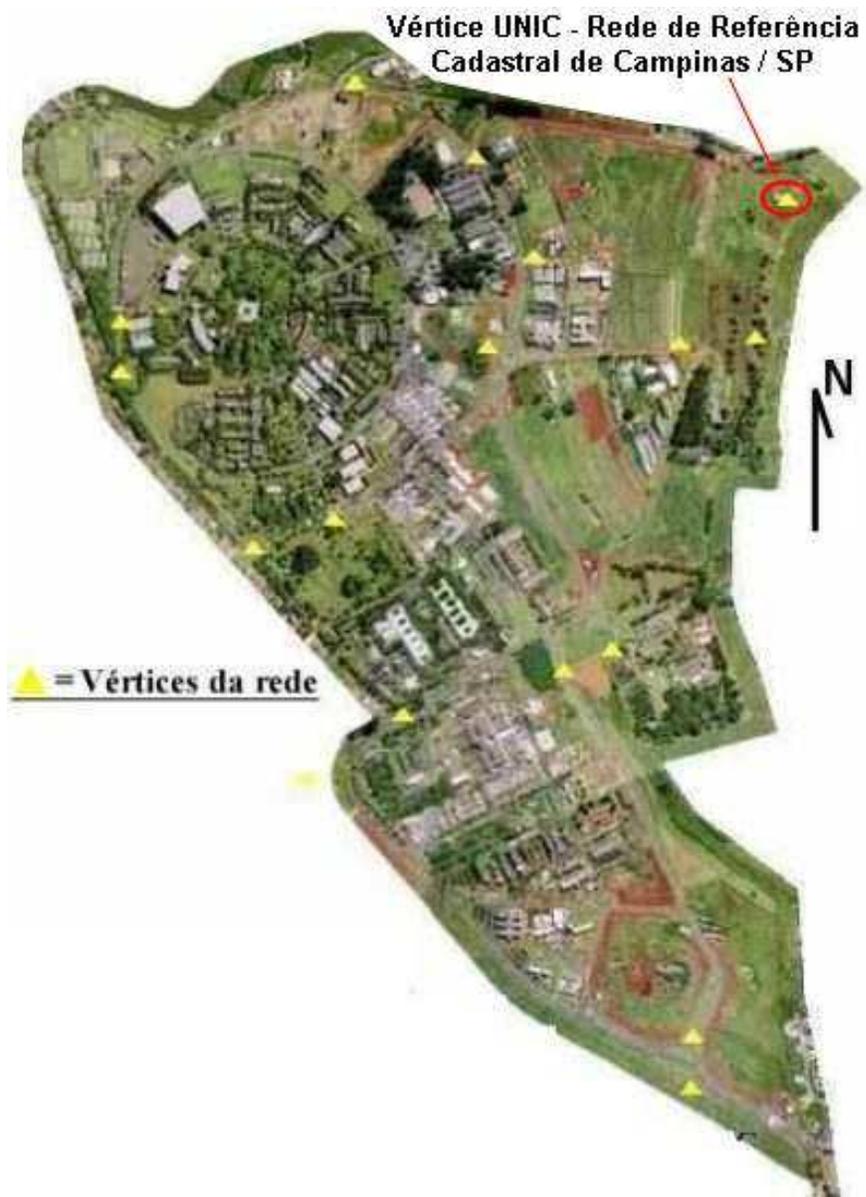


Figura 2.12 : Rede de referência cadastral da Unicamp – Reavaliação 2004.

3. ELABORAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA PARA SIG

3.1. Introdução

Segundo a NBR 14.166, Base Cartográfica “é o conjunto de cartas e plantas integrantes do sistema cartográfico municipal que, apoiadas na rede de referência cadastral, apresentam no seu conteúdo básico as informações territoriais necessárias ao desenvolvimento de planos, de anteprojetos, de projetos, de cadastro técnico e imobiliário fiscal, de acompanhamento de obras e outras atividades projetuais que devem ter o terreno como referência”. ABNT (1998)

A Base Cartográfica é de fundamental importância aos Sistemas de Informações Geográficas - SIG, pois define representação gráfica com as limitações, precisões e soluções do sistema. Os Sistemas de Informações Geográficas somente podem ser confiáveis e com precisão se representarem às feições do mundo real desta forma, sendo a Base Cartográfica a responsável por essa representação.

“Para se implantar sistemas de geoprocessamento é importante a confiabilidade nas informações, a conversão de dados do meio gráfico para o digital e a respectiva estruturação topológica.....sistemas de gerenciamento de informações geoposicionadas, necessitam de bases cartográficas espaciais confiáveis como base para associação de dados qualitativos alfa numéricos” COSTA (2001)

Na elaboração de bases cartográficas é importante que se sigam as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas de Cartografia Nacional, pois são elas que estabelecem a precisão, exatidão e qualidade da Base Cartográfica, seja ela elaborada apenas com a finalidade de integrar um SIG ou não.

“Para que um SIG possa funcionar com eficiência deve-se ter condições para a criação da Base Cartográfica, elaboração de um banco de dados e para a saída dos mesmos. Vale a pena destacar, então, que a Base Cartográfica bem construída é o ponto de partida para o sucesso de um projeto baseado num SIG. Para isso, ela deve ser produzida de acordo com certas especificações que devem ser adicionadas às normas de uma cartografia tradicional.” NERO (2000)

O decreto nº. 89.817, de 20 de junho de 1984 (BRASIL 1984), regulamenta a classificação da carta segundo sua exatidão, através dos artigos 8º e 9º, e também define que os referenciais planimétrico e altimétrico da carta devem ser referenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro – SGB. Este em seu capítulo III estabelece os elementos obrigatórios de uma carta, destacando-se como fundamentais:

- legenda com símbolos e convenções cartográficas;
- informações prescritas nas normas relativas à carta;
- escala numérica;
- indicação da equidistância entre as curvas de nível.
- referenciais planimétrico e altimétrico do sistema de projeção;
- sistema de projeção;
- convergência meridiana;
- declinação magnética para o ano de edição e sua variação anual;
- citação das datas de execução e respectivos executores das diversas fases.

Os elementos obrigatórios geralmente são grafados em cada carta integrante da Base Cartográfica, fazendo com que estes elementos sejam muitas vezes omitidos na elaboração de uma Base Cartográfica sem articulações de folhas, bases estas que geralmente compõem os SIGs. Como alternativa a Bases Cartográficas sem articulações de folhas este autor sugere que tais informações obrigatórias sejam ao menos documentadas em relatórios técnicos anexos.

A Figura 3.1 retirada de uma carta na escala 1:10000 do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, representa os dados e legendas explicativas que devem constar obrigatoriamente na representação de uma carta.

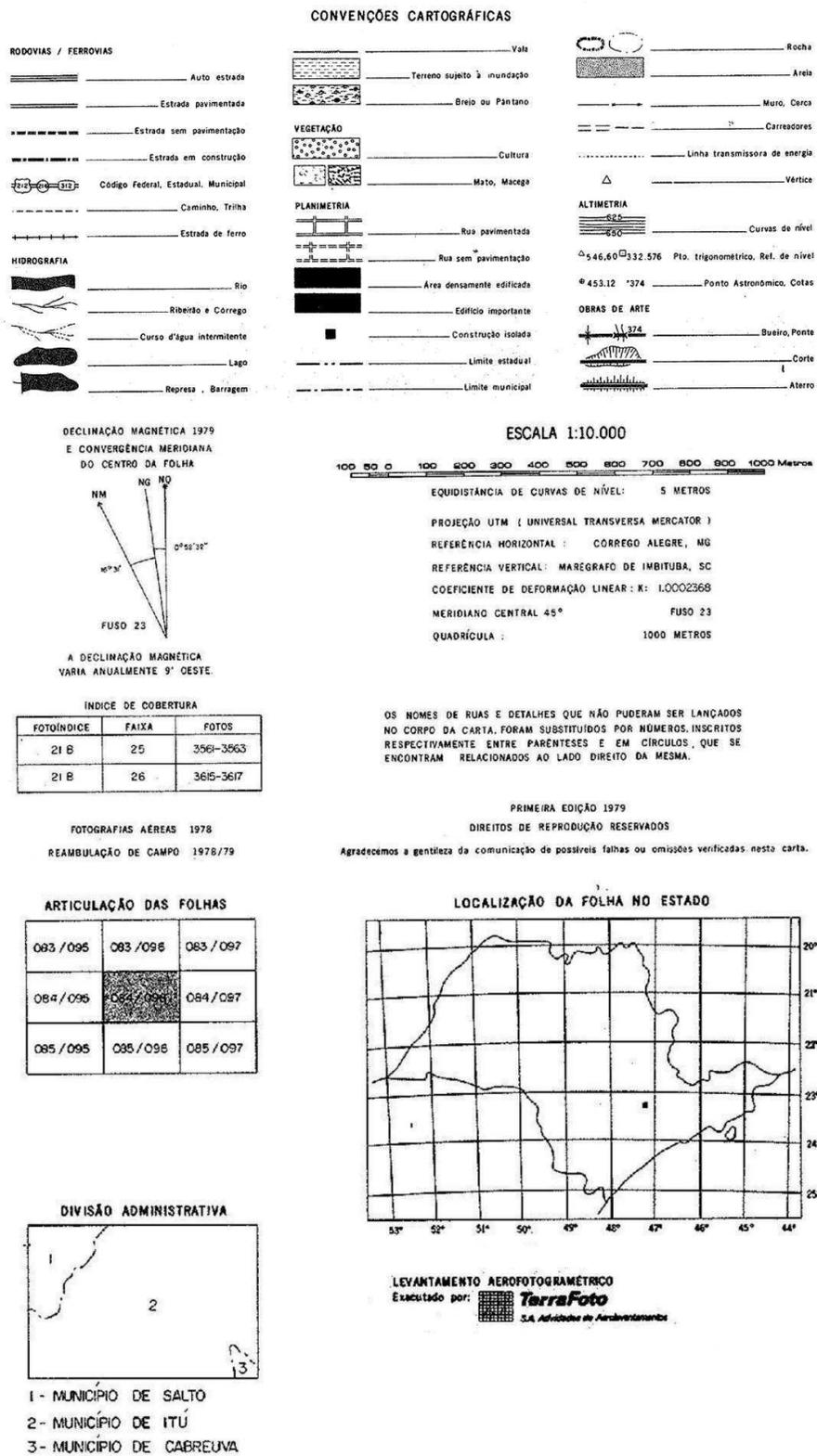


Figura 3.1 : Elementos obrigatórios de uma carta.

Com o surgimento de Bases Cartográficas digitais através do desenvolvimento de *software* SIGs e de *Computer Aided design* - CAD a manipulação (adição/extração/edição), álgebra de mapas e reprodução de dados se tornou dinâmica e prática, mas em contra partida em alguns casos pode-se perder a confiabilidade dos dados; esse efeito geralmente é causado pela falta de conhecimento do usuário em manusear documentos cartográficos.

Em SIGs onde a Base Cartográfica é formada por mais de um mapeamento é aconselhável que se crie um catálogo (tabela) contendo todos os dados referentes a esses mapeamentos e estes sejam integrados a cada feição cartográfica através de um identificador.

A Figura 3.2 representa um trecho de uma Base Cartográfica que foi elaborada por diversas fontes, ou seja, diversos trabalhos de mapeamento foram sobrepostos a fim de se produzir apenas um mapeamento que represente todas as feições, esta sobreposição de mapeamento em conjunto com a adoção de identificadores (números em vermelho) referenciados a um catálogo tornam a Base Cartográfica confiável, pois é possível identificar de qual mapeamento surgiu a feição.

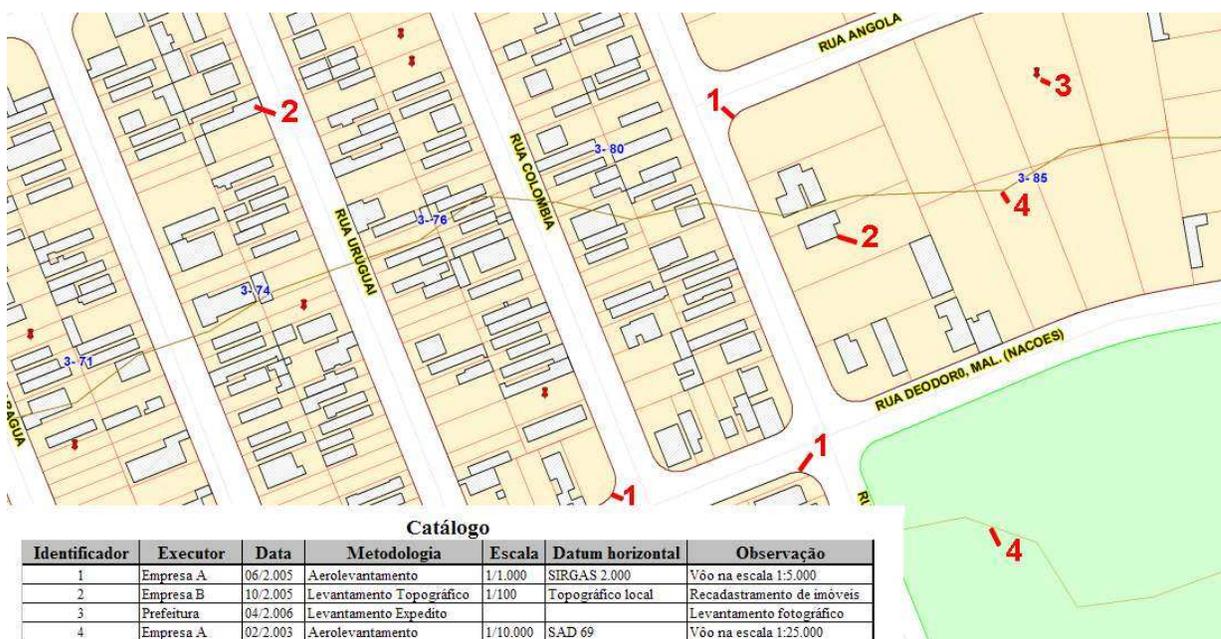


Figura 3.2 : Base Cartográfica SIG elaborada por diversas fontes.

A criação de um catálogo do mapeamento integrado as feições cartográficas na opinião deste autor é essencial nos sistemas SIGs e nos *software* servidores de mapas, pois sem este, o resgate das informações sobre o mapeamento se torna uma tarefa árdua e em muitos casos sem confiabilidade.

A Resolução da Comissão Nacional de Cartografia - Concar nº. 01 de 2 de agosto de 2006 (CONCAR 2006), em seu anexo METADADOS, homologa a estrutura para elaboração deste catálogo referente à Mapoteca Nacional Digital.

A escala de representação dos fenômenos do mundo real é um fator importante na elaboração de uma Base Cartográfica, por isso, devemos estudar quais são os produtos (informações) a serem obtidos no SIG, para que seja definida a melhor escala da base.

“A análise dos dados apresentados leva-nos a verificar que a maioria dos municípios não possui Bases Cartográficas Digitais e atualizadas. A escala padrão é 1:2000, sendo muito mais apropriada ao mapeamento sistemático do que às atividades da administração pública municipal.”
COSTA (2001)

Segundo FRANÇOSO (1998) e COSTA (2001) as escalas no meio urbano (atividades de gestão municipal) variam entre 1:500 e 1:2000, e 1:500 à 1:20000, respectivamente, este autor julga necessário que as Bases Cartográficas para SIGs municipais (gerenciamento do cadastro multifinalitário) possuam escala 1:1000 classe A (Padrão Exatidão Cartográfica - PEC de 0,30 m) para zonas urbanas e escala 1:5000 ou 1:10000 classe B (PEC entre 2,50 m e 5,00 m) para zonas rurais, ambas com suas estruturas topológicas ajustadas às necessidades do SIG a ser utilizado, resalvando-se que somente uma avaliação específica das necessidades pode indicar a escolha da melhor escala.

Na visão deste autor Bases Cartográficas escalas maiores que 1:1000, (ex: 1:500, PEC de 0,15 m) devem ser executadas somente em regiões específicas e estratégicas, onde serão executados projetos de engenharia, ou em regiões de pequena abrangência, devido ao custo elevado para sua produção.

Outras Bases Cartográficas em escalas menores como 1:5000, 1:15000 e 1:25000, podem ser elaboradas através da generalização das informações de bases de maior escala, pois as atuais ferramentas SIG e CAD realizam este processo de forma dinâmica e rápida.

A definição das feições a serem representadas também é outro fator importante que deve ser analisado na elaboração de uma Base Cartográfica, pois o número de feições está intimamente ligado ao tempo de elaboração e por consequência ao custo financeiro, portanto a representação de feições não necessárias ao projeto pode inviabilizar o mapeamento.

Mesmo com o surgimento de bases cartográficas digitais ainda tem se utilizado o termo escala como sinônimo de precisão e exatidão, na visão deste autor, é aconselhável utilizarem-se os termos erro padrão e padrão de exatidão cartográfica em bases cartográficas digitais, pois os erros relativos ao graficismo³⁰ (escala) somente ocorrem na impressão destas bases (bases cartográficas analógicas); o erro padrão e o padrão de exatidão cartográfica somente devem ser definidos após análise da Base Cartográfica através de amostragens, pois estes dados devem ser reais e não projetados.

3.2. Elaboração da Base Cartográfica

As metodologias e técnicas a serem utilizadas na elaboração de bases cartográficas devem ser determinadas especificamente conforme as características de cada município e, ou, projeto, pois estes possuem características predominantes que podem viabilizar ou inviabilizar determinada metodologia ou técnica; geralmente estas características estão intimamente ligadas à precisão, exatidão, tempo e ao custo de execução. Em contra partida a junção de metodologias e técnicas tem se tornado uma prática importante na elaboração de bases cartográficas municipais voltadas a SIGs.

³⁰ Erro de graficismo: “É o erro máximo admissível na elaboração de desenho topográfico para lançamento de pontos e traçado de linhas” NBR 13133 (ABNT 1994)

Na associação de metodologias e técnicas de mensuração devem se tomar as devidas precauções para que dados com projeções e *data* diferentes não sejam compilados em conjunto sem as devidas transformações de projeção e datum, como exemplo pode-se citar a associação de levantamentos topográficos com levantamentos por GNSS, onde são utilizadas distâncias horizontais e distâncias planas respectivamente.

Geralmente as bases cartográficas elaboradas com a associação de metodologias e técnicas de mensuração como: GNSS, topografia e aerofotogrametria quando bem elaboradas apresentam uma quantidade maior de feições e ainda possuem graus de confiabilidade, precisão e exatidão maiores, pois cada feição é coletada utilizando a metodologia ou técnica que melhor se adapte as características da feição.

A Figura 3.3 ilustra a diferença entre regiões mapeadas em um mesmo município em um vôo fotogramétrico realizado na escala 1:5000; observando-se as imagens pode-se notar que as edificações demarcadas na região de número três foram construídas com uma proximidade tal que em certos momentos é impossível afirmar através da imagem se determinada edificação possui ou não recuo lateral, desta forma pode se perceber o quanto é importante o conhecimento prévio da região a ser mapeada e quais as necessidades que devem ser atendidas.



Levantamento aerofotogrametrico - escala de vôo 1/5000 - junho/2005

Figura 3.3 : Comparação entre diferentes parcelas imobiliárias em Salto/SP.

Como solução para se detectar com confiabilidade dentro de determinada precisão e exatidão a implantação (contorno) das edificações em situações como a da região de número três da Figura 3.3 pode-se citar: aumento da porcentagem de recobrimento longitudinal e transversal do vôo e, ou, realização de um vôo com altitude mais baixa na região em questão, sendo aconselhável que estas soluções sejam empregadas em conjunto com todo o mapeamento e não com a elaboração de um novo mapeamento da região em questão, pois somente assim o custo de deslocamento da aeronave será aplicado uma vez.

Também pode se citar como solução a utilização de metodologias e técnicas de topografia na região em questão para se determinar a implantação destas edificações, sendo que esta solução aparentemente é uma das melhores, pois possibilita a coleta de dados multifinalitários que poderão integrar o cadastro da região.

É aconselhável que em toda elaboração de Base Cartográfica os responsáveis por estas apresentem um plano inicial de execução que contemple e analise os seguintes elementos: objetivos do mapeamento, feições necessárias, precisão, exatidão, tipos de levantamentos que atendam a precisão e exatidão, custos e prazos de execução, área a ser mapeada e características da área a ser mapeada.

A seguir serão apresentados alguns tipos de levantamentos que possibilitam a elaboração de bases cartográficas, mas é importante ressaltar que cada tipo possui suas vantagens, desvantagens e limitações que necessitam ser conhecidas e analisadas antes da escolha de determinado tipo ou associação.

3.2.1. Levantamentos topográficos

Atualmente com os avanços da eletrônica e da informática os levantamentos topográficos adquiriam agilidade, precisão e qualidade possibilitando mensurar áreas maiores em tempos e custos menores.

Com o surgimento dos equipamentos denominados Estações Totais (*Total Station*)³¹ e dos *software* de automação topográfica pode-se dizer que a topografia encontra-se no período digital.

Atualmente existe uma infinidade de modelos de estações totais que possuem variados recursos como, por exemplo: medição de distância sem prisma, coletores de dados com armazenamento em cartão de memória ou pen-drive, servo-motor, GNSS interligado, conexão bluetooth e usb, funções que realizam pequenos cálculos, prumo laser, etc.; sendo que todos estes recursos buscam atingir os mesmos objetivos: a agilidade, qualidade e precisão dos levantamentos topográficos.

O mesmo ocorre com os *software* de automação topográfica que possuem cada vez mais recursos para auxiliar os usuários a atingirem os objetivos descritos anteriormente.

A Figura 3.4 representa o estudo comparativo de VEIGA (2000) onde se estudou o tempo utilizado na execução de três tipos de procedimentos de levantamento topográfico, o tradicional elaborado com a anotação e cálculo manual, o semi-automatizado utilizando coletor de dados e *software* de cálculo e o SMAC³² utilizando um computador portátil conectado à estação total com o *software* de automação.

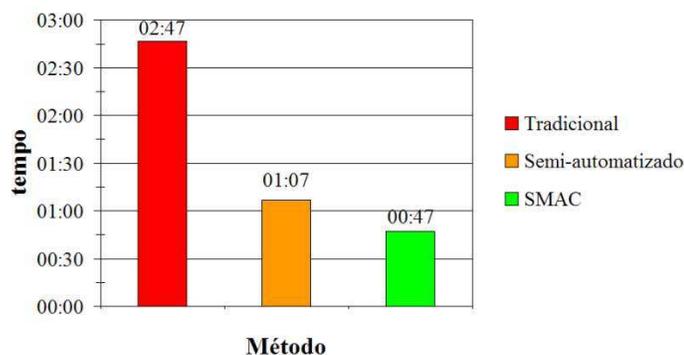


Figura 3.4 : Comparação dos tempos de levantamento nos sistemas tradicional, semi-automatizado e SMAC. Fonte: adaptado de VEIGA (2000).

³¹ Estação Total: É a combinação de três componentes básicos (medidor eletrônico de distância, teodolito digital e microprocessador) em um único equipamento de mensuração. BRINKER e WOLF (1994)

³² SMAC: Sistema de Mapeamento Automatizado de Campo. VEIGA (2000)

Analisando a Figura 3.4 pode-se perceber a agilidade nos trabalhos que utilizam o processamento semi-automatizado e o SMAC em comparação ao processamento tradicional, sendo que esta comparação foi efetuada apenas no processamento dos dados e não no instrumento de medição o que poderia resultar numa diferença muito maior.

Dos tipos de levantamentos que possibilitam a elaboração de Bases Cartográficas o método convencional e clássico de topografia é o que pode atingir maior precisão e exatidão dos dados mapeados, mas dependendo da área mapeada pode não ter a melhor relação custo/benefício se comparado a outro tipo de levantamento; na elaboração de Bases Cartográficas para SIGs pode-se integrar a coleta dos dados qualitativos (atributos) com o levantamento topográfico.

A integração acontece quando determinado elemento é cadastrado no levantamento topográfico, ou seja, são coletados os ângulos (vertical e horizontal) e a distância para este elemento e em seguida são coletados dados qualitativos do elemento, como por exemplo: altura, tipo de material, conservação, etc.; alguns tipos de coletores de dados permitem a coleta e personalização dos campos referentes aos dados qualitativos.

3.2.2. Levantamentos aerofotogramétricos

Os levantamentos aerofotogramétricos são responsáveis por grande parte dos atuais mapeamentos oficiais existentes, pois possibilitam a cobertura de grandes áreas em curtos espaços de tempo sem que haja a necessidade de contato físico com os objetos levantados.

A aerofotogrametria como a topografia também evoluiu nos últimos anos através da eletrônica e informática, passando pelos períodos analógico, analítico e atualmente digital.

Este tipo de levantamento pode ser considerado o melhor para se mapear grandes extensões territoriais que necessitem de escalas de mapeamento médias e grandes como, por exemplo, municípios e regiões metropolitanas.

Em regiões de pequenas e médias extensões (até aproximadamente 10 km²) que necessitem de escalas grandes e coleta de dados qualitativos o levantamento aerofotogramétrico tem perdido espaço para os levantamentos topográficos e por GNSS, uma vez que estes são métodos diretos de medição que possibilitam o cadastro dos dados qualitativos em conjunto com o levantamento, além de maior precisão e exatidão.

O custo dos levantamentos aerofotogramétricos está associado principalmente à escala de voo e ao número de feições que serão restituídas, como forma de redução de custos geralmente tem se optado pela redução do número de feições restituídas utilizando somente as necessárias em conjunto com ortofotocartas, realizando futuramente, caso necessário, a vetorização sobre a ortofotocarta de outras feições; a Figura 3.5 representa a utilização de uma ortofotocarta em conjunto com algumas feições restituídas através de fotogrametria.



Figura 3.5 : Ortofotocarta utilizada em conjunto com feições restituídas através de fotogrametria – Salto/SP.

A Tabela 3.1 representa de forma estimada o quanto se pode reduzir no custo de mapeamentos utilizando-se de ortofotocartas.

Tabela 3.1 : Comparação entre custos de mapeamento. Fonte: Adaptado de Costa (2001).

OPÇÕES DE MAPEAMENTOS	VALOR RELATIVO
Restituição detalhada (Completa)	100
Restituição simplificada em altimetria com pontos cotados	85
Restituição com vegetação de maior relevância	95
Restituição sem edificações	55
Restituição com edificações representadas por simbologia	75
Ortofotocarta digital planialtimétrica	50

Recomenda-se que em todos os levantamentos aerofotogramétricos seja solicitada aos executores a entrega dos dados referentes ao apoio terrestre, à aerotriangulação e as fotografias aéreas individuais, pois tais dados poderão ser úteis em futuras atualizações cartográficas.

3.2.3. Levantamentos com a utilização do sistema GPS / GNSS

Os levantamentos com a utilização do sistema GPS começaram a ser elaborados em grande escala na década de 90 com a “popularização” do sistema GPS; o termo GPS é uma referencia ao sistema NAVSTAR/GPS (sistema americano), mas pode-se dizer que os conceitos aplicados a este sistema são sinônimos aos aplicados a outros sistemas como o GLONASS (sistema russo), futuramente ao GALILEO (sistema europeu) e ao GNSS (sistema que engloba o NAVSTAR/GPS, GLONASS e futuramente o GALILEO).

Além destes sistemas de navegação e posicionamento por satélites outros dois sistemas prometem tornarem-se funcionais em meados de 2010, o BEIDOU (sistema chinês) e o *INDIAN REGIONAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM - IRNSS* (sistema indiano) ambos com finalidades regionais; detalhes sobre estes sistemas podem ser vistos em FORDEN (2007) e INDIA (2007).

Atualmente existem diversas metodologias para se realizar levantamentos utilizando o sistema GNSS, destacando-se o levantamento diferencial estático, o cinemático e o semi-cinemático ou “stop-and-go”.

O método diferencial estático consiste em posicionar de forma estática (fixa) dois receptores GNSS rastreando simultaneamente os sinais do sistema GNSS (satélites comuns), sendo um receptor posicionado sobre um vértice de coordenadas conhecidas e outro receptor posicionado sobre outro vértice que se deseja conhecer as coordenadas, determinando assim com precisão e exatidão o deslocamento posicional (ΔX , ΔY , ΔZ) entre os dois vértices.

Atualmente é o método mais utilizado e o que atinge as maiores precisões e exatidões, é comumente utilizado em elaborações de redes de referência cadastral e levantamentos de pontos de apoio terrestre para aerorestituição.

Segundo SEGANTINE (1999), o levantamento cinemático “é aquele em que, inicialmente, um dos receptores é colocado sobre um ponto de coordenadas conhecidas e um segundo receptor é colocado sobre um ponto qualquer. A partir daí, as duas antenas receptoras passam a coletar dados, simultaneamente, por alguns minutos, com o objetivo de resolver a ambigüidade. Depois, a antena que estava sobre o ponto desconhecido move-se por um percurso selecionado, sendo possível determinar com bastante precisão a trajetória feita por esta antena móvel.”.

O levantamento semi-cinemático “stop-and-go” é uma derivação do levantamento cinemático uma vez que apenas se muda a forma de coleta dos pontos, sendo coletados apenas os pontos de interesse do usuário enquanto que no sistema cinemático os pontos são coletados em intervalos constantes de tempo. Desta forma é possível definir rigorosamente quais pontos serão registrados no levantamento além de possibilitar a coleta de diversos dados qualitativos (atributos) referentes aos pontos registrados.

Pode-se dizer que a forma de coleta de pontos desta metodologia assemelha-se em muito com a forma de coleta de pontos através de levantamentos topográficos, onde o usuário deve posicionar o bastão “baliza” sobre o ponto a ser coletado; o sistema GNSS possui outras funcionalidades além do posicionamento e mapeamento, como por exemplo: navegação em tempo real e sincronização horária.

Como toda metodologia o levantamento por GNSS também apresenta limitações e erros inerentes ao processo de levantamento que devem ser conhecidos e analisados antecipadamente.

Como limitações podem-se destacar a impossibilidade de utilização deste tipo de levantamento em regiões onde não é possível detectar os sinais transmitidos pelos satélites, ou seja, no interior de edifícios, em áreas urbanas muito densas, em túneis, minas, embaixo d'água, etc.

Entre as principais fontes de erros podem ser destacadas: geometria da constelação dos satélites, imprecisão das efemérides transmitidas, multicaminhamento dos sinais, atraso na propagação e processamento dos sinais pelos circuitos do satélite, efeitos da atmosfera, relógio do receptor, relógios dos satélites, perdas de ciclo e centro de fase da antena receptora; sendo possível controlar, minimizar e corrigir os efeitos causados por estas fontes.

3.2.4. Levantamentos por Sensoriamento Remoto

Os mapeamentos por sensoriamento remoto são elaborados através de sensores embarcados geralmente em aeronaves ou satélites artificiais, e quando embarcados em satélites artificiais possibilitam a cobertura de grandes áreas em curtíssimo espaço de tempo³³, além de possibilitar a análise temporal.

Geralmente os levantamentos por sensoriamento remoto são elaborados somente em mapeamentos que utilizem pequenas e médias escalas de representação, principalmente se executados através de sensores orbitais (satélites artificiais), devido à resolução dos sensores que não permite o mapeamento com precisão e exatidão submétrica.

³³ Estima-se que o novo satélite GeoEye-1 seja capaz de imagear acima de 700.000 km² em banda pan-cromática em apenas um dia, ou seja, o equivalente ao estado americano do Texas ou dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul juntos. GEOEYE (2007)

Atualmente a Terra é orbitada por dezenas de satélites de sensoriamento remoto, que são utilizados para os mais diversos fins. Destacam-se entre os satélites de sensoriamento remoto utilizados para mapeamento o LANDSAT-7, IKONOS II e QUICKBIRD 2.

Outros dois satélites de sensoriamento remoto de alto poder de resolução devem entrar em operação em 2008, o WordView-1³⁴ e o GeoEye-1³⁵ com resolução espacial de 0,50 m (uso comercial) e 0,41 m respectivamente, mas conforme documentos técnicos de ambos suas imagens serão reamostradas³⁶ na resolução espacial de 0,50 m para usuários comerciais.

Atualmente ainda não é possível elaborar bases cartográficas municipais com a finalidade multicadastral utilizando-se de sensoriamento remoto orbital (satélites artificiais), ainda que os satélites WordView-1 e GeoEye-1 entrem em operação.

“Mesmo com todas as correções geométricas e radiométricas possíveis e necessárias, as imagens dos sensores Ikonos II e Quickbird não podem ser utilizadas para gerar bases cartográficas completas para o cadastro técnico municipal”. TAVARES, et al. (2006)

Mesmo não sendo possível utilizar satélites de alto poder de resolução para elaboração de bases cadastrais municipais seu uso torna-se de valiosa grandeza quando se faz necessária à avaliação do grau de desatualização da Base Cartográfica municipal ou quando se pretende localizar edificações irregulares ou clandestinas.

“Na escolha das imagens para os trabalhos, a época do ano é importante. Dependendo da época do ano da imagem alguns alvos são identificados de maneira mais eficiente do que outros.” IWAI (2003)

³⁴ WordView-1: Satélite comercial da DigitalGlobe cuja data de lançamento do veículo lançador foi dia 18/09/2007. DIGITAL GLOBE (2007)

³⁵ GeoEye-1: Satélite comercial da GeoEye cuja data de lançamento deverá ocorrer no primeiro ou segundo trimestre de 2008. GEOEYE (2007)

³⁶ A atual licença de operação expedida pelo NOAA (*National Oceanic & Atmospheric Administration*) não permite a comercialização de imagens com resolução melhor que 0,50 m.

Diferentemente dos levantamentos aerofotogramétricos os levantamentos por sensoriamento remoto ocorrem com a existência ou não de nuvens sobre a área do mapeamento, o que em muitas vezes se traduz na não identificação ou compreensão de alguns elementos do mapeamento.

“Recomendamos os meses de Maio a Setembro para programação de imagens de satélites, uma vez que neste período a intensidade e frequência da cobertura de nuvens é muito menor e as programações são atendidas muito mais facilmente.” ENGESAT (2007)

A Figura 3.6 ilustra um trecho de uma cena (ID 1010010000428E403) imageada pelo satélite QuickBird 2 no município de Sorocaba/SP em 10/04/2005, onde 8% da cena imageada encontra-se em coberto por nuvens; analisando a imagem pode-se perceber o quanto à presença de nuvens compromete o levantamento.



Figura 3.6 : Imagem do município de Sorocaba/SP captada pelo satélite QuickBird 2, fonte: DIGITAL GLOBE.

Aconselha-se que seja feito um estudo sobre as condições climáticas da região antes da contratação do levantamento por sensoriamento remoto e se possível uma análise utilizando-se séries históricas; atualmente algumas instituições como, por exemplo, o CPTEC/INPE (2007), disponibilizam dados sobre previsões climáticas via internet que podem auxiliar na definição do melhor período para aquisição destes levantamentos; a Figura 3.7 representa os dados sobre as previsões climáticas de Sorocaba/SP entre os dias 28/08/2007 e 11/09/2007.

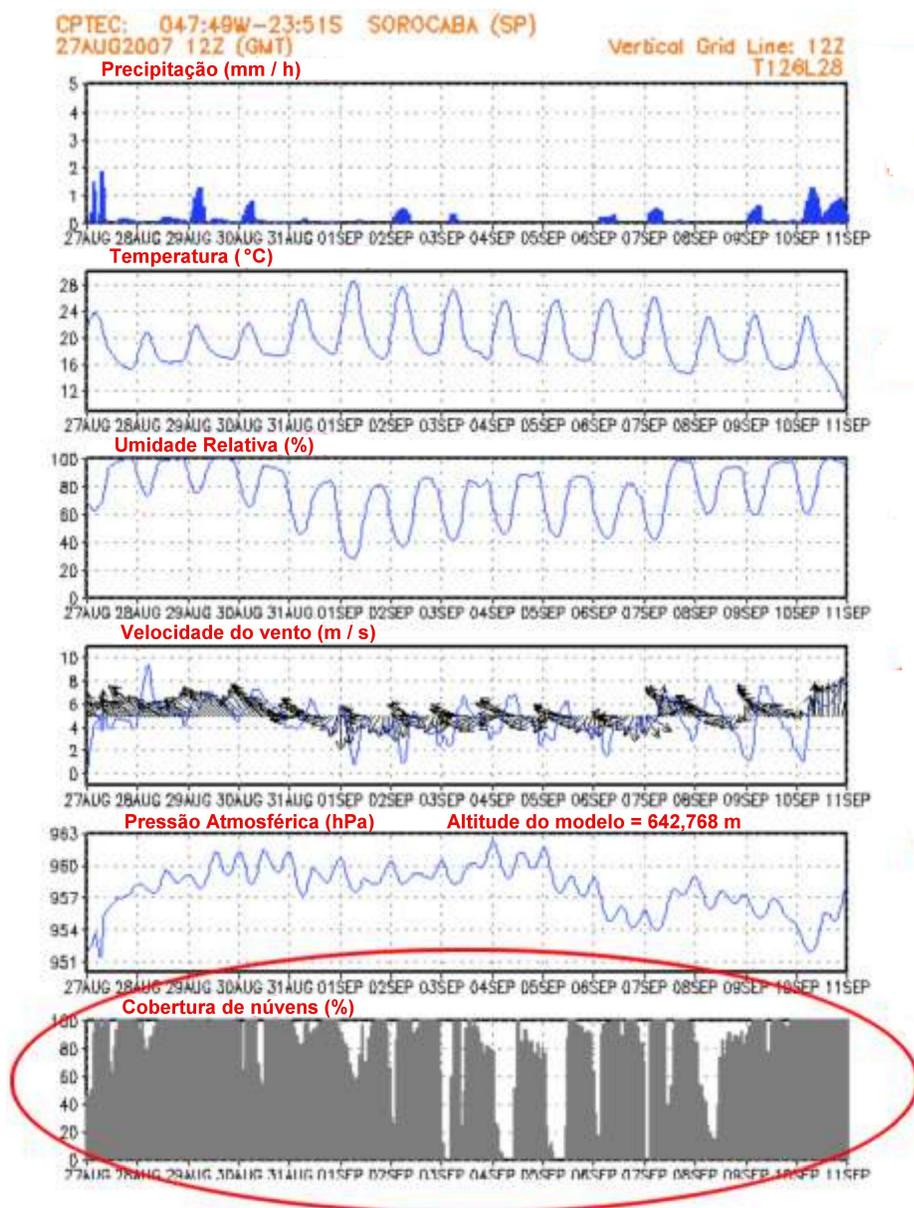


Figura 3.7 : Análise das condições climáticas de Sorocaba/SP entre os dias 27/08/2007 e 11/09/2007, fonte: adaptado de CPTEC/INPE (2007).

Analisando a Figura 3.7 pode-se notar que as condições climáticas (cobertura de nuvens) indicam que a realização de um levantamento por sensoriamento remoto nos dias analisados não é aconselhável, pois existe uma grande probabilidade de ocorrer o aparecimento de nuvens na cena que será imageada.

Portanto pode-se concluir que intervalos genéricos como, por exemplo: de Maio a Setembro são apenas dados referenciais iniciais, pois se necessita de uma análise específica das características de cada região nos dias que antecedem o levantamento.

Também se aconselha que sejam realizadas todas as possíveis correções geométricas e radiométricas sobre as imagens obtidas por estes sensores, a fim de se minimizar possíveis distorções geradas no imageamento.

3.3. Manutenção e Atualização da Base Cartográfica

A atualização da Base Cartográfica deve ser um processo permanente e dinâmico, pois devido às intervenções humanas e naturais, os territórios sempre sofrem algum tipo de modificação.

As metodologias e técnicas para atualização de bases cartográficas são idênticas às utilizadas na elaboração de bases novas, mudando-se apenas a proporção (extensão) do mapeamento.

A implantação de políticas de manutenção e atualização da Base Cartográfica pode resultar em uma significativa economia de custos, haja vista, que geralmente as metodologias e técnicas utilizadas para pequenos mapeamentos possuem custos mais acessíveis.

O “*as-built*” em obras de engenharia pode-se tornar uma ferramenta importante nas políticas de manutenção e atualização de Bases Cartográficas, pois age exatamente nas áreas de intervenção e geralmente repassa o custo do mapeamento à obra que resultou tal modificação; uma das inúmeras vantagens do “*as-built*” é a representação “quase instantânea” da área de intervenção, tornando o processo dinâmico e rápido.

As metodologias e técnicas utilizadas na elaboração de “*as-built*” devem ser compatíveis com a precisão e exatidão das informações obtidas da obra ou da Base Cartográfica, adotando-se sempre a que requer maior precisão e exatidão.

A análise do grau de desatualização da Base Cartográfica bem como a definição das regiões que sofreram modificações pode ser elaborada através de sensoriamento remoto utilizando-se de sensores orbitais de alto poder de resolução, como por exemplo: Ikonos II e QuickBird 2 ou através de fotografias aéreas com câmaras métricas ou de pequenos formatos.

Após definidas as regiões que necessitam de atualização deve-se identificar a melhor metodologia ou técnica para realizar essas atualizações cartográficas, sempre analisando as regiões de forma individual. Geralmente são utilizados levantamentos topográficos ou levantamentos por GNSS para atualização cartográfica destas regiões, mas em alguns casos torna-se necessário a utilização de aerolevantamentos, estes levantamentos devem estar rigorosamente referenciados a rede de referência cadastral que referência à Base Cartográfica.

A Figura 3.8 representa através de fotografias aéreas uma área de aproximadamente 4 km² no município de Salto/SP onde foram identificadas algumas intervenções humanas que ocorreram entre o ano de 2000 e 2005, foram demarcadas somente as regiões onde ocorreram intervenções de grande intensidade, mas em uma análise minuciosa podem-se constatar inúmeras intervenções, como por exemplo: novas edificações de pequeno porte, ampliações de construções, desrespeito ao uso do solo, etc.



Figura 3.8 : Levantamento das regiões que sofreram intervenções.

Análises visuais como a representada na Figura 3.8 devem ser realizadas no mínimo anualmente, procurando-se minimizar o grau de desatualização da Base Cartográfica; análises realizadas entre longos períodos geralmente indicam um alto grau de desatualização, principalmente em áreas urbanas e de expansão urbana. O intervalo de tempo entre as análises pode ser definido conforme as características de cada região, sendo reduzido ou ampliado.

A utilização de imagens de forma periódica além de auxiliar nas políticas de manutenção e atualização de Bases Cartográficas fornece importantes subsídios para as políticas de planejamento urbano, principalmente na elaboração de planos diretores municipais; imagens de datas diferentes também registram todo o desenvolvimento histórico da região imageada, possuindo assim uma série histórica do desenvolvimento humano na região.

Geralmente quando as políticas de manutenção e atualização das Bases Cartográficas não são bem definidas ou executadas, torna-se necessária a elaboração de novas Bases Cartográficas de tempos em tempos, gerando assim elevados custos além de conviver com Bases Cartográficas desatualizadas por certos períodos.

Em muitos casos o emprego do termo atualização da Base Cartográfica é utilizado de forma errônea, pois o objeto resultante desta “atualização” será uma Base Cartográfica totalmente nova.

“As empresas de aerolevanteamento, normalmente, não são contratadas para a execução de atualizações cartográficas, que poderiam utilizar um mapeamento anterior (desatualizado) e/ou novas fontes de informação, como por exemplo, fotografias aéreas recentes, imagens de satélite e levantamentos topográficos. Na realidade, por falta de metodologias adequadas, implementadas nas empresas, executa-se um novo aerolevanteamento, fato este que pode inviabilizar essa atividade pelo alto custo.” AMORIM (2000)

O processo de “atualização” da Base Cartográfica através de substituição da antiga base por uma totalmente nova geralmente torna-se uma tarefa árdua em *software* de SIG, pois os objetos geométricos que compõem a base em *software* de SIG possuem atributos associados que devem ser repassados aos novos objetos.

Geralmente o processo de associação dos atributos aos objetos geométricos é feito de forma manual e visual, sendo o usuário responsável por identificar os objetos e associá-los aos atributos.

Pode-se concluir que a “atualização” através da substituição da Base Cartográfica antiga por uma totalmente nova em *software* de SIG é basicamente o início de todos os trabalhos partindo do ponto “zero”, portanto torna-se aconselhável que as políticas de manutenção e atualização sejam elaboradas e executadas de forma rigorosa para que não haja a necessidade de re-trabalhos futuros.

3.4. Estruturação Topológica da Base Cartográfica

“Denota-se por *topologia* a estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade, pertinência) que podem se estabelecer entre objetos geográficos.” CÂMARA (1995)

A elaboração de uma Base Cartográfica digital diretamente na fonte sem a conversão de documentos analógicos não indica que esta base está adequada para aplicações em *software* de SIG, pois muitas bases digitais ainda são elaboradas sem os devidos cuidados com a estruturação topológica.

“...as estruturas vetoriais necessitam de cuidados especiais para serem utilizadas em um SIG, ou seja, a simples conversão de documentos cartográficos do meio analógico para o digital não é suficiente para a sua utilização em aplicações mais complexas em que se pretenda, por exemplo, cruzar informações, construir mapas temáticos derivados, etc.”. NERO (2000)

A estrutura descrita neste trabalho somente abordará objetos vetoriais, isto é, objetos geométricos representados através de um sistema cartesiano, abscissas e ordenadas; os objetos matriciais³⁷, também podem ser utilizados em *software* de SIG, mas este trabalho não contemplará suas estruturas.

Erros como conectividade, descontinuidade de objetos, excesso de vértices, erros de fechamento, erros de representação e outros mais, ainda são comuns na maioria das Bases Cartográficas digitais, pois são elaboradas na maioria das vezes somente com a intenção de uso em *software* de CAD, que geralmente priorizam a análise dos dados de forma visual através do usuário.

Os *software* de SIG por sua vez, geralmente priorizam a análise dos dados de forma computacional, analisando os objetos, seus atributos e outros objetos espaciais que se inter-relacionam.

Analisando a Figura 3.9 e a Figura 3.10, podem-se constatar visualmente as diferenças (círculos em vermelho) de representação da Base Cartográfica digital entre os *software* de CAD e SIG, sendo que tais diferenças são estruturais, o que poderá causar análises equivocadas.

³⁷ Objetos Matriciais: Objeto representado através de imagem formada pela composição de uma unidade mínima de dimensão uniforme denominada pixel, que define a resolução da imagem.

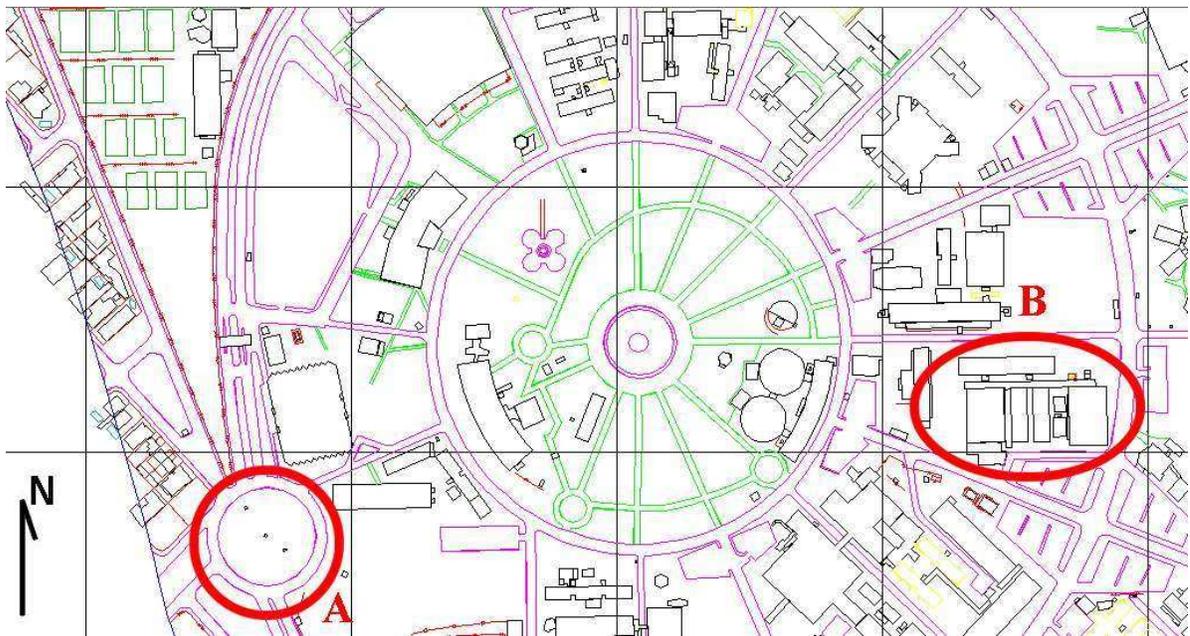


Figura 3.9 : Base Cartográfica digital da Unicamp representada por *software* de CAD.

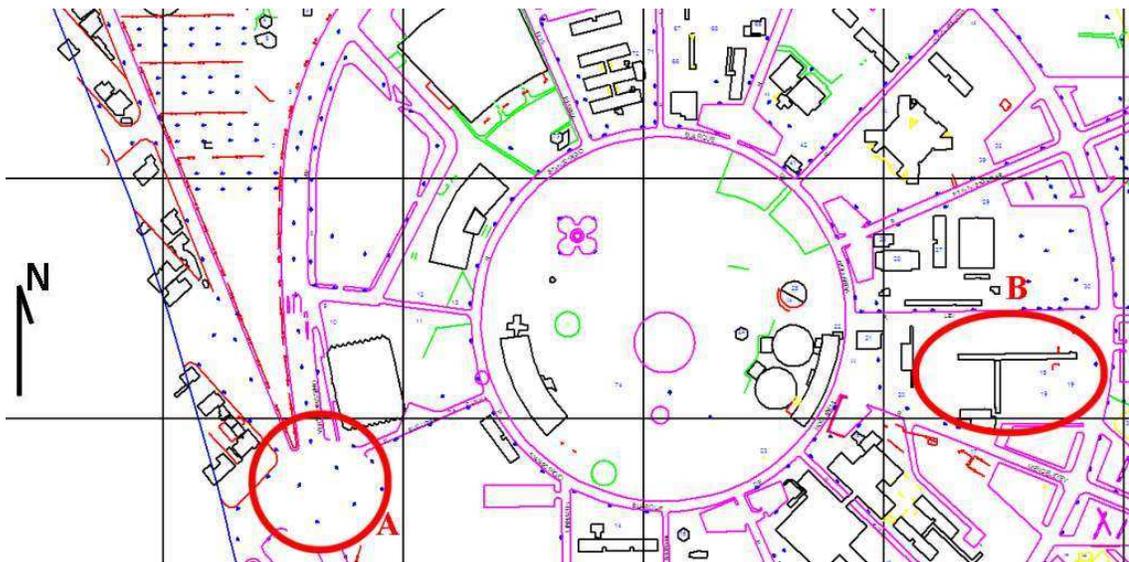


Figura 3.10 : Base Cartográfica digital da Unicamp representada por *software* de SIG.

Estas diferenças são causadas pela não estruturação topológica (modelagem) do arquivo digital, que mesmo sendo elaborado diretamente de forma digital através de restituição aerofotogramétrica ou através de outra ferramenta digital prioriza somente a aparência dos entes cartográficos.

Algumas bases cartográficas digitais ainda utilizam o conceito de erro de graficismo, isto é, elementos representados analogicamente com dimensões inferiores a 0,2mm não são visualizados pelo olho humano e, portanto admissíveis; é calculado multiplicando-se a escala de impressão da Base Cartográfica por 0,2 mm, desta forma qualquer elemento com dimensões inferiores ao valor calculado torna-se inegível ao olho humano, ex: uma Base Cartográfica na escala de impressão 1:10000 tem um erro de medição gráfica admissível de 2 m.

Os *software* de SIG geralmente utilizam objetos geométricos simples enquanto que os *software* de CAD possuem diversos tipos de objetos geométricos, dos mais simples aos mais complexos. A utilização de objetos complexos em bases cartográficas digitais pode resultar em interpretações equivocadas por parte dos *software* de SIG e, ou, dados poderão ser perdidos como acontece na Figura 3.9 e Figura 3.10.

As Bases Cartográficas digitais devem possuir somente objetos geométricos simples como, por exemplo: Pontos, Linhas, Linhas poligonais, Polígonos, Círculos, Arcos e Textos³⁸.

A Figura 3.11 ilustra os tipos de objetos geométricos utilizados pelo *Oracle Spatial 10g*, sinalizando com pontos negros os vértices armazenados.

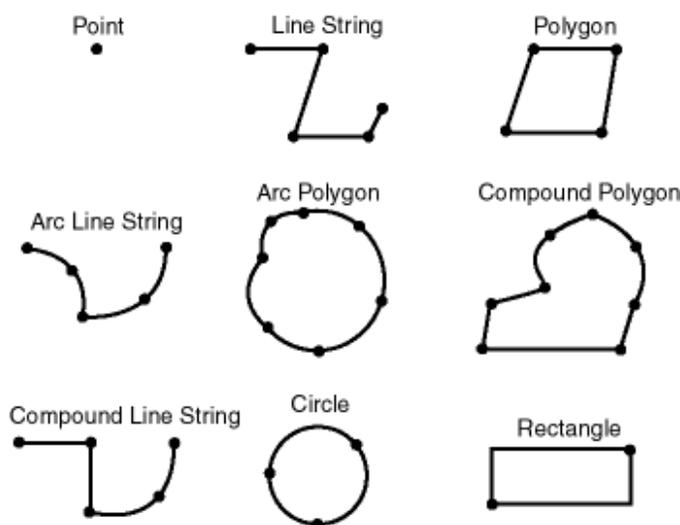


Figura 3.11 : Tipos de geometrias do Oracle Spatial 10g. Fonte: Oracle (2005).

³⁸ Textos: Aconselha-se utilizar somente textos formatados de forma simples e com estilos de fonte usuais como, por exemplo: Arial, Times New Roman, TXT, Simplex.

As bases cartográficas digitais que utilizam somente objetos geométricos simples geralmente tornam-se multiplataformas, isto é, são interpretadas da mesma forma em qualquer *software* de CAD ou de SIG; a utilização de arquivos digitais no formato padrão *Drawing eXchange Format - DXF* versão 12, pode auxiliar na compatibilidade entre os *software* de CAD e de SIG.

Os tipos geométricos dos objetos e suas inter-relações espaciais são essenciais na estrutura topológica de uma Base Cartográfica digital, mas somente pode-se dizer que houve uma estruturação topológica correta se os atributos referentes às feições cartográficas forem modelados adequadamente.

A associação de inúmeros atributos diretamente aos objetos geométricos das feições pode comprometer seriamente a estrutura do banco de dados do *software* de SIG, transformando em alguns casos a estrutura relacional³⁹ em estrutura “*flat*”⁴⁰, comprometendo assim recursos de armazenamento e processamento.

É conveniente associar-se as feições cartográficas o mínimo possível de atributos, utilizando-se em contra partida identificadores que serão responsáveis pelos inter-relacionamentos dos dados gráficos e não gráficos. Um exemplo comum, é a utilização de um identificador para associar os dados referentes aos proprietários (dados não gráficos) a representação cartográfica de suas respectivas parcelas imobiliárias (dados gráficos).

³⁹ Estrutura relacional: Composta por uma série de tabelas que possuem a propriedade de relacionamento entre elas, sendo este relacionamento efetuado por operações matemáticas e lógicas utilizando registros em comuns; desenvolvido por Edgar Frank Codd em 1970.

⁴⁰ Estrutura “*flat*”: Composta por tabelas individuais que não possuem a propriedade de relacionamento, onde cada registro possui o número de campos fixo que permanece ocupando espaço de armazenamento, mesmo quando vazio; esta estrutura é à base das planilhas eletrônicas.

3.4.1. Critérios de representação

As feições do mundo real que são representadas cartograficamente através de objetos geométricos vetoriais necessitam seguir alguns critérios para que suas feições cartográficas sejam modeladas de forma racional com exatidão e precisão.

A modelagem de uma Base Cartográfica digital conforme certos critérios pode resultar em uma base “ideal”, ou seja, aquela que supre todas as necessidades do usuário consumindo o mínimo de recursos.

Serão apresentados alguns critérios que são fundamentais na elaboração de uma Base Cartográfica digital, principalmente nas utilizadas em *software* de SIG.

3.4.1.1. Conectividade

A conectividade é a interligação de objetos geométricos através de nós, indispensável a qualquer sistema que utilize análise de rede. Os objetos geométricos que compõem uma rede devem necessariamente possuir nós em ambas as extremidades, sendo estes objetos responsáveis por representarem apenas os trechos da rede e os nós responsáveis pelo caminhamento (direção) da rede.

Os nós são necessários sempre que houver interligações ou derivações da rede, pois são responsáveis por indicar as mudanças de direção, em alguns casos específicos podem-se usar nós em trechos onde não exista a possibilidade de mudança de direção o que poderá mudar são as características qualitativas ou quantitativas da rede. Como exemplo, pode-se citar a utilização de um nó em um ponto retilíneo sem intersecções de uma via onde ocorre a mudança da velocidade de tráfego, gerando assim dois objetos geométricos interligados por um nó.

Através da Figura 3.12 pode-se perceber a utilização dos nós de interligação para ambas as redes (viária e hidrográfica), geralmente os nós são utilizados somente entre os objetos do mesmo plano de informação, isto é, geralmente não existem nós de interligação entre planos de informações diferentes.

A utilização de nós interligando planos de informação diferentes só acontece em casos específicos como, por exemplo, uma rede de transporte de carga onde poderá haver a mudança de modal de transporte ou a utilização de balsas interligando dois portos.

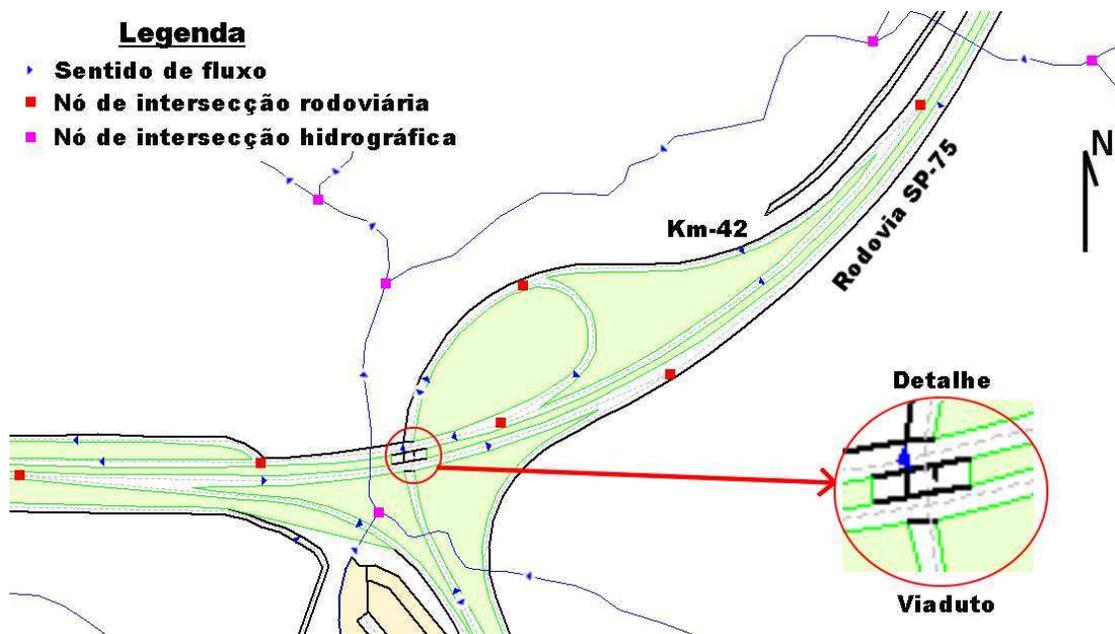


Figura 3.12 : Rede viária e rede hidrográfica com seus respectivos nós.

Quando existe o cruzamento entre dois ou mais objetos em níveis (alturas) diferentes e não ocorre o inter-relacionamento entre estes objetos não se devem utilizar nós de interligação, pois resultaria em uma modelagem errônea; o detalhe da Figura 3.12 ilustra exatamente este caso, com o cruzamento de vias em níveis diferentes através de um viaduto.

A definição errônea de um nó ou trecho pode resultar na interrupção da análise da rede ou indicar caminhos falsos, como por exemplo, a conversão de um veículo em determinado logradouro que na realidade não permite tal conversão.

Através da modelagem dos trechos e dos nós é possível representar com exatidão as feições do mundo real bem como suas características de direção, fazendo com que as análises de rede dos *software* de SIG representem exatamente a realidade da rede.

3.4.1.2. Vizinhança

A relação de vizinhança entre os objetos nos *software* de SIG deve ser rigorosa, pois alguns milímetros entre objetos, sejam sobrepostos ou distantes, podem comprometer as análises espaciais. Objetos vizinhos que necessitam ser adjacentes devem necessariamente possuir lados coincidentes, isto é, vértices de divisa de imóveis com as mesmas coordenadas.

A Figura 3.13 representa uma parcela imobiliária que foi representada com os vértices de divisa diferentes de suas respectivas parcelas vizinhas, gerando assim duas áreas uma sobreposta (vermelha) e outra livre (verde); os vértices 1a e 2a, 1b e 2b, 2c e 3b, 2d e 3a deveriam possuir coordenadas iguais respectivamente, gerando assim vértices coincidentes.

Analisando a área demarcada em vermelho pode-se concluir que qualquer objeto dentro desta área pertence tanto à parcela imobiliária dois quanto a parcela imobiliária três, quando na verdade este objeto deveria pertencer unicamente à parcela três, inversamente acontece com a área verde, onde qualquer objeto dentro da área verde não pertence a nenhuma parcela, quando deveria pertencer a parcela dois.

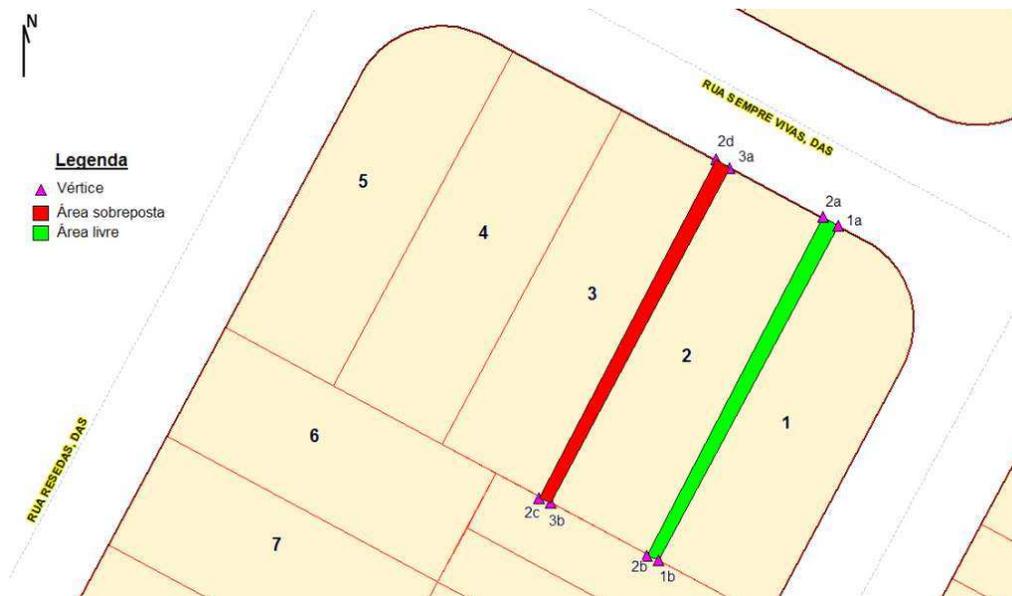


Figura 3.13 : Relação de vizinhança entre parcelas imobiliárias.

Essa desconformidade de vizinhança representada na Figura 3.13 poderia ocorrer em qualquer vértice, por exemplo, se os vértices 2a e 2d, fossem deslocados para dentro dos limites do logradouro a parcela imobiliária deixaria de pertencer completamente ao objeto quadra e passaria a possuir uma proporção dentro do objeto quadra e uma proporção dentro do objeto logradouro.

O princípio da vizinhança ocorre em todas as feições adjacentes (limites de países, estados, municípios, distritos, bairros, áreas de atuação, zoneamento urbano, etc.) por isso deve-se tomar as devidas precauções para que não ocorram falhas acidentais de vizinhança, em alguns casos o princípio de vizinhança pode deixar de existir caso os objetos não necessitem ser rigorosamente adjacentes.

Os *software* de SIG geralmente possuem ferramentas computacionais para identificar e eliminar os erros de vizinhança, mas como todas as ferramentas automatizadas estas também podem acrescentar novos erros na Base Cartográfica, como por exemplo, a criação de um novo objeto geométrico. Alguns *software* também possuem o recurso de informar qual deve ser a precisão da análise, eliminando-se apenas o erro de vizinhança na análise e não nos objetos geométricos.

3.4.1.3. Simplificação cartográfica

Pode-se dizer que a simplificação cartográfica é essencial nas bases cartográficas digitais a serem utilizadas por *software* de SIG, pois muitos elementos de representação cartográfica se tornam desnecessários nos *software* de SIG, como por exemplo, hachuras e linhas compostas por diversos elementos de representação (cerca, alambrado, rede elétrica, cerca de madeira, gasoduto, oleoduto, postes, pv's, etc.).

Geralmente nos *software* de SIG os elementos cartográficos são representados por um único objeto geométrico, sendo este responsável por representar visualmente o elemento cartográfico (dado gráfico) e armazenar dados qualitativos e, ou, quantitativos (dados não gráficos); os objetos geométricos nos *software* de SIG podem possuir diversos estilos de representação, como por exemplo, espessura de linha, cor da linha de contorno, estilo e cor de preenchimento (hachura), rótulo⁴¹, enquanto que os *software* de CAD geralmente necessitam de vários objetos geométricos para representar um elemento cartográfico.

Na Figura 3.14 pode-se observar a simplificação cartográfica dos elementos de uma Base Cartográfica digital e como esta pode prejudicar nas análises visuais, como exemplo, pode-se citar a linha que representa a cerca de arame que é facilmente identificada na representação da esquerda enquanto que na representação da direita (simplificada) é apenas uma linha como outra qualquer, sendo somente identificada através de seu atributo.

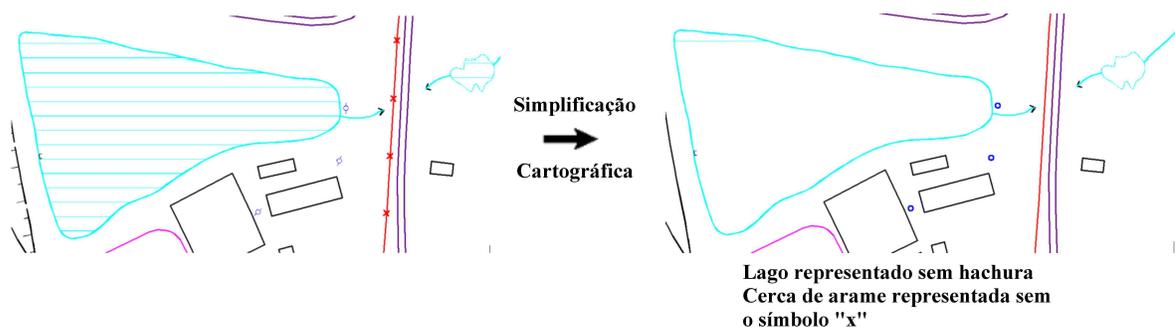


Figura 3.14 : Objetos com representação simplificada.

⁴¹ Rótulo: Elemento de texto vinculado ao atributo que tem como objetivo representar no mapa o dado armazenado.

Mesmo com a possibilidade de influenciar nas análises visuais é aconselhável a simplificação cartográfica das bases que integram os *software* de SIG, pois estes se utilizam de objetos geométricos para realizar suas análises espaciais, sendo assim, quanto maior o número de objetos geométricos na Base Cartográfica maior será o tempo de análise e maiores serão os recursos de *hardware* para utilização do *software*.

O consumo excessivo de tempo e recursos pode não ser o resultado mais prejudicial em bases cartográficas sem simplificação, uma vez que as análises espaciais poderão ter como resultado objetos geométricos que não deveriam existir; um objeto com representação de hachura resulta em dois objetos representando à mesma feição.

É importante que a Base Cartográfica digital seja estruturada (modelada) de forma a atender tanto os *software* de CAD quanto os *software* de SIG, isto é, os objetos geométricos utilizados para “melhorar” a representação das feições devem ser inseridos em planos de informações (*layers*) diferentes dos planos de informações das feições.

Como exemplo pode-se citar o polígono fechado que representa um lago, Figura 3.14, que foi codificado no plano de informação LAGO enquanto que a hachura foi codificada no plano de informação LAGO_HACHURA, sendo assim possível simplificar a Base Cartográfica somente com a subtração de planos de informação.

3.4.1.4. Descontinuidade de objetos

A descontinuidade de objetos ocorre quando um determinado objeto que deveria ser representado de forma individual é representado através da união de ‘n’ objetos, como exemplo pode-se citar a representação de curvas de nível, onde cada curva de nível deveria ser representada por um objeto único do início ao fim.

Geralmente quando um nó interliga somente dois objetos de características idênticas tem-se uma descontinuidade de objeto, isto é, o nó de interligação torna-se “falso” (sem efeito) haja vista que este é desnecessário, pois os dois objetos deveriam ser representados por um único objeto. Em alguns casos a descontinuidade também se apresenta como um pequeno intervalo entre dois nós consecutivos, sendo que os objetos destes também possuem características idênticas.

A Figura 3.15 ilustra uma rede de cursos d’água, demarcando os objetos que deveriam ser representados por um único objeto e seus respectivos nós “falsos”.

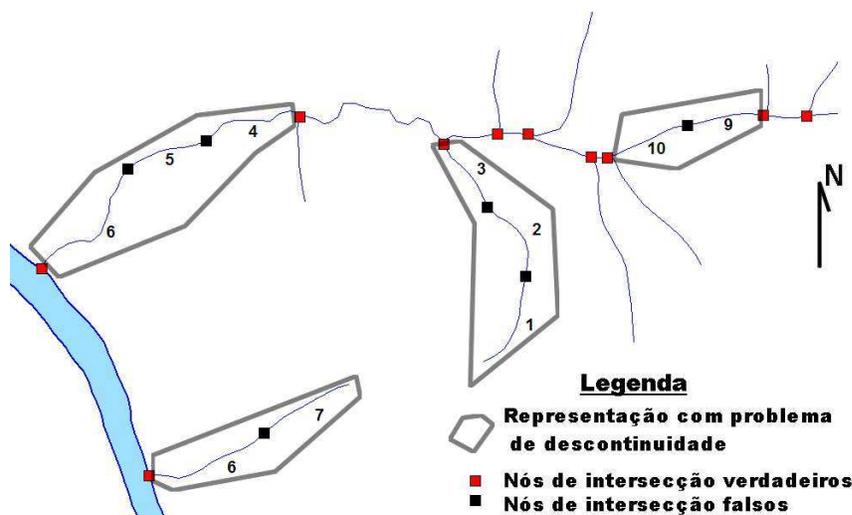


Figura 3.15 : Representação hidrográfica com problema de descontinuidade.

A descontinuidade do objeto também pode alterar o resultado de algumas análises espaciais, como por exemplo, na determinação do número de intersecções viárias de determinada rodovia, onde cada nó representa uma intersecção, análises que utilizem áreas e perímetros também poderão ser afetadas.

Em *software* de SIG onde são necessárias várias análises de rede o erro de descontinuidade poderá consumir recursos importantes no processamento dos dados, pois mesmo o nó sendo “falso” ele é válido e necessário para o processamento.

Entre as ferramentas computacionais automatizadas que tratam de estruturas topológicas talvez as mais eficientes sejam aquelas que corrijam os erros de descontinuidade de objetos.

3.4.1.5. Excesso de vértices no objeto

Os excessos de vértices nos objetos podem resultar no consumo excessivo de recursos de armazenamento e processamento, inviabilizando em alguns casos a utilização de determinado *hardware*, sendo assim é recomendável que as bases cartográficas digitais possuam sempre objetos representados com o mínimo de vértices possíveis.

A Figura 3.16 ilustra o número de vértices (quadrados em azul) utilizados para representar determinados objetos, pode-se notar que para representar um determinado círculo foram utilizados trinta e oito vértices sendo que, por exemplo, na estrutura do Oracle Spatial, Figura 3.11, são necessários apenas três vértices para representar o mesmo círculo.

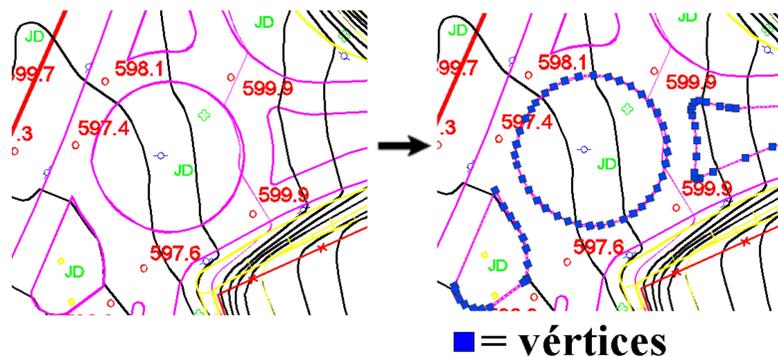


Figura 3.16 : Objeto representado com excesso de vértices.

Extrapolando esta situação aos demais elementos podem-se perceber como é importante possuir uma base com elementos representados com o mínimo de vértices, em alguns casos o excesso de vértices poderá utilizar mais recursos que os dados não gráficos (atributos).

Alguns *software* de CAD e de SIG possuem ferramentas para redução do número de vértices nos objetos, mas estas devem ser utilizadas com cautela, pois a remoção indiscriminada de vértices poderá resultar na alteração da geometria do objeto.

3.4.1.6. Erro de fechamento do objeto

O erro de fechamento do objeto ocorre em linhas de poligonal onde se espera que o vértice inicial do primeiro segmento seja igual ao vértice final do último segmento, mas por algum problema de grafismo isto não ocorre. Desta forma o objeto não poderá ser representado por um polígono e nem possuir área determinada, apenas seu comprimento poderá ser determinado.

Além da indeterminação da área do objeto, também não será possível realizar algumas análises espaciais, como por exemplo, se determinado objeto está contido ou não neste polígono. Esta análise é útil quando se deseja consultar quais edificações estão contidas em determinada parcela imobiliária.

A Figura 3.17 ilustra os principais tipos de erros de fechamento de objeto, sendo que na maioria das vezes estes ocorrem pela falta de qualidade ou de atenção do operador responsável pela elaboração da Base Cartográfica digital.

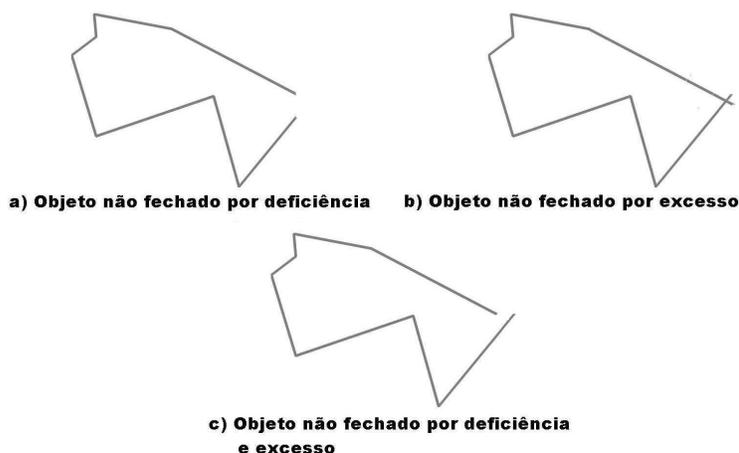


Figura 3.17 : Tipos de erros de fechamento.

As atuais ferramentas computacionais permitem em grande parte a eliminação dos erros de fechamento de linhas poligonais de forma automatizada, mas este processo requer cuidados especiais, pois poderá resultar em um polígono ou linha poligonal diferente da desejada.

Geralmente as ferramentas computacionais realizam o fechamento da linha poligonal através da inserção de um novo segmento, segmento este que liga o vértice final ao vértice inicial. A Figura 3.18 ilustra esta técnica sobre os erros de fechamento apresentados na Figura 3.17, pode-se notar que todos os objetos fechados diferem do objeto original.

Objetos que possuam erro de fechamento por excesso não poderão ser fechados por ferramentas que realizam o fechamento por inserção de segmento, pois resultariam em objetos cuja linha de delimitação se intersectaria; conforme item “c” da Figura 3.18.

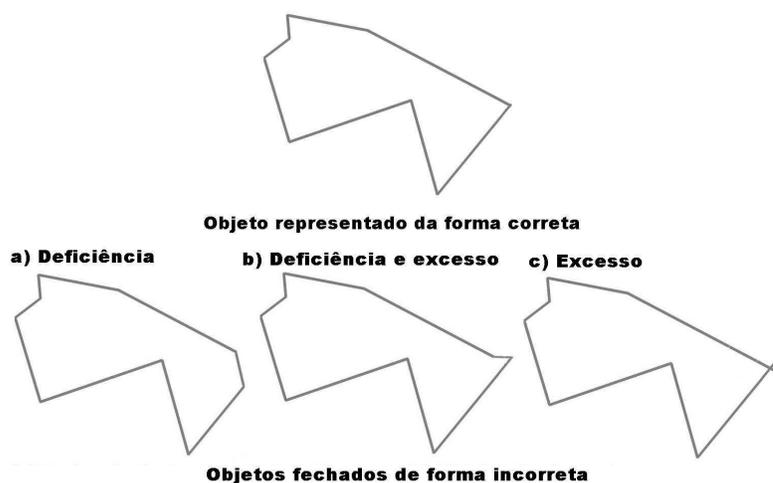


Figura 3.18 : Possíveis erros causados por ferramentas automatizadas.

Outra técnica de fechamento de objetos é o deslocamento do vértice inicial e final sobre os respectivos coeficientes angulares de seus segmentos de forma a se encontrarem e formarem um único vértice.

A utilização de ferramentas automatizadas de fechamento de objetos devem ser semi-automáticas, isto é, cabe ao operador a análise e escolha da melhor técnica para fechamento de cada objeto.

3.4.1.7. Erro de representação do objeto

Pode-se definir como erro de representação do objeto quando determinada feição é digitalizada de forma errônea (acidentalmente ou propositalmente) por outro tipo de objeto gráfico que somente se parece visualmente com o real objeto gráfico que deveria representá-la.

Tais erros somente podem ser detectados nos documentos digitais através das ferramentas computacionais, haja vista que ao olho humano os objetos têm a mesma aparência e assim acabam passando despercebidos nos documentos analógicos.

A Figura 3.19 apresenta três tipos de objetos gráficos que representam à mesma feição (ponto altimétrico), analisando de forma visual não se percebe diferença, mas o comportamento destes tipos de objetos em *software* CAD e SIG são totalmente diferentes.



Figura 3.19 : Tipos de representação que resultam na mesma aparência.

Analisando-se os objetos dos exemplos da Figura 3.19 que representam à feição (ponto altimétrico), pode-se constatar que:

- Exemplo 1: A letra “O” não seria a melhor representação, haja vista que o ponto de coordenadas deste objeto geralmente não está situado no centróide da letra “O” e este objeto tende a ser ampliado ou reduzido nas mudanças de escalas;
- Exemplo 2: O objeto círculo também não seria a melhor representação devido a possuir uma área e portando tendendo a ser ampliado e reduzido nas mudanças de escalas e deformado nas transformações de projeções;

- Exemplo 3: O objeto ponto seria a melhor representação desta feição devido a não ser ampliado e reduzido nas mudanças de escalas e não ser deformado nas transformações de projeções, mantendo-se com sua posição espacial confiável.

O autor constatou durante suas atividades acadêmicas e profissionais em inúmeras bases cartográficas digitais onde a representação de feições (pontos altimétricos) eram idênticas ao exemplo um e dois da Figura 3.19. Também já foram encontrados objetos blocos para representar estas feições que mais tarde descobriu-se tratar de objetos formados por segmentos de linhas com dezenas de vértices.

Em alguns casos o erro de representação pode-ser confundido com o erro de descontinuidade do objeto; como exemplo pode-se citar a utilização de objetos linha para representar feições de construção que geralmente deveriam ser representadas por objetos polígonos.

Percebe-se que geralmente os erros de representação ocorrem por falha na modelagem da Base Cartográfica digital e não no equívoco do operador em representar determinado elemento, resultando assim na representação equivocada de todos os elementos que compõem determinada feição.

3.4.1.8. Erro de plano de informação

O erro de plano de informação do objeto geralmente surge quando determinada feição é representada em outro plano de informação que não condiz com as características desta feição, isto é, o objeto possui tipos de atributos diferentes dos esperados. Como exemplo pode-se citar a inserção errônea de uma edificação no plano de informação de hidrologia, onde os tipos de atributos do objeto gráficos serão: vazão, qualidade, turbidez.

Geralmente os erros de plano de informação têm início nos *software* de CAD, responsáveis pela elaboração das bases cartográficas digitais; o simples fato do operador não ajustar a camada de desenho (*layer*) ao tipo de cada feição faz com que o objeto seja inserido erroneamente, sendo este replicado mais tarde para os *software* de SIG.

A Figura 3.20 ilustra duas feições de edificações que foram inseridas em planos de informações diferentes, resultando assim em tipos de atributos diferentes dos desejados e também comprometendo a análise espacial. Como exemplo pode-se citar uma rotina que analise as parcelas imobiliárias que contem edificações (Figura 3.20), nesta análise não serão inclusas as duas parcelas imobiliárias que contem edificações codificadas em outro plano de informação, pois o *software* se utiliza dos planos de informações para as análises espaciais.

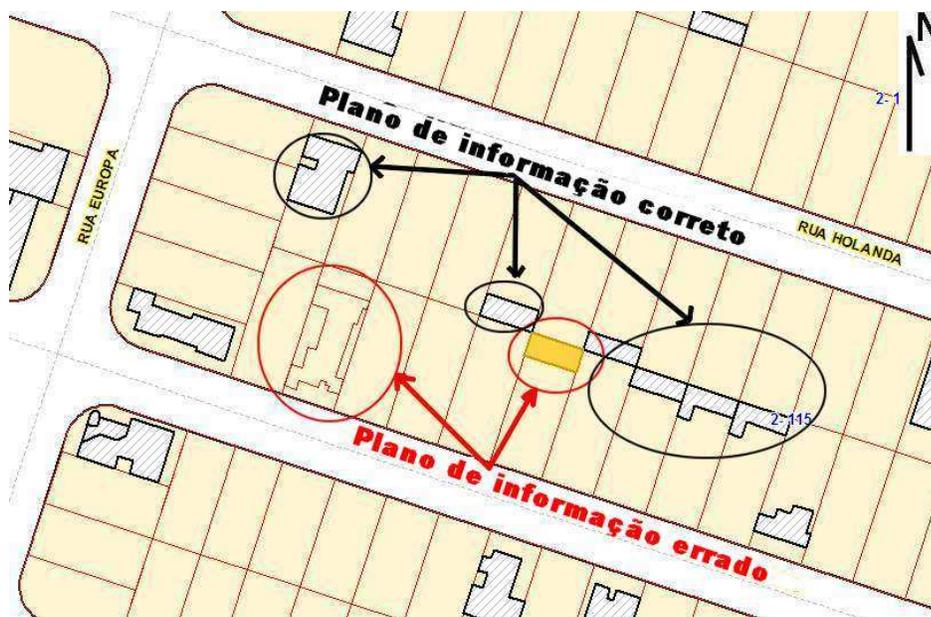


Figura 3.20 : Erro de plano de informação da feição edificação.

Os erros de plano de informação também podem ocorrer nos *software* de SIG, onde são comuns as análises espaciais que resultem em novos objetos gráficos, estes por sua vez devem em alguns casos serem armazenados em outros planos de informação.

A correção do plano de informação dos objetos geralmente é morosa, pois a análise é manual e visual, principalmente em planos de informações que possuam diversos tipos de objetos gráficos e não exista uma padronização da forma geométrica destes objetos.

4. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS MUNICIPAL

4.1. Introdução

“Os Sistemas de Informações Geográficas são o conjunto de hardware, software e de procedimentos desenvolvidos para dar suporte à captura, ao gerenciamento, à manipulação, à análise e à representação de dados espaciais referenciados, com o fim de resolver problemas complexos de gerenciamento e planejamento.” FICCDC (1988)

Os primeiros Sistemas de Informações Geográficas datam da década de 60, quando o governo canadense implantou o *CANADIAN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM*, um sistema automatizado para criar um inventário de recursos naturais, cujo objetivo era o planejamento de recursos naturais. Anteriormente, na década de 50, diversas instituições de pesquisas e universidades já desenvolviam estudos e aplicações com o intuito de automatizar o processamento de dados georreferenciados, buscando reduzir os custos de produção e atualização dos dados geográficos.

A partir da década de 80, os Sistemas de Informações Geográficas se difundiram e se popularizaram devidos os avanços da eletrônica e da informática que permitiram a redução dos custos de *hardware* e a criação de novos *software* com funções de análise espacial.

Atualmente, pode-se dizer que existem inúmeros Sistemas de Informações Geográficas implantados que buscam gerenciar e analisar os mais diversos tipos de dados e informações espaciais, utilizando-se de vários tipos de plataforma, arquitetura, *software* e metodologias.

CÂMARA (1995) considera a existência de três gerações de Sistemas de Informações Geográficas, Figura 4.1, sendo que a 3ª geração que se iniciou em 1997, ainda permanece até os dias atuais.

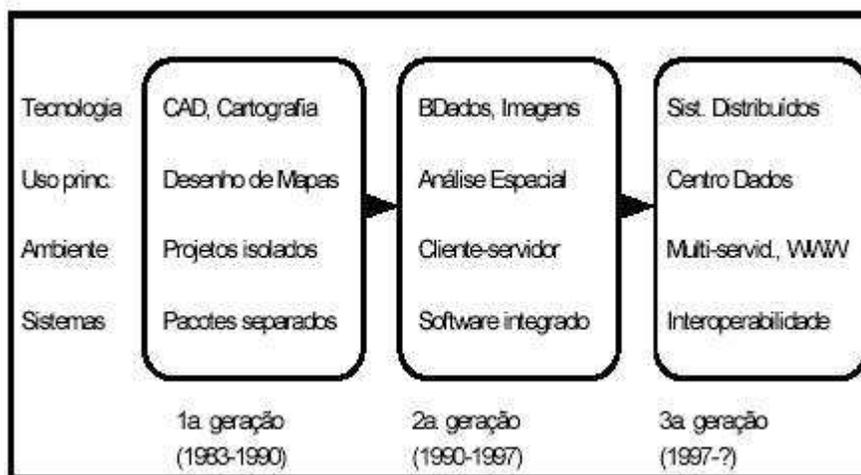


Figura 4.1 : Evolução dos Sistemas de Informações Geográficas, fonte: CÂMARA (1995).

Existem três tipos de arquiteturas de *software* SIG, sendo:

- Arquitetura DUAL ou proprietária: utiliza banco de dados proprietários, SGBD relacionais ou arquivos comuns para armazenar os dados não gráficos e arquivos comuns para armazenar os dados gráficos;
- Arquitetura integrada com campos longos: utiliza SGBD para armazenar os dados não gráficos e gráficos, sendo os dados gráficos armazenados em campos longos (BLOB) que não possuem recursos suficientes para tratamento.
- Arquitetura integrada com extensão espacial: utiliza SGBD Objeto-Relacionais com extensões espaciais para armazenar os dados não gráficos e gráficos, possuindo recursos avançados de tratamento e análise de dados espaciais.

Entre os três tipos, a arquitetura integrada com extensão espacial merece um destaque neste trabalho, pois é a arquitetura que atualmente permite implantar SIGs com melhor confiabilidade, interoperabilidade, segurança e disponibilização de dados espaciais via INTRANET ou INTERNET.

4.2. Arquitetura integrada com extensão espacial

4.2.1. Introdução

“A abordagem integrada assegura uma forte ligação entre dados espaciais e dados não espaciais, reduzindo as dificuldades em manter a integridade. Além disso, os dados espaciais podem se beneficiar das facilidades de segurança, backup e recuperação que os SGBDs relacionais oferecem.”
SILVA (2002)

Os Sistemas de Informações Geográficas que utilizam à arquitetura integrada com extensão espacial armazenam os dados geográficos em SGBDs Objeto-Relacionais que foram estendidos para manipular dados geográficos, sendo assim denominados Sistemas de Banco de Dados Geográficos ou extensões espaciais.

Atualmente as empresas e organizações voltadas ao desenvolvimento de SGBD⁴² buscam integrar extensões espaciais aos seus sistemas, destacando-se: *ORACLE SPATIAL & ORACLE INTERMEDIA LOCATOR* (ORACLE 2005), *IBM DB2 SPATIAL EXTENDER* (IBM 2002a), *INFORMIX SPATIAL DATABLADE MODULE* (IBM 2002b), *POSTGIS* (POSTGIS 2007) e *MYSQL SPATIAL EXTENSIONS* (MYSQL 2007); estas extensões espaciais geralmente possuem além da capacidade de armazenar dados espaciais algumas funções de análise que em alguns casos tornam a extensão um verdadeiro *software* de SIG.

A utilização de Sistemas de Informações Geográficas baseados na arquitetura integrada com extensão espacial representa um avanço nestes sistemas, pois possibilita a interoperabilidade de dados e a elaboração de um banco de dados universal; a interoperabilidade de dados pode ocorrer tanto no acesso as informações espaciais por SIGs distintos como por outras aplicações não espaciais.

⁴² SGBD: Sistema Gerenciador de Banco de Dados, “É um conjunto de software que gerencia a estrutura do banco de dados e controla o acesso aos dados armazenados no mesmo” SILVA (2002)

“O *Oracle Spatial* foi desenvolvido para tornar o gerenciamento de dados espaciais fácil e mais natural para os usuários de aplicações de localização e aplicações de SIG. Uma vez que o dado foi armazenado no banco de dados Oracle, ele pode ser facilmente manipulado, atualizado e relacionado com todos os outros dados armazenados no banco de dados.”
ORACLE (2005)

Resumidamente, pode se dizer que as arquiteturas integradas com extensão espacial armazenam os dados gráficos (objetos espaciais) e os dados não gráficos (objetos alfanuméricos) no mesmo registro, utilizando geralmente um campo específico da tabela para os dados gráficos, conforme representa a Figura 4.2, enquanto que as arquiteturas proprietárias (arquitetura DUAL) de *software* de SIG utilizam um identificador comum para vincular os dados gráficos de um sistema de armazenamento com os dados não gráficos de outro sistema de armazenamento, o que pode causar problemas de integridade especialmente se os dados alfanuméricos forem manipulados por outras aplicações, Figura 4.3.

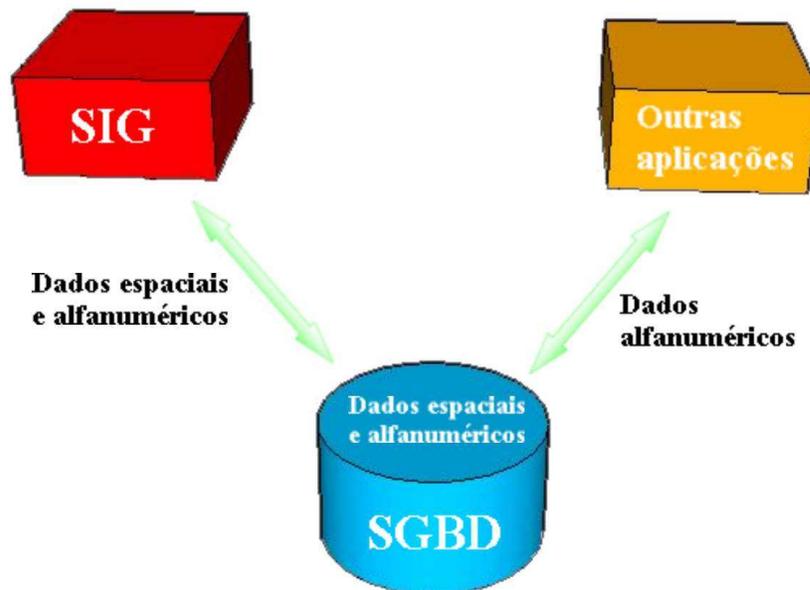


Figura 4.2 : Arquitetura integrada com extensão espacial.



Figura 4.3 : Arquitetura proprietária do *software* de SIG.

A arquitetura integrada com extensão espacial, Figura 4.2, disponibilizada pelo SGBD *ORACLE SPATIAL* ou *ORACLE INTERMEDIA LOCATOR* é estabelecida através de um novo tipo de dado (objeto) que tem a função de armazenar os elementos geométricos, este objeto é o *SDO_GEOMETRY*⁴³.

O novo tipo de dado (objeto) é vinculado à tabela através de um campo de dados que pode ser denominado conforme a preferência do usuário ou do *software* de SIG; a Tabela 4.1 apresenta a utilização deste objeto (em destaque) na estrutura de uma tabela que tem como objetivo representar a feição quadra.

⁴³ *SDO_GEOMETRY*: É capaz de armazenar objetos gráficos com até 524.288 vértices de duas dimensões (X e Y). ORACLE (2005)

Tabela 4.1 : Estrutura dos campos da tabela GeoQuadra.

Nome	Nulo?	Tipo
DISTRITO		NUMBER (4)
ZONA		NUMBER (4)
QUADRA		NUMBER (4)
CODIGO_BAIRRO		NUMBER (4)
MODIFICADO		DATE
RESPONSAVEL		VARCHAR2 (20)
MI_STYLE		VARCHAR2 (254)
MI_PRINX	NOT NULL	NUMBER (11)
GEOLC		MDSYS.SDO_GEOMETRY

Analisando um registro armazenado na tabela GeoQuadra, Tabela 4.2, pode se notar como a extensão espacial trata os dados gráficos (em destaque) e os dados não gráficos de forma conjunta, minimizando desta forma a possibilidade dos dados gráficos serem desvinculados dos dados não gráficos.

Tabela 4.2 : Registro armazenado da tabela GeoQuadra.

<pre> SQL> select * from GEOQUADRA where ZONA=2 and QUADRA=176; 1;2;176;55;28/05/04;GEOSALTO;;1894;SDO_GEOMETRY(2003,82301,DO_P OINT_TYPE(263003.593,7433203.7,NULL),SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1,1003 ,1),SDO_ORDINATE_ARRAY(263020.373,7433256.01,263008.664,7433259 .94,263007.823,7433260.2,263006.973,7433260.4,263006.108,743326 0.54,263005.234,7433260.64,263004.36,7433260.68,263003.485,7433 260.66,263002.611,7433260.59,263001.746,7433260.47,263000.888,7 433260.29,263000.039,7433260.06,262999.214,7433259.78,262998.39 8,7433259.45,262997.614,7433259.07,262996.848,7433258.64,262996 .114,7433258.16,262995.405,7433257.64,262994.737,7433257.08,262 994.102,7433256.47,262993.508,7433255.83,262992.955,7433255.15, 262992.436,7433254.44,262991.974,7433253.7,262991.554,7433252.9 3,262991.183,7433252.14,262990.861,7433251.32,262990.589,743325 0.49,262990.366,7433249.64,262990.201,7433248.78,262990.094,743 3247.91,262990.036,7433247.04,262986.812,7433156.41,263016.489, 7433146.72,263020.373,7433256.01,263020.373,7433256.01)) </pre>
--

Além dos benefícios gerados no armazenamento de dados a arquitetura integrada com extensão espacial possibilita outros recursos que podem ser considerados essenciais aos Sistemas de Informações Geográficas, como por exemplo: controle de acesso, privilégios, rastreabilidade e *backup*.

4.2.2. Backup

Os sistemas informatizados estão sujeitos a diversos problemas de *hardware*, *software* ou operacionais que podem causar perda de dados, por isso a habilidade de restaurar os dados depois de sanado o problema é fundamental.

Na terminologia da informática, *backup* significa a cópia de dados de um dispositivo de armazenamento para outro dispositivo, com o objetivo de recuperar-los futuramente caso seja necessário; a frequência e a extensão do *backup* depende das necessidades e aplicações do sistema, em ambientes onde os dados são modificados diariamente, como por exemplo, em administrações públicas é aconselhável que sejam feitos diariamente.

Podem se destacar dois métodos de *backup*, o *backup off-line* ou a frio (*cold backup*) que é realizado com o banco de dados parado e sem usuários *logados* e o *backup on-line* ou a quente (*hot backup*) que é realizado com o banco de dados aberto e em funcionamento; segundo HOTKA (2003) “quanto maior for o banco de dados, mais devemos considerar o uso do *hot backup*”, banco de dados que necessitam ficar ativos em missão crítica 24 horas por 7 dias também necessitam de *backup* a quente.

Alguns SGBD ainda permitem níveis de *backup* como é caso do ORACLE com os níveis: incremental, cumulativo e completo e o DB2 com os níveis: incremental, delta e completo; segundo HOTKA (2003) o incremental armazena somente alterações nos dados a partir da última exportação incremental ou cumulativa, o cumulativo armazena todas as alterações feitas do cumulativo ou completo da exportação mais recente e o completo armazena todas as alterações feitas a partir da exportação completa anterior.

“A razão para todos esses níveis é o tempo – ele (SGBD) gasta mais tempo para desenvolver a exportação completa que para desenvolver as exportações cumulativa ou incremental.” HOTKA (2003)

Concluindo, pode se dizer que as rotinas de *backup* e recuperação são essenciais a todos os sistemas informatizados, minimizando ou extinguindo a perda de dados, sendo os planos de *backup* desenvolvidos conforme as necessidades das aplicações.

4.3. Considerações sobre o Geoprocessamento aplicado em Salto/SP

4.3.1. Introdução

O sistema de geoprocessamento da prefeitura de Salto/SP começou a ser elaborado em dezembro de 2003, com recursos do PMAT – Programa de Modernização Administrativa e Tributária do BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Social, sendo desenvolvido de forma a se integrar aos *software*, *hardware* e procedimentos utilizados pela prefeitura.

Até então todas as unidades imobiliárias cadastradas na prefeitura eram armazenadas em BICs⁴⁴ analógicos com apenas alguns dados armazenados de forma digital, as plantas de quadra⁴⁵ não existiam e, portanto a única forma de integrar os BICs era utilizando as plantas de loteamento.

Com a implantação do sistema todos os dados analógicos foram transformados para digitais através de digitação e vetorização, em conjunto foram realizados trabalhos de aerofotogrametria, recadastramento de imóveis urbanos e planta genérica de valores – PGV, com o intuito de confrontar e atualizar os dados do cadastro físico territorial; a Tabela 4.3 apresenta os resultados financeiros obtidos com a atualização do cadastro.

⁴⁴ BIC - Boletim de Informações Cadastrais: Folha que contem todas as informações cadastrais de uma unidade imobiliária municipal, como por exemplo: croqui de situação, endereço, nome do proprietário, áreas, valores venais, padrões construtivos, etc.

⁴⁵ Planta de quadra: “Planta integrante do Cadastro Imobiliário Fiscal, na escala 1:1.000 ou 1:500, apresentando, no seu conteúdo básico: o contorno da quadra segundo os alinhamentos de vias de suas faces; os logradouros correspondentes às faces da quadra; os limites dos lotes com as dimensões e a codificação dos lotes;....., podendo conter outros elementos agregados como a projeção da edificação de cada lote,.....” NBR 14166 (ABNT 1998)

Tabela 4.3 : Resultados da implantação do sistema. Fonte: SALTO (2006).

Ano	Imposto Predial e Territorial Urbano - IPTU					Área Construída (m ²)
	Valor lançado	Diferença	Dif. Acum.	IPCA	Dif. anual	
2004	R\$ 7.422.790,08			7,60%		
2005	R\$ 8.344.693,85	R\$ 921.903,77	R\$ 921.903,77	5,69%	12,42%	4.299.795,00
2006	R\$ 13.813.587,37	R\$ 5.468.893,52	R\$ 6.390.797,29	3,14%	65,54%	4.714.332,00
2007	R\$ 14.407.424,60	R\$ 593.837,23	R\$ 6.984.634,52	2,80%*	4,30%	4.879.823,00

* Valor até Agosto de 2007

Atualização do cadastro teve início com a elaboração de uma Base Cartográfica na escala 1:10000, obtida através de restituição aerofotogramétrica de um vôo na escala 1:25000 realizado no ano de 2000, foram elaboradas ortofotocartas e restituídas somente as feições referentes à hipsografia e ao sistema viário. Através dos dados digitalizados e das ortofotocartas foi possível detectar as regiões desatualizadas e elaborar um projeto para a atualização.

Seguindo o projeto de atualização do cadastro físico territorial foram realizados no primeiro semestre de 2005, dois recobrimentos aerofotogramétricos um na escala de vôo 1:25000 (extensão total do município) e outro na escala de vôo 1:5000 (somente área urbana), também se iniciou um trabalho de recadastramento de imóveis urbanos utilizando técnicas de topografia.

Após estes recobrimentos aerofotogramétricos foram elaboradas novas ortofotocartas do município, atualizando assim a Base Cartográfica 1:10000, sendo estas atualizações efetuadas através de mono restituição. Também foram adicionadas através de aereorestituição as feições hipsométricas, a base também passou por uma transformação de datum, pois a antiga era referenciada ao SAD69 e a atual ao SIRGAS 2000.

Os produtos referentes ao vôo 1:5000 estão em fase de elaboração e espera-se os seguintes produtos: ortofotocartas na escala 1:1000, aereorestituição das feições com hipsometria, sistema viário, faces de quadras e estar referenciada ao datum SIRGAS 2000.

No segundo semestre de 2006, os trabalhos de recadastramento de imóveis urbanos “*in-loco*” foram concluídos, permitindo o município ter todos os imóveis medidos e representados individualmente ou na Base Cartográfica de forma digital.

A Base Cartográfica de Salto/SP quando concluída totalmente contará com a associação de diversos trabalhos de mapeamento, conforme ilustrado na Figura 3.2, e possuirá um sistema de atualização periódica, realizado através de levantamentos topográficos; também estão previstos recobrimentos aerofotogramétricos a cada cinco anos aproximadamente e um imageamento por Sensoriamento Remoto através de sensores orbitais de alto poder de resolução por ano⁴⁶ nas rotinas de atualização.

A Base Cartográfica de Salto/SP foi elaborada basicamente através de levantamentos aerofotogramétricos, sendo o município totalmente recoberto na escala de vôo 1:25000, e parcialmente na escala de vôo 1:5000 (somente área urbana).

Somente percebe-se o quanto é carente de mapeamento este país quando se analisa uma Base Cartográfica na escala 1:1000 (PEC de 0,30 m), pois, por mais detalhada que seja sempre falta alguma informação cartográfica não mapeada, como por exemplo: sinalização vertical e horizontal.

Atualmente o sistema de geoprocessamento é composto por servidores centrais que são responsáveis por armazenar e gerenciar todos os dados municipais (gráficos e não gráficos), o SGBD utilizado é o Oracle 9i com a extensão espacial *InterMEDIA LOCATOR*; os servidores podem disponibilizar os dados via intranet ou via internet.

Conectado ao SGBD com extensão espacial estão duas estações SIGs equipadas com o *software* MapInfo Professional 7.5 SCP, que são responsáveis por gerenciar, atualizar, analisar e distribuir os dados espaciais municipais; os dados espaciais distribuídos na intranet são visualizados através do *software* MapInfo PROVIEWER 8.0 que é de uso livre.

⁴⁶ Devido à pequena extensão territorial do município de Salto/SP, aproximadamente 134 km², o custo do imageamento por Sensoriamento Remoto se torna economicamente viável a administração pública se comparado aos benefícios gerados por esse trabalho.

As estações SIGs operam de forma “multiusuário” permitindo que os dados (gráficos e não gráficos) alterados em uma estação sejam automaticamente atualizados nas outras estações de trabalho, além de possuir um sistema de controle de acesso por nível de usuário e um sistema de rastreabilidade que armazena instantaneamente uma cópia dos dados (gráficos e não gráficos) alterados com a respectiva data e nome do responsável pela alteração; o número de estações SIGs operantes pode ser acrescido conforme a necessidade, sendo necessário apenas à aquisição de mais licenças de uso do MapInfo Professional.

Outros sistemas e aplicativos municipais compartilham do mesmo SGBD permitindo o intercambio de dados não gráficos entre as estações SIGs e estes outros sistemas, como por exemplo: sistema de cadastro imobiliário e mobiliário.

Além dos sistemas, aplicativos, dados e informações de uso restrito da administração pública, o sistema de geoprocessamento também contempla um servidor de mapas via internet que é de livre acesso a qualquer usuário conectado a internet, este servidor mantém uma cópia atualizada dos dados públicos de livre acesso, como por exemplo: mapa do município, localização das escolas, unidades de saúde, localização das unidades imobiliárias, valores venais, etc. A Figura 4.4 representa a estrutura do sistema de computadores que integra o sistema de geoprocessamento.

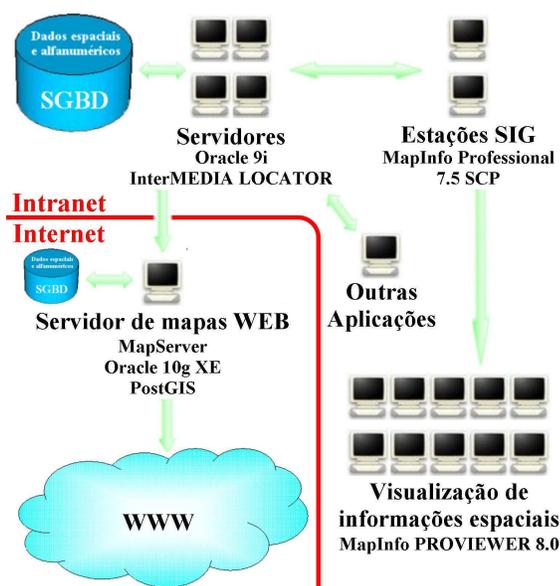


Figura 4.4 : Estrutura do sistema de computadores.

O servidor de mapas via web da prefeitura utiliza a plataforma MapServer (MAPSERVER 2007) e tem como objetivo disponibilizar dados e informações espaciais referentes ao município, o servidor de mapas é de livre acesso e pode ser encontrado no site da prefeitura como GEOSALTO, <http://www.salto.sp.gov.br>; o sistema teve início em março de 2006 e tem em média quinze acessos dia.

Através do sistema também é possível acessar os dados imobiliários de cada unidade cadastrada na prefeitura, como por exemplo: área da parcela, área edificada por padrão de construção, endereço, valores venais, IPTU, croqui de implantação e foto da fachada; a Figura 4.5 apresenta algumas informações geográficas do município através do servidor de mapas via web.

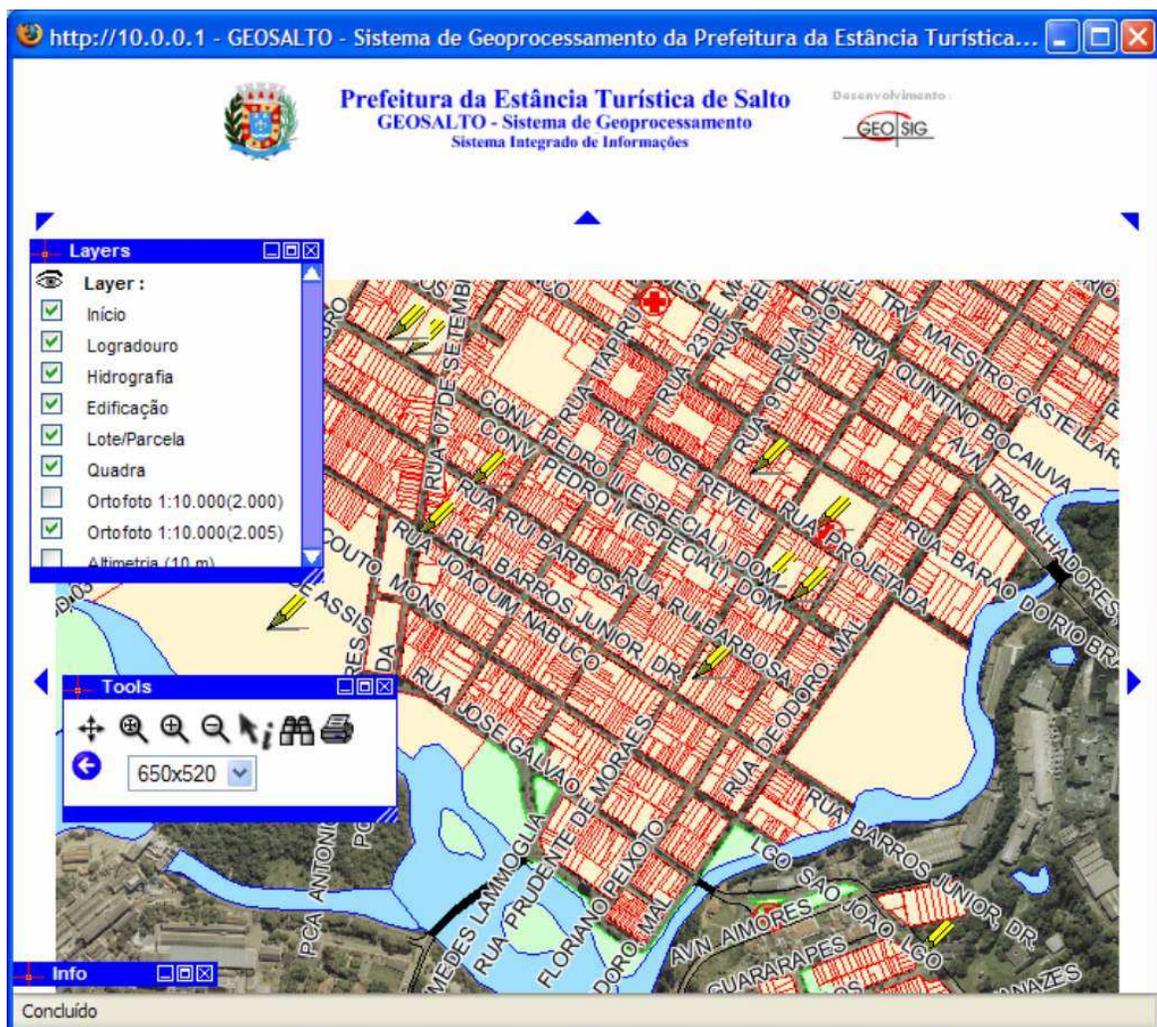


Figura 4.5 : Servidor de mapas via web, fonte: SALTO (2006).

5. ESTUDO DE CASO

5.1. Introdução

O estudo de caso contempla a realização prática deste trabalho demonstrando a implantação de um Sistema de Informações Geográficas Municipal com ênfase cadastral, possibilitando ao gestor público gerenciar os dados e informações municipais de forma espacial com confiabilidade, precisão e exatidão.

Este estudo também visa demonstrar que é possível a implantação de um Sistema de Informações Geográficas Municipal com precisão e exatidão na ordem de aproximadamente 0,10 m em áreas urbanas, mesmo em municípios de pequeno porte onde os recursos financeiros geralmente são escassos.

Procurou-se também encontrar a melhor possibilidade de se implantar um Sistema de Informação Geográfica Municipal utilizando *software* comerciais a um custo reduzido e acessível aos gestores municipais, principalmente para municípios de pequeno porte. A opção de se utilizar *software* comerciais foi atribuída a possível redução dos custos futuros de manutenção e atualização dos *software* e também pela “garantia” da continuidade de desenvolvimento.

A área de estudo abrange a região urbana e de expansão urbana do município de Charqueada/SP⁴⁷, a Figura 5.1 representa a posição geográfica do município em relação a outras cidades; o município possui as seguintes características:

- Extensão territorial : 176 Km² (fonte: IBGE)
- Área urbana : 7,1 Km² (fonte: PREFEITURA)
- Extensão total de ruas : 90 Km (fonte: PREFEITURA)
- N°. de logradouros : 291 unidades (fonte: PREFEITURA)
- N°. de bairros : 54 unidades (fonte: PREFEITURA)
- N°. de imóveis urbanos⁴⁸: 5.468 unidades (fonte: PREFEITURA)

⁴⁷ Charqueada/SP: Cidade do estado de São Paulo situada a aproximadamente 195 Km da capital São Paulo na latitude 22° 30' 53" S, longitude 47° 47' 13" W (SIRGAS 2000) e com altitude média de 582,500 m.

- Área média dos lotes⁴⁹ : 321,00 m² (fonte: PREFEITURA)
- Área média edificada : 122,50 m² (fonte: PREFEITURA)
- Frente média dos lotes⁵⁰ : 11,00 m (fonte: PREFEITURA)
- Relevo : Encontra-se na unidade morfológica da Depressão Periférica Paulista, apresentando formas colinosas, cujos topos tabulares oscilam entre 500 a 600 m de altitude. (fonte: PREFEITURA)
- Clima predominante : Tropical com duas estações bem definidas, sendo um período chuvoso nos primeiros e últimos meses do ano e um período sensivelmente mais seco nos demais meses. (fonte: PREFEITURA)
- Habitantes em 2007 : 14.200 habitantes. (fonte: IBGE)
- Atividades econômicas : Monocultura canavieira, agropecuária, indústrias de pequeno e médio porte, comércio e turismo. (fonte: PREFEITURA)
- Concessionárias : SABESP (água/esgoto), CPFL (energia elétrica), TELEFÔNICA (telefonía). (fonte: PREFEITURA)



Figura 5.1 : Localização de Charqueada/SP em relação a outras cidades do Estado de São Paulo.

⁴⁸ Imóveis urbanos: Considera-se como sendo a parcela territorial contida na área urbana do município, possuindo ou não benfeitorias como, por exemplo: edificações.

⁴⁹ Média adotada considerando se apenas os lotes urbanos com área até 2.000,00 m²

⁵⁰ Média adotada considerando se apenas os lotes urbanos com área até 2.000,00 m²

5.2. Rede de Referência Cadastral

A rede de referência cadastral municipal de Charqueada/SP foi implantada conforme a metodologia discutida anteriormente neste trabalho, com intuito de oferecer apoio geodésico e topográfico a todos os trabalhos de mapeamento realizados no município, principalmente a Base Cartográfica digital utilizada no SIG Municipal.

5.2.1. Planejamento

Iniciou-se o planejamento da rede pela identificação das regiões onde a densidade de ocupação urbana é encontrada de forma mais acentuada, pois a utilização dos marcos nestas regiões é mais freqüente, e também pela identificação de pontos estratégicos para a administração pública, sendo esta identificação elaborada sobre as cartas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo⁵¹ e mapas municipais.

Depois de definida a posição aproximada dos vértices, foram realizadas visitas “*in-loco*” com o intuito de escolher a melhor posição para materialização dos vértices; visando um pré posicionamento e verificação da geometria da rede utilizou-se GPS de navegação e para verificação da visibilidade entre os vértices utilizou-se Estações Totais.

Nestas visitas foi constatada a necessidade de utilização de duas metodologias para obtenção das coordenadas dos vértices denominados marcos geodésicos de apoio imediato, o rastreamento por satélites GPS e poligonais classe I PRC. A adoção da metodologia de poligonização fez-se necessária devido à posição de alguns vértices que “impossibilitaram” a determinação com exatidão e precisão de suas coordenadas através de rastreamento de satélites GPS.

⁵¹ Aerolevanteamento na escala 1:10.000, realizado pela Coordenadoria de Ação Regional em 1979. (SÃO PAULO 1979)

Definida a posição dos marcos geodésicos de apoio imediato fez-se necessária a determinação dos marcos geodésicos de precisão; analisando as cidades vizinhas identificou-se que o vértice integrante do SGB mais próximo é o SAT93510 na cidade de Rio Claro/SP a aproximadamente 30 Km.

De posse desta informação optou-se por seguir as instruções do IBGE (2006b) para homologação de estações estabelecidas por outras instituições e definir assim um novo vértice integrante do SGB dentro da área do município.

Nesta etapa também se procurou identificar as referências de nível do SGB próximas ao município. Em 1986, o IBGE realizou um trabalho de densificação da rede altimétrica, posicionando assim sete RNs dentro dos limites do município, sendo que dois ainda permanecem posicionados.

Ao término da etapa de planejamento a rede de referência cadastral de Charqueada/SP, passou a contar com a seguinte estrutura:

- 1 vértice integrante do SGB, SAT93905, localmente denominado VCH-01;
- 12 marcos de apoio imediato determinados por rastreamento de satélite GPS;
- 73 marcos de apoio imediato determinados por poligonal classe I PRC;
- 509 pontos topográficos determinados por poligonal classe III P (densificação obtida na elaboração da Base Cartográfica);
- 2 referências de nível do SGB, RN 2868E e RN 2868J;
- Vértices com altitude ortométrica referenciada ao SGB.

A Figura 5.2 representa a posição aproximada dos elementos da rede de referência cadastral de Charqueada/SP.

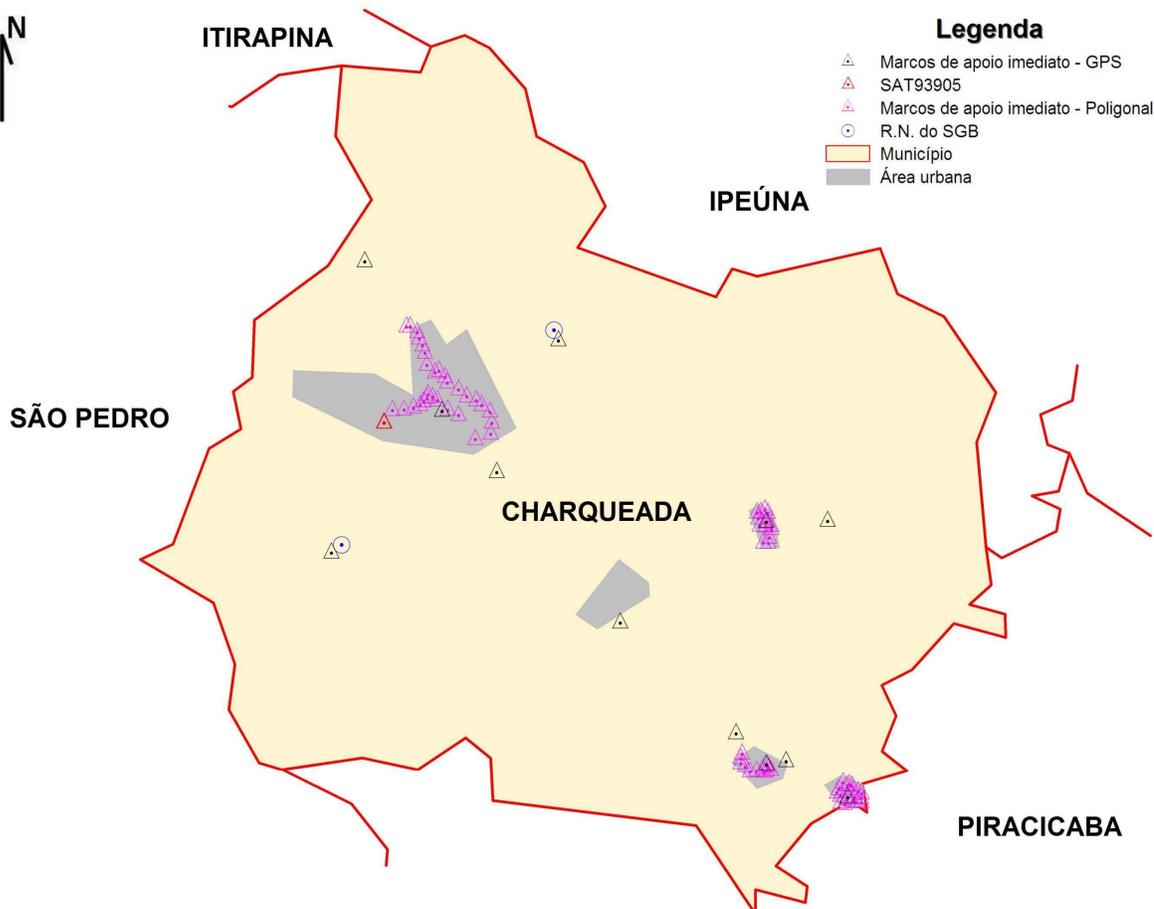


Figura 5.2 : Posição dos elementos da rede de referência cadastral municipal.

5.2.2. Implantação

Todos os vértices da rede foram materializados em estruturas aço-concreto e devidamente identificados com chapa de inox. Em locais onde não foi possível realizar a materialização em estruturas já existentes, como por exemplo, em caixas d'água, foi construída uma estrutura para materialização do vértice; a Figura 5.3 representa o modelo desta estrutura e a Figura 5.4 mostra a materialização desta estrutura.

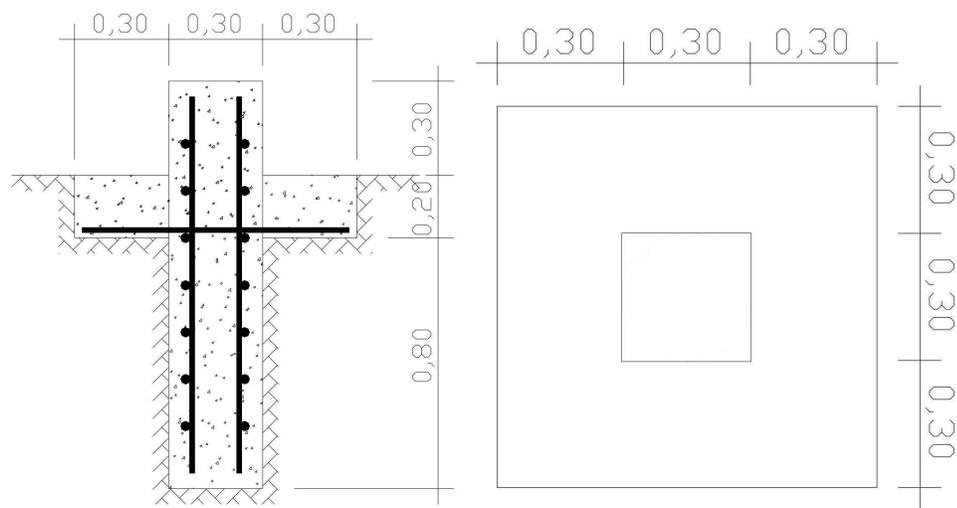


Figura 5.3 : Modelo da estrutura.



Figura 5.4 : Materialização da estrutura.

Para a implantação da chapa de inox seguiram-se os procedimentos:

- Execução de um furo na superfície onde o vértice foi materializado, utilizando uma furadeira acoplada a um gerador elétrico;
- Limpeza da superfície com uma escova de aço para garantir a aderência do adesivo de fixação;
- Aplicação de um adesivo metal/concreto para fixação da chapa de identificação;
- Reforço da fixação da chapa através de rebite;
- Limpeza dos resíduos de adesivo e pintura do entorno da chapa de identificação.

A Figura 5.5 mostra a materialização de um vértice através da implantação da chapa de inox.



Figura 5.5 : Implantação dos vértices.

No caso do vértice VCH-01 que é a origem do Sistema Topográfico Local, foi adotado como estrutura de materialização um pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada incrustado no seu topo, conforme a Padronização de Marcos Geodésicos (IBGE 2006c). Como a etapa de homologação junto ao IBGE foi concluída com êxito este vértice passou a fazer parte do SGB e também recebe a denominação de SAT93905.

A Figura 5.6 mostra o pilar de materialização do vértice VCH-01 (SAT93905) sendo ocupado por uma Estação Total e a Figura 5.7 representa em detalhe o dispositivo de centragem forçada padrão IBGE que foi incrustado no topo do pilar.

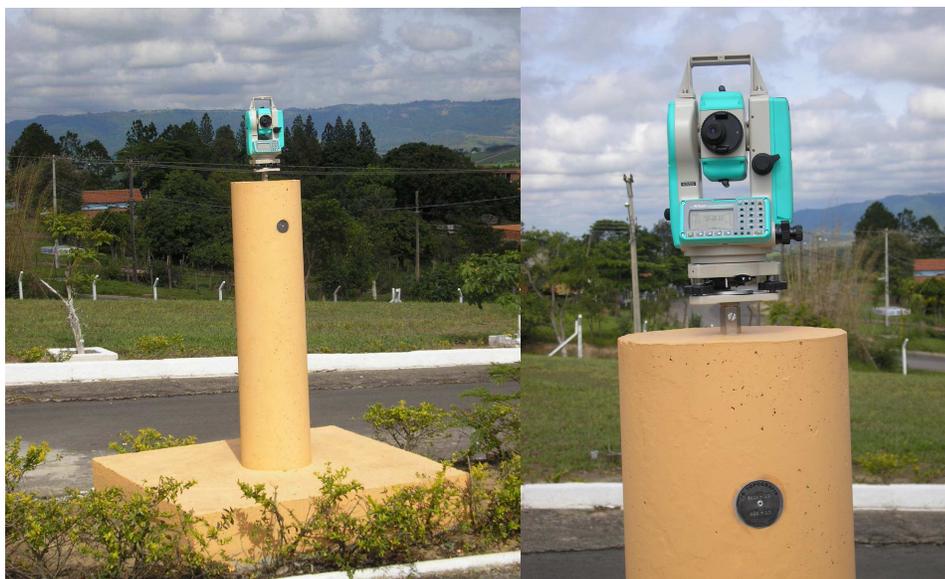


Figura 5.6 : Pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada.



Figura 5.7 : Dispositivo de centragem forçada padrão IBGE.

Nos anexos estão ilustradas com fotos todas as etapas de materialização dos vértices, inclusive o relatório que solicitou a homologação do vértice VCH-01 ao SGB.

5.2.3. Determinação das coordenadas

A determinação das coordenadas envolveu duas fases distintas: a) determinação das coordenadas através de rastreamento de satélites GPS; b) determinação por Topografia Clássica. Os desvios-padrão e as coordenadas ajustadas foram transcritas para as monografias dos vértices e podem ser encontrados no anexo deste trabalho.

5.2.3.1. Determinação por rastreamento de satélite GPS

A determinação das coordenadas iniciou-se pela etapa de observação dos dados GPS através do método diferencial estático (medida de fase da portadora), utilizando-se três receptores GPS de dupla frequência e três receptores GPS de mono frequência, operando sempre com no mínimo seis satélites e PDOP melhor que três; foram realizadas no mínimo três sessões de duração mínima de uma hora por vértice, sempre resolvendo a ambigüidade.

As observações ocorreram nos dias 21, 22 e 23 de novembro de 2006, entre as 7:00 e as 22:30, e foram divididas em dois grupos: transporte das coordenadas do SGB para o município e rede de referência cadastral municipal. Utilizando-se dos seguintes equipamentos:

- 2 receptores GPS TOPCON HIPER GD tipo L1/L2;
- 1 receptor GPS SOKKIA GRS-2600 tipo L1/L2;
- 3 receptores GPS EPOCH 10 tipo L1.

Para o transporte das coordenadas do SGB para o município foram utilizados três receptores de dupla frequência, operando sempre nas frequências L1 e L2 do sistema GPS por no mínimo nove horas, sendo instalados nos seguintes vértices: SAT93510 (RIO CLARO/SP), VCH-01 (atualmente também SAT93905) e VCH-05. Na etapa de processamento foram

inseridos outros dois vértices do SGB, o SAT91105 (RBMC PARA, Curitiba/PR) e o SAT93529 (Monitoramento contínuo da empresa Santiago & Cintra, São Paulo/SP), com o objetivo de minimizar possíveis erros ocorridos na ocupação dos vértices de referência.

No mesmo instante que dois receptores de dupla frequência realizavam a coleta dos dados GPS para o transporte das coordenadas do SGB para o município (vértices VCH-01 e VCH-05), outros três receptores de nono frequência realizavam a coleta dos dados GPS nos vértices da rede de referência cadastral, ocupando assim simultaneamente sempre cinco vértices da rede de referência cadastral. A distância média entre os vértices de cada sessão foi de 5,5 Km, sendo a maior 12 Km e a menor 0,8 Km.

A etapa de processamento e ajuste da rede de referência cadastral também foi dividida em dois grupos como a etapa de observação, sendo utilizado dois *software* comerciais (Topcon Tools e Spectra Precision Survey Office) com o intuito de comparar os resultados, mas ambos apresentaram resultados finais próximos.

O processamento foi realizado sucessivamente sempre analisando e corrigindo quando possível os vetores com possíveis erros grosseiros (*outliers*), buscando assim aumentar a confiabilidade da rede de referência cadastral municipal.

A análise dos resíduos nas observações é uma ferramenta importante na eliminação dos erros grosseiros, pois através dela é possível eliminar apenas algumas componentes ao invés de eliminar toda a observação; é aconselhável que se utilize desta técnica antes de eliminar toda a observação; a Figura 5.8 representa os resíduos do satélite nº. 7 em uma das observações.

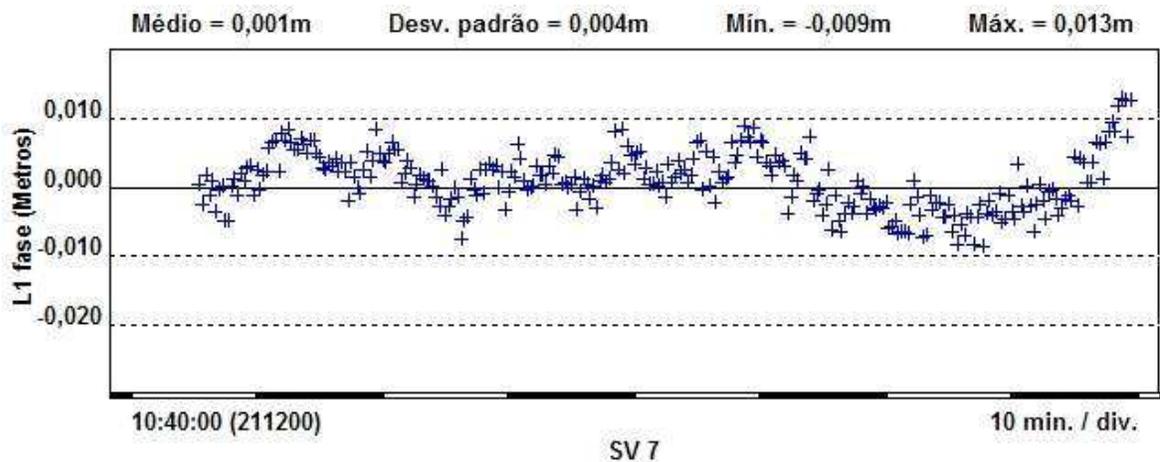


Figura 5.8 : Resíduos do satélite nº. 7 em uma observação.

Para detecção dos erros grosseiros utilizou-se o teste estatístico Tau, analisando as observações com valores de Tau superiores ao valor crítico, adotando assim que todas as observações com valores de Tau superiores ao crítico influem significativamente na rede e portanto devem ser analisadas, corrigidas e em caso de impossibilidade de correção devem ser eliminadas.

“Embora a eliminação de *outliers* seja uma tarefa laboriosa, ela é necessária não só para melhorar a precisão interna da rede, mas, principalmente, para dar maior confiabilidade ao ajustamento, adequando as observações ao modelo estatístico adotado”. RODRIGUES (2002)

A eliminação de observações com possíveis erros grosseiros pode reduzir significativamente o número de observações a serem processadas, por isto, é aconselhável avaliar a influência dos erros detectados e localizados nos resultados da rede.

“Os testes globais, data snooping e tau são bons para as análises pós-ajustamento, detectando e localizando os possíveis erros, porém estes testes não indicam se os erros detectados e localizados são significativamente influentes nos resultados da rede”. SANTOS e SCHAAL (2006)

Além da eliminação dos erros grosseiros a matriz variância covariância – MVC, foi escalonada por um escalar de forma a garantir o nível de confiança 95 % (teste do qui quadrado).

“...diferentes programas de ajustamento podem apresentar diferentes formas para a construção de sua matriz peso, bem como, distintos valores para atribuição do fator de escalonamento da matriz variância covariância”. SANTOS e SCHAAL (2006)

Os procedimentos de eliminação dos erros grosseiros e de escalonamento da MVC foram aplicados nos dois grupos (transporte e rede). Após a efetivação da homologação da estação GPS do SGB no município os grupos foram reprocessados utilizando os mesmos procedimentos, apenas alterando a estrutura da rede de transporte que passou a contar apenas com um polígono formado pelos vértices SAT93510, SAT93905 e VCH-05.

5.2.3.2. Determinação por topografia clássica

A determinação das coordenadas por topografia clássica ocorreu por poligonais classe I PRC, sendo duas do tipo três⁵² e três do tipo dois⁵³, orientadas na saída e chegada por pares de vértices posicionados por rastreamento de satélite GPS.

Nas medições angulares e lineares utilizou-se uma estação total marca Nikon modelo DTM-332, com precisão angular de 5” e linear de $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \cdot D$, realizando leituras conjugadas direta e inversa para os ângulos e leituras recíprocas (vante e ré) para as distâncias sendo os vértices de vante e ré ocupados por dispositivos refletivos (prismas) acoplados a bases nivelantes e tripés.

“A repetição das observações se mostra necessária para garantir o resultado da medição no intuito de eliminar os erros humanos”. MAIA (1999)

Os dados coletados das poligonais foram calculados e corrigidos em *software* específico de topografia (TopoEVN); os erros de levantamento e as respectivas tolerâncias estão representados na Tabela 5.1.

⁵² Poligonal tipo três: Poligonal apoiada e fechada em direção e pontos distintos com desenvolvimento retilíneo. NBR 13.133 (ABNT 1994)

⁵³ Poligonal tipo dois: Poligonal apoiada e fechada em direção e pontos distintos com desenvolvimento curvo. NBR 13.133 (ABNT 1994)

Tabela 5.1 : Resumo das poligonais.

Poligonal	Compr.	N° Vert.	Erro				Tolerância ⁵⁴				Erro relativo
			Ang.	X	Y	Absoluto	Ang.	Linear	Long.	Transv.	
Centro1	2.478,107	12	-24"	-0,021	0,016	0,026	28,1"		0,149	0,234	
Centro2	3.701,596	18	-12"	0,017	-0,068	0,070	34,3"		0,166	0,375	
Luzia	1.516,461	12	-16"	-0,01	0,015	0,018	28,1"	0,156			0,103
Paraiso	1.752,134	14	-11"	-0,024	0,004	0,024	30,3"	0,163			0,093
Recreio	1.362,767	15	-21"	-0,025	0,035	0,043	31,4"	0,152			0,111

“O erro relativo de fechamento linear, após a compensação angular, não define a exatidão da poligonal, sendo necessário apenas para o julgamento das operações de campo, controlando a precisão interna da poligonal, como um indicador da divergência linear relativa no sistema de coordenadas cartesianas, x e y. Somente o erro médio quadrático de posição dos pontos determinados pela poligonal é que define a sua exatidão.” NBR 13.133 (ABNT 1994)

Após os cálculos e as devidas compensações lineares e angulares as coordenadas no sistema topográfico local foram convertidas para coordenadas geodésicas e coordenadas plano-retangulares no sistema UTM, possuindo assim coordenadas em três sistemas de referência; os vértices que tiveram as coordenadas obtidas através de poligonais topográficas não foram ajustados em conjunto com os vértices que tiveram as coordenadas determinadas por rastreamento de satélites GPS.

5.2.4. Oficialização

A documentação para oficialização da rede implantada neste trabalho é basicamente a mesma apresentada no anexo D (Decreto) da NBR 14.166 (ABNT 1998), somente com algumas adequações para a realidade do município.

⁵⁴ Tolerância: Definida conforme item 6.5.7 da NBR 13.133 (ABNT 1994)

A documentação para oficialização da rede conta além do decreto com oitenta e seis marcos monografados conforme Figura 5.9, quinhentos e nove marcos representados em forma de lista com as respectivas coordenadas locais e elipsoidais e uma planta digital contendo a posição de cada elemento topográfico da rede.

Com a oficialização espera-se que todos os trabalhos de mapeamento em território municipal sejam referenciados a rede de referência cadastral municipal, principalmente os mapeamentos realizados por concessionárias de serviços.

As monografias e a lista com os marcos referentes à rede de referência cadastral municipal de Charqueada/SP podem ser encontradas no anexo deste trabalho; até o presente momento de conclusão deste trabalho a administração municipal não havia oficializado a rede, mas segundo informações da própria administração o processo de oficialização está em tramite interno.



Prefeitura do Município de Charqueada

Monografia de Vértices

Vértice : **VCH-03**

Vértices de visada : **VCH-01/VCH-02/V-030**

Data Medição : 21/11/2.006

Data Cálculo : 15/05/2.007

Origem : GPS Geodésico

Coordenadas Geodésicas

SIRGAS 2000* / WGS-84		SAD-69**	
Latitude (ϕ)	22° 29' 07,85731" S	Latitude (ϕ)	22° 29' 06,12478" S
Longitude (λ)	47° 47' 26,13416" W	Longitude (λ)	47° 47' 24,48040" W
Altitude Elipsoidal (h)	667,565 m	Altitude Elipsoidal (h)	674,500 m
UTM (N)	7.510.755,8991 m	UTM (N)	7.510.801,4965 m
UTM (E)	212.862,5790 m	UTM (E)	212.907,8409 m
Altitude Ortométrica (H)	673,425 m	Altitude Ortométrica (H)	673,425 m
Fuso	23	Fuso	23
Meridiano Central	- 45 °	Meridiano Central	- 45 °

Erros médios após ajustamento

δ Latitude (ϕ) 0,005 m δ Longitude (λ) 0,004 m δ Altitude 0,017 m

Coordenadas Plano Topográfico Local

Origem do plano :

Vértice : VCH-01

Latitude (ϕ) = 22° 30' 53,53410" S

Longitude (λ) = 47° 47' 13,70970" W

$\gamma = -1^{\circ} 04' 04,77317''$

K = 1,00061584485

Referência : SIRGAS 2000*

X₀ = 150.000,0000 m

Y₀ = 250.000,0000 m

H₁ = 575,000 m

Coordenada do vértice :

X = 149.644,8115 m

Y = 253.250,9401 m

Altitude Ortométrica (H) =

673,425 m

Descrição

Marco de concreto pintado de branco com altura de 0,30 m, que aflora de uma base de concreto contendo sobre seu topo uma chapa de inox com as inscrições: JB TOPOGRAFIA; OBRA PMCH-01; VÉRTICE VCH-03; PROTEGIDO POR LEI.

Itinerário

O marco encontra-se cravado na área de pastagem da Fazenda Velha, partindo da Praça Antonio D'Alprat vira-se a direita na Rua 1° de Maio e segue-se por 400 m até a Rua Antonio Furlan segue-se por mais 400 m até a Via José Navarretti, onde deve se seguir por esta e passar pelo Distrito Industrial II, na bifurcação deve se manter a direita e seguir por estrada de terra por aproximadamente 2,00 Km, onde se encontrará uma entrada a esquerda de um carreador interno da fazenda que deverá ser seguido até uma cerca de pastagem que está a 30 m do marco.

Foto



Croqui

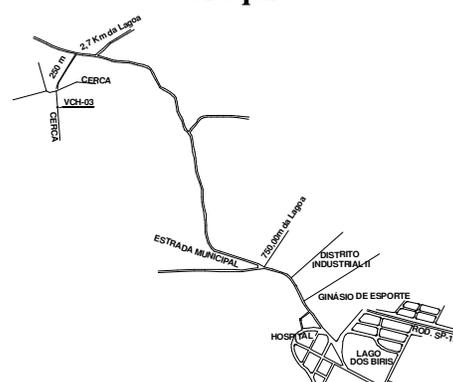


Figura 5.9 : Monografia da rede de referência cadastral municipal.

5.3. Base Cartográfica Digital

“A maioria dos municípios brasileiros, com população variando de 5.000 a 30.000 habitantes, podem elaborar suas Bases Cartográficas pelo método da topografia a densidade demográfica urbana nesses municípios é de 3.500/Km², o que enseja que os mesmos apresentem manchas urbanas entre 2,00 a 12,00 Km².”. COSTA (2001)

A Base Cartográfica de Charqueada/SP começou a ser elaborada no segundo semestre de 2006 através de levantamentos topográficos, sendo estes levantamentos responsáveis por mapear toda a área urbana do município; a área rural não foi contemplada no trabalho, mas pode ser mapeada nos próximos anos através de levantamentos aerofotogramétricos com escala de vôo 1:25000 ou 1:20000 e restituição aerofotogramétrica 1:10000 ou 1:5000.

A elaboração da Base Cartográfica foi dividida em três fases: a) levantamentos de campo (coleta de dados); b) processamento e desenho digital (tratamento e armazenagem; c) análise dos resultados (análise).

5.3.1. Levantamentos de campo

Os levantamentos de campo foram elaborados utilizando uma Estação Total marca Nikon modelo DTM-332 com precisão angular de 5” e linear de $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \cdot D$ com coletor de dados interno para 10.000 pontos e a equipe de levantamento foi composta por um operador e um auxiliar de campo.

Para elaboração dos levantamentos topográficos foi adotada a classe I PAC da NBR 13.133 (ABNT 1994), realizando primeiramente a implantação (materialização) de todas as estações topográficas (vértices), somente após esta etapa foram elaborados os levantamentos topográficos.

As estações topográficas foram materializadas através de chapas de inox fixadas geralmente sobre as guias do sistema viário, os procedimentos para implantação da chapa de inox foram os mesmos descritos anteriormente, Figura 5.5; o trabalho de implantação das chapas de inox consumiu aproximadamente trinta dias de trabalho⁵⁵ da equipe de levantamento.

Os dados dos levantamentos foram armazenados automaticamente pela Estação Total através do coletor de dados interno, sendo armazenados os seguintes dados referentes a cada ponto irradiado: número da estação, número do ponto visado, código da descrição, altura do aparelho, altura do sinal (prisma), ângulo horizontal, ângulo vertical, distância inclinada e hora da coleta; a coleta da hora de cadastro é importante para futuras análises de desempenho e para a determinação do intervalo das interrupções não programadas como, por exemplo: chuva e termino da carga da bateria, a Figura 5.10 representa o desempenho da equipe de topografia no dia 18/10/2006.

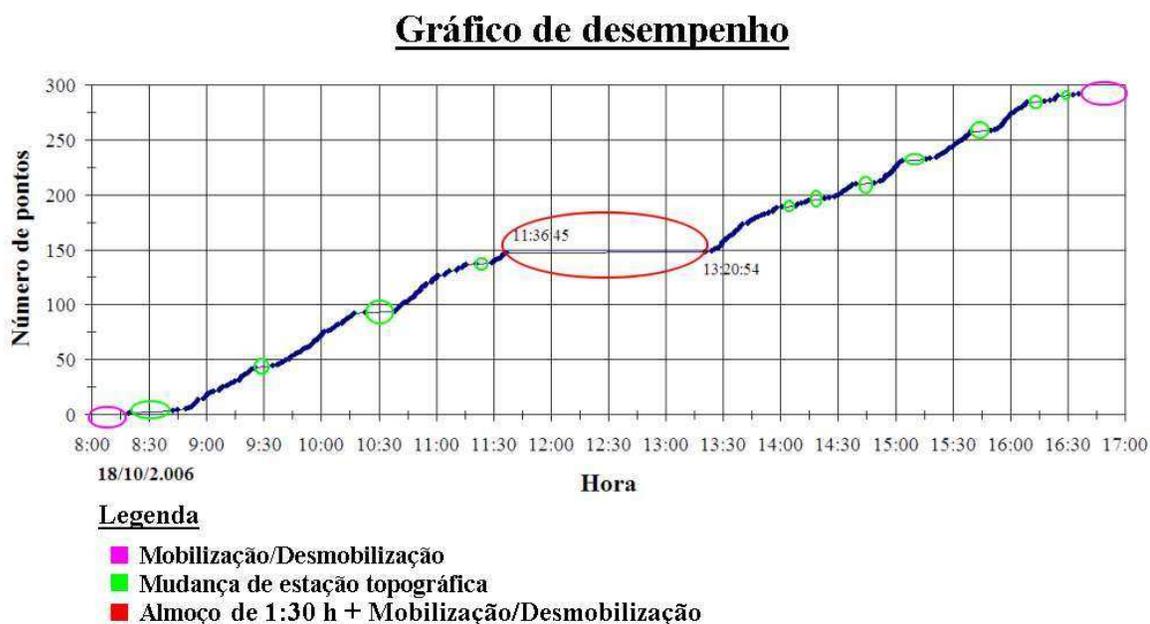


Figura 5.10 : Gráfico de desempenho do dia 18/10/2006.

⁵⁵ Dia trabalhado: Considera-se que cada dia trabalhado possua oito horas de trabalho.

Durante a coleta de dados optou-se por trabalhar com códigos números na descrição dos pontos irradiados armazenados no coletor de dados interno, pois desta forma é possível agilizar o processo de armazenamento de dados uma vez que a maioria das Estações Totais possui somente teclados numéricos com funções para digitação de dados alfanuméricos, funções estas parecidas às utilizadas em teclados de telefones celulares; as substituições dos códigos numéricos para as descrições alfanuméricas acontecem na etapa de processamento dos dados. Ex: descrição alfanumérica \Rightarrow alambrado, código numérico \Rightarrow 05.

Nos levantamentos topográficos foram adotados alguns procedimentos com intuito de minimizar os erros de levantamento, sendo destacados:

- instrumentos aferidos e calibrados;
- estação total com compensadores eletrônicos ligados;
- instalação de um guarda sol para proteger a Estação Total da incidência direta de raios solares;
- verificação da verticalidade do bastão/baliza por parte do operador da Estação Total, corrigindo possíveis deslocamentos transversais (utilizando o retículo vertical) e longitudinais (utilizando uma série de leituras de distância), a Figura 5.11 representa os erros oriundos da não verticalidade do bastão/baliza;
- leitura do ângulo horizontal no bastão/baliza próxima a base (deve-se utilizar com precaução devidos aos possíveis efeitos de refração);
- leitura da distância próxima ao centro do prisma;
- leitura dos dados da estação de vante imediatamente após a leitura dos dados da estação de ré da poligonal;
- leitura angular para uma mira de amarração;
- verificação constante do ângulo para a mira de amarração (principalmente quando serão coletados muitos pontos irradiados);
- utilização de tripés ou bipés nas leituras das estações de vante e ré;

- utilização da altura do sinal (prisma) somente em duas posições uma normal e outra estendida, exemplo: 1,60 m e 2,50 m (principalmente quando não existe um sistema de comunicação eficiente entre o operador e o auxiliar de campo).



Figura 5.11 : Erro na verticalização do bastão/baliza, fonte: BORGES (1977).

Os levantamentos de campo foram concluídos em setenta dias de trabalho e resultaram nos seguintes números:

- 54 poligonais topográficas;
- 509 estações topográficas;
- 17.083 pontos cadastrados;
- 70,56 Km de poligonais topográficas;
- 7,1 Km² de área mapeada.

O levantamento topográfico classe I PAC da NBR 13.133 (ABNT 1994) fixa o número de pontos por hectare entre 30 e 50 em função da declividade do terreno, mas realizando o cálculo dos números apresentados anteriormente chega-se ao número de 24,06 pontos por hectare. O número de pontos por hectare abaixo do fixado pela norma deve se pela forma que foi calculada a área mapeada, não descontando os vazios urbanos e as áreas internas das quadras (regiões estas sem pontos topográficos); descontando-se estas áreas sem pontos topográficos pode se obter uma área de 1,07 km² que resultaria em 159,36 pontos por hectare.

5.3.2. Processamento e desenho digital

O processamento e desenho dos dados foram elaborados de forma digital através de *software* específicos de automação topográfica (TopoEVN) e de CAD (Autodesk AutoCAD MAP 3D 2007), a opção de elaborar apenas o processamento dos levantamentos topográficos no *software* de automação topográfica foi atribuída à necessidade da utilização de rotinas personalizadas que somente funcionam no *software* específico de CAD; o *software* de automação topográfica utilizado possui um ambiente CAD, mas, contudo não pode ser utilizado neste trabalho devido a algumas limitações.

Os dados coletados nos levantamentos topográficos foram transferidos eletronicamente do coletor de dados da Estação Total para o *software* de topografia, sendo esta tarefa executada diariamente sempre ao término do dia de levantamento, procurando evitar ao máximo a perda de dados; com o intuito de armazenar os comentários registrados pelo coletor de dados interno foi desenvolvido um aplicativo que separa os comentários inseridos pelo processador da Estação Total dos dados dos levantamentos topográficos, a Tabela 5.2 representa os comentários separados referentes a uma poligonal topográfica.

Tabela 5.2 : Comentários inseridos nos arquivos do coletor de dados da Estação Total.

```
EQUIP:108
CO,Nikon RAW data format V2.00
CO,PARAISO1
CO,Description:
CO,Client:
CO,Comments:
CO,Downloaded 01-Nov-2006 16:47:02
CO,Software: Pre-install version: 1.10
CO,Instrument: Nikon DTM-332
CO,Dist Units: Metres
CO,Angle Units: DDDMMSS
CO,Zero azimuth: North
CO,Zero VA: Zenith
CO,Coord Order: ENZ
CO,HA Raw data: Azimuth
CO,Tilt Correction: VA:ON HA:OFF
CO, PARAISO1 <JOB> Created 26-Oct-2006 09:27:52
CO,S/N:025026
MP,VCH06,,0.000,0.000,0.000,
*CO,Temp:27C Press:962hPa Prism:0 26-Oct-2006 09:33:51
*CO,HA set in Quick Station
*CO,Use current orientation.
MP,V-179,,0.000,0.000,0.000,
*CO,Temp:27C Press:962hPa Prism:0 26-Oct-2006 14:07:20
*CO,HA set in Quick Station
*CO,Use current orientation.
```

Os comentários registrados pelo coletor de dados interno da Estação Total são importantes, pois indicam todos os procedimentos executados pelo operador, como por exemplo: mudança de constante de prisma, temperatura, pressão, pontos modificados após gravação, data e hora da mudança de estação topográfica e de coleta dos dados; geralmente os sistemas de automação topográfica desprezam os dados referentes aos comentários do coletor de dados, pois estes não foram desenvolvidos com aplicativos para este tipo de gerenciamento.

Sempre que uma poligonal topográfica fosse concluída (fechada) nos trabalhos de levantamento iniciava-se o processamento de seus dados, determinando seus respectivos erros angulares e lineares. Após a análise e aprovação do levantamento topográfico seus dados calculados e compensados eram transportados para o *software* de CAD através de arquivos padrão DXF, para elaboração dos desenhos digitais; todas as poligonais calculadas obtiveram erros dentro das tolerâncias estabelecidas pela NBR 13.133 (ABNT 1994).

“Quando o erro é superior ao limite aceitável, só resta o recurso de refazer o trabalho total ou parcialmente. Quando, porém, o erro é aceitável, ainda assim, é necessário distribuir este erro, pois não podemos prosseguir no cálculo do polígono enquanto ele não fechar.” BORGES (1977)

Todos os dados dos levantamentos topográficos foram referenciados ao Plano Topográfico Local descrito na NBR 14.166 (ABNT 1998), para compor o relatório final de coordenadas os dados foram transformados através de um *software* de transformação de dados geodésicos (GEOCON 3.1)⁵⁶ para o sistema de projeção plano retangular UTM, sendo ambos referenciados ao datum horizontal SIRGAS 2000, a Tabela 5.3 representa alguns pontos irradiados nos dois sistemas de projeção.

Tabela 5.3 : Relatório de coordenadas dos pontos irradiados.

Plano Topográfico Local				
Ponto	X	Y	H	Descrição
500	159.288,2022	242.266,4203	519,488	Guia
501	159.282,8335	242.257,5330	518,494	Guia_PC
502	159.286,8976	242.240,7453	518,014	Guia_PT
503	159.312,6075	242.225,0642	519,006	Guia

U.T.M. - Datum Sirgas 2.000					
Ponto	E	N	h	Latitude	Longitude
500	222.714,0671	7.499.947,8424	513,628	22° 35' 04,83302" S	47° 41' 48,57707" W
501	222.708,8630	7.499.938,8522	512,634	22° 35' 05,12201" S	47° 41' 48,76482" W
502	222.713,2423	7.499.922,1357	512,154	22° 35' 05,66764" S	47° 41' 48,62220" W
503	222.739,2528	7.499.906,9309	513,146	22° 35' 06,17687" S	47° 41' 47,72189" W

O desenho da Base Cartográfica digital foi elaborado seguindo os conceitos topológicos apresentados no Capítulo 3 deste trabalho, sendo sua versão final gravada em arquivo padrão DXF versão 12, para facilitar o intercambio de dados.

Os trabalhos de desenho foram realizados em apenas uma estação gráfica e consumiram aproximadamente vinte dias de trabalho, incluindo as verificações e ajustes finais para aprovação da estrutura topológica.

⁵⁶ O software de transformação de dados geodésicos GEOCON 3.1 foi desenvolvido por este autor e pode ser distribuído e utilizado livremente (*FREWARE*)

5.3.3. Análise dos resultados

O mapeamento através de levantamentos topográficos da área urbana apresentou excelente relação custo/benefício se comparado a outras metodologias, pois o município possui aproximadamente 7,1 km² de mancha urbana com apenas 90 km de ruas. Com os levantamentos foi possível cadastrar guias, bordas de asfalto, faces de quadras, frente dos imóveis, bocas de lobo, lombadas e outras feições importantes à administração municipal.

Como os levantamentos executados foram planialtimétricos (classe I PAC da NBR 13.133 ABNT 1998) e referenciados ao datum vertical de Imbituba, a Base Cartográfica possui a altitude ortométrica de todas as feições, tornando-se assim útil a projetos e análises de redes de utilidades, principalmente a redes de drenagem urbana, como representa a Figura 5.12.

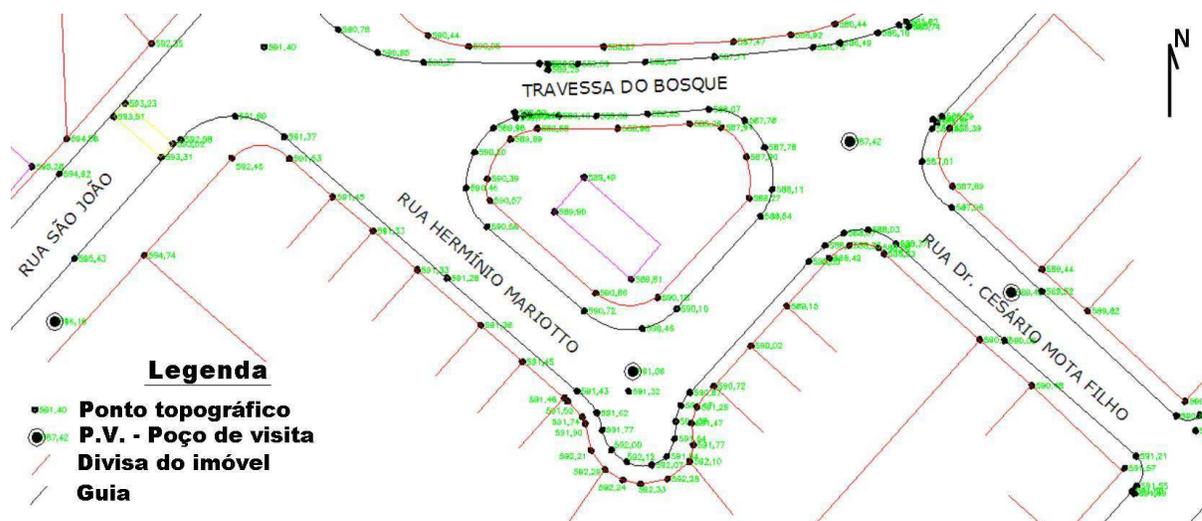


Figura 5.12 : Detalhe dos pontos topográficos com altimetria.

Esta Base Cartográfica elaborada por levantamentos topográficos foi um projeto piloto que atendeu os propósitos do estudo, mas a utilização deste projeto piloto em outro município fica condicionada as características do município em questão; outro ponto observado neste método de mapeamento foi o auxílio na densificação da rede de referência cadastral municipal.

Com a densificação da rede de referência cadastral municipal pode se constatar que futuros trabalhos de mapeamento se beneficiarão desta estrutura, pois os trabalhos referentes aos transportes de coordenadas poderão ser minimizados⁵⁷ na região urbana e de expansão urbana do município; a Figura 5.13 representa a posição dos elementos da rede na região central do município.

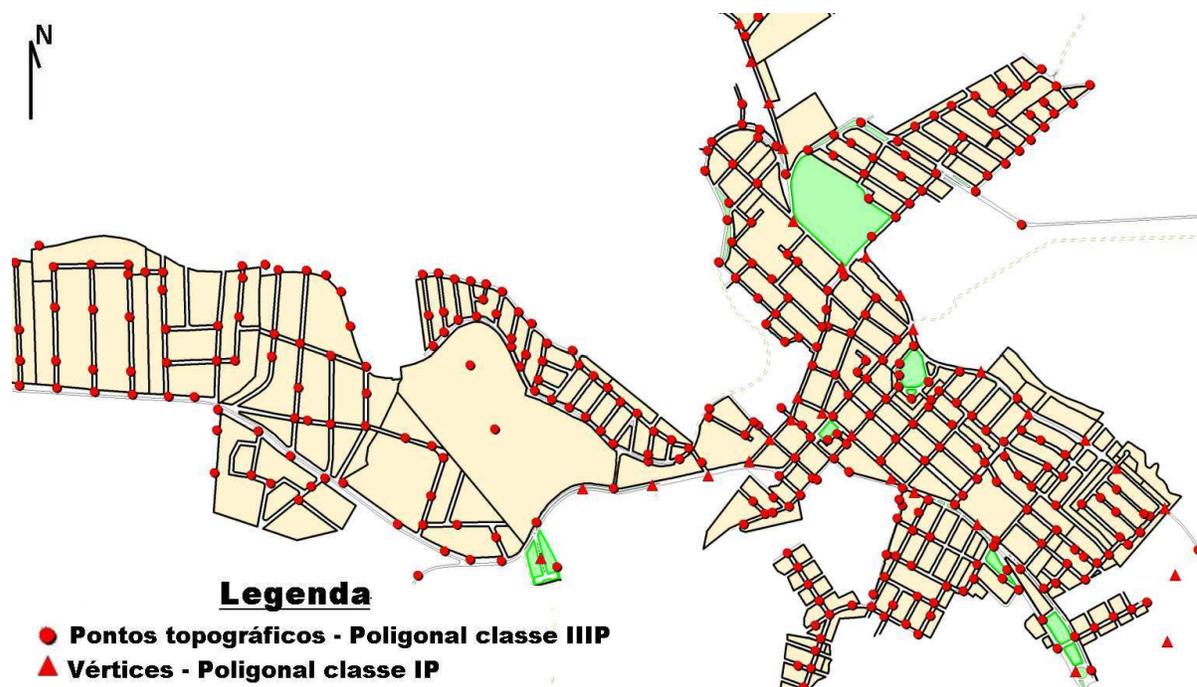


Figura 5.13 : Posição dos elementos da rede de referência cadastral na região central.

⁵⁷ Em decorrência da redução da distância de transporte.

5.4. Sistema de Informações Geográficas Municipal

O Sistema de Informações Geográficas Municipal da Prefeitura Municipal de Charqueada/SP foi implantado utilizando os mapeamentos descritos anteriormente neste trabalho, o sistema principal é composto por um SGBD Objeto-Relacional (ORACLE 10G XE com extensão espacial), por uma estação SIG (MAPINFO PROFESSIONAL 8.5 SCP) e por um aplicativo de tributos⁵⁸ que gerencia o cadastro imobiliário municipal (DBASE); a Figura 5.14 representa a estrutura de *hardware* e *software* do SIG Municipal de Charqueada/SP.

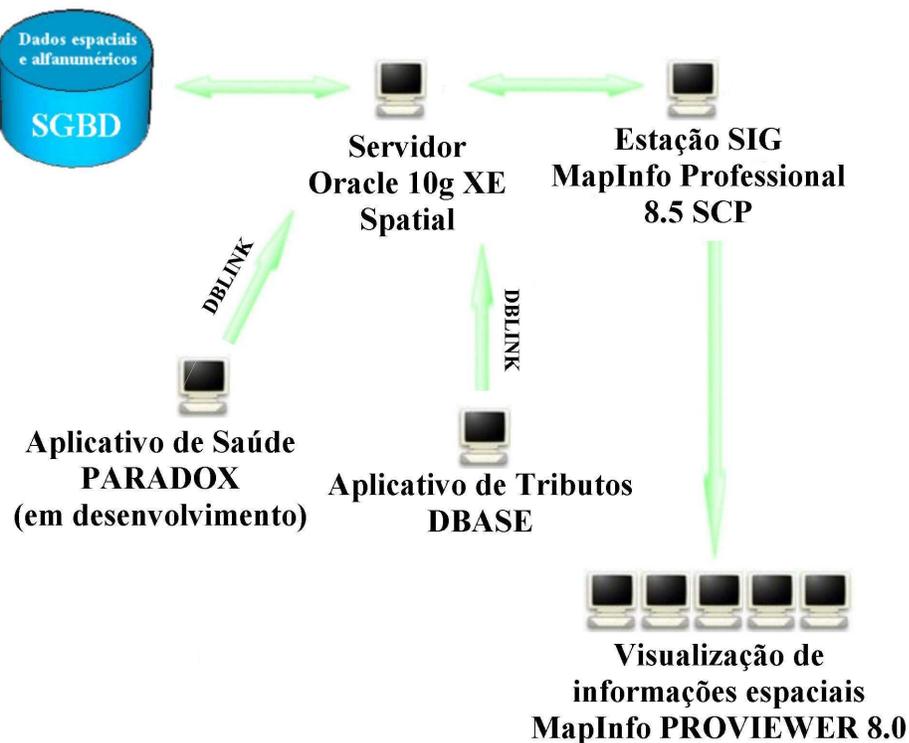


Figura 5.14 : Estrutura de *hardware* e *software* do SIG Municipal.

O intercâmbio de dados entre o SGBD e o aplicativo de tributos acontece através de um “link” criado entre os dois bancos de dados (*DBLINK*), mas devido à fragilidade e baixa performance do aplicativo de tributos este “link” somente é utilizado para replicar em intervalos constantes de tempo os dados cadastrais imobiliários (dados não gráficos) para o SGBD.

⁵⁸ Aplicativo de Tributos: Software da Prefeitura Municipal de Charqueada/SP desenvolvido em linguagem de programação DBASE CLIPPER IV que funciona no sistema operacional MS-DOS.

A replicação dos dados cadastrais imobiliários para o SGBD acontece através de visões materializadas (*MATERIALIZED VIEW*) que foram modeladas conforme a estrutura do Sistema de Informações Geográficas Municipal, portanto os dados oriundos do aplicativo de tributos são utilizados somente como leitura pelo Sistema de Informações Geográficas Municipal.

Esta solução para intercambio de dados não é a mais aconselhável, devido à possibilidade de redundância de dados e devido à fragilidade do banco de dados em DBASE, seria aconselhável que todos os dados cadastrais imobiliários fossem armazenados em um único SGBD. O aplicativo de saúde tinha a mesma metodologia utilizada no aplicativo de tributos, mas devido à implantação do SGBD este aplicativo está sendo reestruturado de forma a se integrar diretamente ao SGBD.

O Sistema de Informações Geográficas Municipal implantado utiliza um controle de acesso e privilégio integrado a um sistema de rastreabilidade com *backup “on-line”*⁵⁹, onde cada usuário ou grupo de usuários tem permissões e restrições para acessar e manipular os dados do cadastro físico territorial.

Como exemplo deste controle de acesso e privilégio pode-se citar que determinados usuários somente podem ler alguns dados, enquanto que outros podem ler e modificar estes dados, mas não conseguem acessar o sistema de *backup “on-line”* que somente é disponível a alguns usuários.

O sistema de rastreabilidade com *backup “on-line”* busca manter a integridade e confiabilidade do sistema, funcionando da seguinte forma: quando um dado é inserido, modificado ou apagado o sistema automaticamente registra qual foi o usuário responsável, a data, o número da revisão e o número do objeto de origem que resultou o novo dado, além de armazenar instantaneamente em uma tabela de *backup* os dados anteriores.

⁵⁹ Backup “on-line”: Este sistema de backup difere do sistema de *hot backup* citado anteriormente, pois somente é responsável por copiar os dados modificados para uma outra tabela dentro do banco de dados, não assegurando a recuperação dos dados caso aconteça alguma falha de *hardware*, *software* ou operacional.

Esse mesmo sistema poderia ser adaptado para realizar rotinas de validação de dados, onde os novos dados antes de integrarem a Base Cartográfica necessitariam passar por uma validação automática ou manual para poderem integrar ou não a Base Cartográfica; as rotinas de validação são indispensáveis em sistemas onde a Base Cartográfica é modificada diariamente.

A Figura 5.15 representa uma consulta a um objeto do plano de informação “quadra”, percebe-se que os dados referentes a rastreabilidade são armazenado em conjunto com os dados não gráficos (atributos).

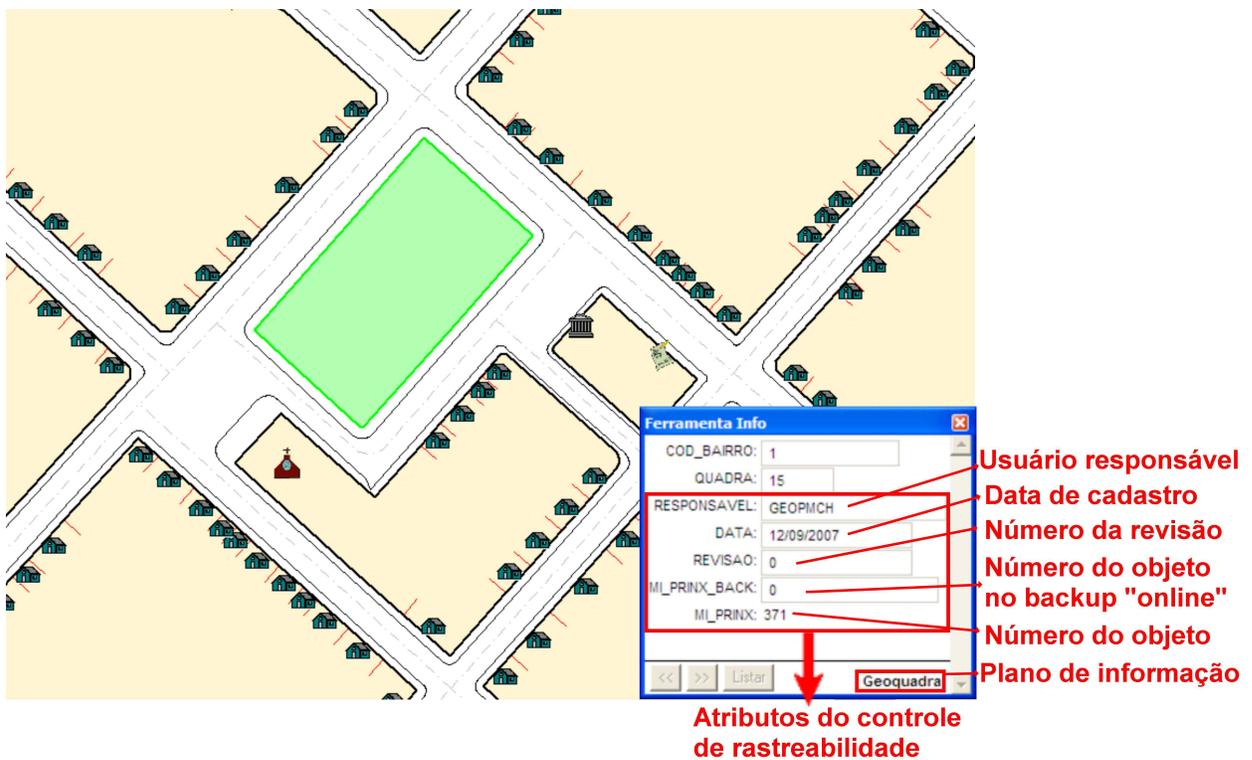


Figura 5.15 : Atributos do controle de rastreabilidade, fonte: Charqueada (2007).

Além do *backup "on-line"* o Sistema de Informações Geográficas Municipal utiliza um sistema de *hot backup*, que é executado e gravado diariamente em fitas magnéticas, buscando minimizar a possibilidade de perda de dados e informações caso haja um problema de *hardware*, *software* ou operacional.

A estação SIG é a responsável por gerenciar, analisar e distribuir todos os dados e informações espaciais, atualmente foi implantada apenas uma estação SIG, mas o sistema comporta um número ilimitado de estações SIG, sendo necessário apenas adquirir novas licenças de uso do *software* de SIG; o sistema pode funcionar de forma multiusuário.

O sistema foi planejado para fornecer dados e informações espaciais a estações SIG via INTERNET, ou seja, em qualquer local onde haja conexão via INTERNET é possível gerenciar e manipular os dados e informações como se estivesse via INTRANET, sendo necessário apenas possuir os dados de acesso e o endereço eletrônico do sistema; a velocidade de acesso e manipulação dos dados e informações no sistema é determinada pela velocidade de transferência de dados da conexão.

As estações de visualização são micro computadores dotados de um *software* específico para visualização de dados e informações espaciais, sendo a estação SIG responsável por fornecer e atualizar estes dados e informações espaciais. Caso um usuário de uma estação de visualização necessite de algum dado ou informação não disponível no sistema de visualização haverá a necessidade de solicitar a estação SIG a disponibilização do dado ou informação.

5.4.1. Análise dos resultados

O Sistema de Informações Geográficas Municipal apresentou resultados já na etapa de implantação quando foram detectadas divergências entre alguns dados cadastrados na prefeitura e alguns dados oriundos do mapeamento, como por exemplo, a medida de frente das parcelas imobiliárias e o número de parcelas imobiliárias em cada quadra.

Além de algumas divergências de cadastro foram detectados pontos que podem tornar o Sistema de Informações Geográficas Municipal frágil, destacando-se: os procedimentos internos para cadastro dos dados imobiliários, o aplicativo de tributos, a situação desatualizada dos dados cadastrais municipais (dados não gráficos), a utilização de números de inscrição imobiliária em ordem seqüencial numérica, descentralização dos dados em vários bancos de dados controlados por aplicativos específicos, a não aprovação até o momento da lei que regulamenta a Rede de Referência Cadastral Municipal e a Base Cartográfica Municipal.

Como proposta a estes pontos frágeis foram sugeridas a administração municipal algumas recomendações que devem ser realizadas em forma de urgência, tendo como prioridade a análise e correção dos dados cadastrais municipais (dados não gráficos), a elaboração de procedimentos para cadastro de dados imobiliários, a substituição do aplicativo de tributos que está ultrapassado e obsoleto e a adoção de um SGBD único para todas as aplicações da administração municipal.

Mesmo apresentando pontos frágeis foi possível implantar o Sistema de Informações Geográficas Municipal interligado aos aplicativos utilizados pela administração municipal, possibilitando a espacialização dos dados municipais com precisão e exatidão, pois o sistema utiliza uma Base Cartográfica Cadastral com PEC de 0,10 m.

Ao termino de todos os trabalhos o sistema mostrou-se eficaz para gerenciar o espaço urbano com precisão e exatidão, atendendo as expectativas iniciais e indo além através da Base Cartográfica Cadastral e das ferramentas computacionais.

Devido à precisão e exatidão da Base Cartográfica Cadastral é possível realizar anteprojetos com quantitativos confiáveis nos mais variados seguimentos, como por exemplo: drenagem superficial, saneamento básico, pavimentação asfáltica, telefonia, distribuição de energia elétrica, etc.; é aconselhável que projetos executivos sejam elaborados somente sobre mapeamentos específicos para este fim, pois muitos destes requerem cadastro das interferências subterrâneas.

A Figura 5.16 representa uma das ferramentas computacionais do sistema, o Modelo Digital do Terreno – MDT, que pode ser elaborado em toda a área urbana do município ou apenas em determinada região urbana.

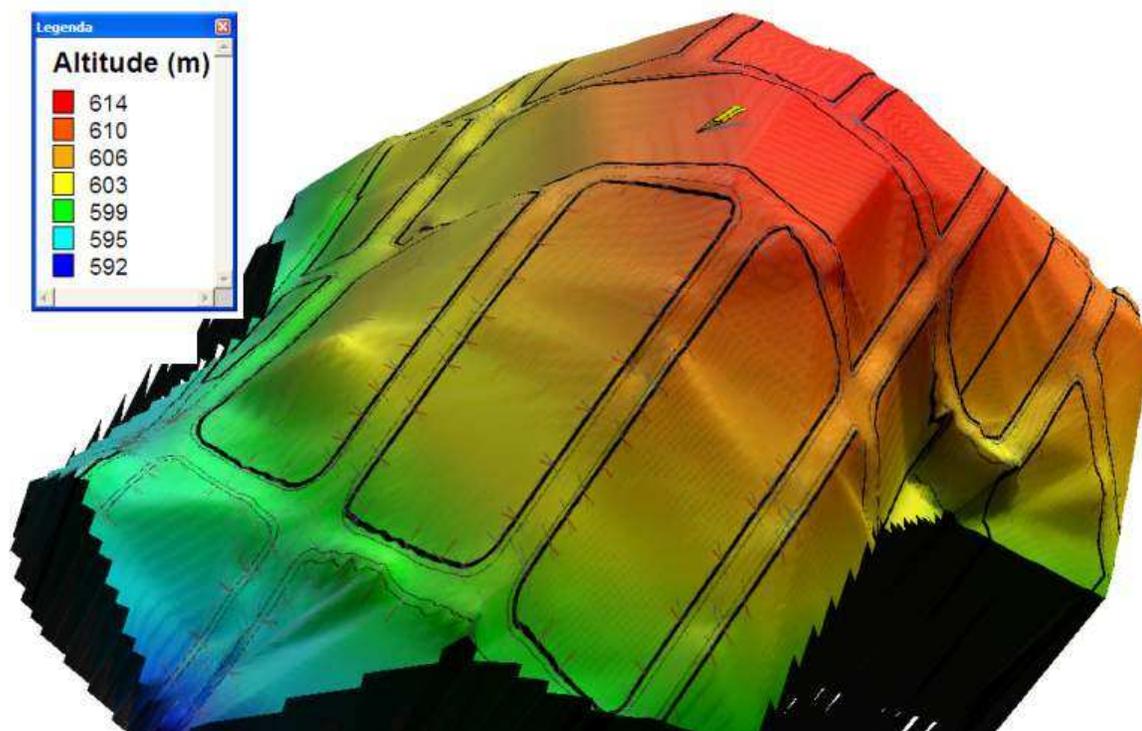


Figura 5.16 : Modelo Digital de Terreno – MDT, fonte: Charqueada (2007).

6. CONCLUSÕES, DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões e discussões

No decorrer deste trabalho pode se concluir que para implantar um Sistema de Informações Geográficas Municipal é necessário primeiramente constituir uma equipe multidisciplinar que conheça além das geotecnologias as necessidades, recursos e características do município para que seja elaborado um projeto específico; o número de especialistas envolvidos na equipe deve ser compatível com as necessidades e características do município.

A implantação de uma rede de referência cadastral municipal com precisão, exatidão, confiabilidade e adensamento suficiente aos trabalhos de mapeamento deve ser a primeira etapa a ser elaborada quando se necessita coletar, armazenar, analisar e recuperar dados espaciais, portanto antes da elaboração de uma Base Cartográfica deve se possuir uma rede de referência cadastral municipal condizente com as características, precisões e exatidões a serem obtidas desta base.

A integração da metodologia de rastreamento de satélites com poligonais topográficas na implantação e adensamento da rede de referência cadastral municipal, capítulo 5, mostrou-se eficaz, ágil, confiável, com precisão e exatidão condizente com as normas; a homologação de um ou mais vértices da rede de referência cadastral municipal ao SGB contribui com o adensamento da rede GPS do SGB e auxilia os usuários que necessitam referenciar seus trabalhos a vértices de 1ª ordem, como acontece no georreferenciamento de imóveis rurais, lei n.º 10.267 de 28 de agosto de 2001 (BRASIL 2001).

Na contratação dos trabalhos referentes à elaboração de redes de referência cadastrais municipais é aconselhável que sejam especificados todos os procedimentos técnicos e equipamentos para coleta e processamento dos dados, pois a NBR 14166 (ABNT 1998) deixa a desejar, conforme capítulo 2; também é aconselhável que se especifique a estrutura física dos marcos, as características das placas de identificação, o layout e os dados contidos na monografia e que seja solicitada a entrega de todos os documentos que originaram a rede de referência cadastral municipal, principalmente os arquivos no formato *Receiver INdependent EXchange format* - RINEX que podem ser úteis em uma eventual reavaliação da rede.

Analisando a Base Cartográfica digital elaborada neste trabalho pode-se notar que é possível e realizável a elaboração de bases cartográficas digitais da área urbana com precisão e exatidão através de levantamentos topográficos, principalmente em municípios de pequeno porte onde os custos de aerolevantamentos podem inviabilizar economicamente a elaboração; nota-se também que tal método de mapeamento auxilia na densificação da rede de referência cadastral municipal.

A maioria das bases cartográficas digitais encontradas no decorrer deste trabalho não possui estrutura topológica compatível com os *software* de SIG, como mencionado no capítulo 3, em alguns casos não existe nem uma estrutura CAD compatível com os dados, como exemplo pode-se citar a feição pontos cotados da Base Cartográfica digital da Unicamp, onde a simbologia dos pontos é representada graficamente pela letra “o”.

É aconselhável que se inclua nos documentos referentes à contratação dos trabalhos de elaboração de bases cartográficas digitais uma especificação contendo todos os detalhes da estrutura topológica, bem como uma listagem com todas as feições que devem ser mapeadas; também é aconselhável que seja solicitado a entrega de todos os documentos que originaram a Base Cartográfica, especialmente quando esta for elaborada através de aerolevantamento, pois alguns dados podem auxiliar em futuros trabalhos de mapeamento, como por exemplo, os dados de apoio terrestre.

Geralmente as administrações municipais possuem *software* específicos que gerenciam determinados cadastros, como por exemplo: cadastro imobiliário, cadastro mobiliário, cadastro de alunos, cadastro de usuários de saúde, etc., ocorrendo que na maioria das vezes estes *software* não utilizam à mesma base de dados, muito menos os mesmos *software* de banco de dados, gerando assim redundâncias de dados e conseqüentemente dados incoerentes entre as bases de dados.

Além da não utilização de uma base de dados única percebe-se que a grande maioria das empresas que desenvolvem estes *software* específicos não tem interesse no intercâmbio dos dados entre os *software*, pois na maioria das vezes são necessárias adaptações específicas que tornam o *software* somente compatível com as necessidades de determinado município; em alguns municípios chega se ao ponto de modificar o cadastro para que este se adapte ao *software* escolhido pela administração, quando o correto seria adaptar o *software* a realidade do município.

Conclui-se que o intercâmbio dos dados municipais e a adoção de um SGBD são primordiais antes ou durante a implantação de um Sistema de Informações Geográficas Municipal, principalmente quando se deseja integrarem dados e informações oriundas de diversas secretarias municipais ou outros órgãos.

Os SGBDs Objeto-Relacionais com extensões espaciais são sistemas essenciais hoje em dia aos sistemas de SIG, pois possibilitam o intercâmbio dos dados gráficos e não gráficos entre todos os *software* do sistema de forma confiável e segura; a utilização dos SGBDs com extensões espaciais indefere ao porte e estrutura do município, pois é perfeitamente possível encontrar soluções a custos reduzidos que podem atender municípios com pequeno aporte financeiro, destacando-se: *POSTGIS*, *MYSQL SPATIAL EXTENSIONS*, *ORACLE 10G XE* e *ORACLE INTERMEDIA LOCATOR*.

O estudo de caso apresentado permite concluir que a implantação de um Sistema de Informações Geográficas Municipal com precisão e exatidão cadastral, confiabilidade, segurança e interoperabilidade das informações geográficas é possível e realizável, desde que sejam obedecidas as normas brasileiras de mapeamento e que o sistema seja projetado por uma equipe multidisciplinar centrada nas necessidades, recursos e características do município.

Ao final do trabalho pode-se concluir que a implantação de um Sistema de Informações Geográficas Municipal que gerencie a área urbana é perfeitamente exequível para qualquer município brasileiro, sendo necessária apenas vontade política dos administradores municipais, pois existem programas com recursos para este fim, como o PMAT e o Programa Nacional de apoio a Administração Fiscal para os Municípios - PNAFM.

Em relação às normas nacionais de mapeamento nota-se que é necessário um empenho maior da comunidade e dos órgãos responsáveis para que se analise, discuta e elabore novas normas para mapeamento, gerenciamento e disponibilização de dados e informações geográficas, pois as vigentes não contemplam algumas técnicas e equipamentos; a utilização das normas da *International Organization for Standardization* - ISO série 19000 como base para futuras normas pode contribuir e agilizar o processo de criação.

6.2. Recomendações para estudos futuros

Durante a realização deste trabalho foram abordados alguns assuntos que não foram possíveis de serem estudados e discutidos amplamente, pois requerem estudos abrangentes e específicos que podem ser realizados futuramente através de novas pesquisas e, ou, novas dissertações ou teses.

Espera-se, mesmo em face a estes assuntos não estudados e discutidos, que este trabalho tenha contribuído com os estudos referentes à gestão urbana, acrescentando as geotecnologias como importantes ferramentas de gestão.

A seguir serão apresentadas algumas recomendações e sugestões para estudos futuros.

6.2.1. Ampliação do estudo

Estender o estudo para as áreas rurais do município utilizando técnicas de cartografia digital e sensoriamento remoto com sensores orbitais de alto poder de resolução, ampliando a rede de referência cadastral municipal e integrando as propriedades rurais ao cadastro técnico municipal; hoje já é possível desde que o município celebre convênio com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA para assumir o cadastro rural.

Elaborar o cadastro municipal multifinalitário referenciado aos trabalhos descritos neste estudo, tornando o Sistema de Informações Geográfico Municipal multifinalitário (multi-uso).

6.2.2. Multiplataforma

Realizar estudos e pesquisas para integração de outros *software* de SIG ao atual Sistema de Informações Geográficas Municipal possibilitando que o sistema torne-se multiplataforma, permitindo ao usuário a escolha do *software* que melhor se adapte a suas necessidades e conhecimentos.

6.2.3. Aplicação em outro território

Repetir o estudo em outro território (município) a fim de determinar a existência ou não de características municipais que interfiram nos resultados.

6.2.4. NBR 13.133 (ABNT 1994)

Revisar a NBR 13.133 (ABNT 1994) contemplando os seguintes tópicos:

- Adequação de novos instrumentos de mensuração, como por exemplo: GNSS e LASER SCANNER;
- Adequação das classes de poligonal e levantamento em face aos novos instrumentos;
- Especificação e padronização de dados topográficos para intercambio entre instrumentos e *software*;
- Especificação e padronização da estrutura topológica dos desenhos topográficos digitais;
- Determinação de formulas para transformação de projeções e data.

6.2.5. NBR 14.166 (ABNT 1998)

Revisar a NBR 14.166 (ABNT 1998) contemplando os seguintes tópicos:

- Realização de um estudo sobre a materialização da rede, propondo soluções construtivas de marcos, determinação das áreas de influências necessárias dos elementos da rede para atender municípios com grande extensão territorial e análise sobre a necessidade da materialização dos pontos de esquina em face aos novos instrumentos de mensuração;
- Realização de um estudo sobre a abrangência do Sistema Topográfico Local em regiões de relevo acidentado, atualmente a abrangência é limitada a desníveis de no máximo 150 m, para mais ou para menos, em relação ao plano de origem;
- Eliminação das especificações sobre aparelhos e precisões de levantamentos utilizando GPS-NAVSTAR, orientando a consulta à norma NBR 13.133 (ABNT 1994) revisada;
- Determinação de formulas de transformação de coordenadas plano-retangulares do sistema topográfico local para coordenadas geodésicas.

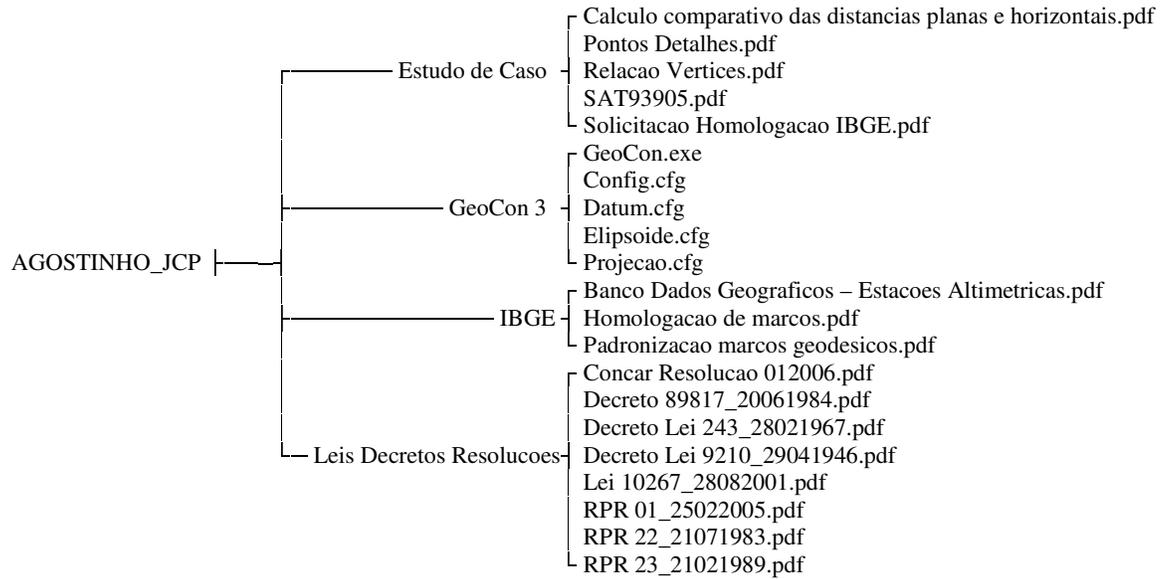
6.2.6. Elaboração de normas

Realizar um estudo que analise e discuta a elaboração de normas nacionais para mapeamento, gerenciamento e disponibilização de dados e informações espaciais, utilizando como base as normas ISO série 19000, elaboradas pelo Comitê Técnico ISO/TC 211 *Geographic Information/Geomatics*.

ANEXOS

Os anexos estão apresentados em um CD-ROM, sendo parte integrante desta dissertação.

A estrutura com o conteúdo do CD-ROM encontra-se abaixo:



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, A. **Utilização de modelos estereoscópicos híbridos na atualização cartográfica.** 2000. 124p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria.** Curitiba: SBEE, 1998. 259p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13.133:** execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14.166:** rede de referência cadastral municipal. Rio de Janeiro, 1998.

BORGES, A.C. **Topografia.** São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 187p.

BRASIL. **Lei nº 9210 de 29 de abr. 1946.** Fixa normas para a uniformização da cartografia brasileira e dá outras providências. Brasília, 1946.

BRASIL. **Lei nº 243 de 28 de fev. 1967.** Fixa as diretrizes e bases da cartografia brasileira e da outras providências. Brasília, 1967.

BRASIL. **Decreto nº 89.817 de 20 de jun. 1984.** Instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Brasília, 1984.

BRASIL. **Lei nº 10.267 de 28 de ago. 2001.** Sistema Público de Registro de Terras. Brasília, 2001.

BRINKER, R.C.; WOLF, P.R. **Elementary Surveying.** 9.ed. New York: HaperCollins, 1994.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos.** 1995. 264p. Tese (Doutorado) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

CARNEIRO, A.F.; LOCH, C. Análise do cadastro imobiliário urbano de algumas cidades brasileiras. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - COBRAC, 2000, Florianópolis. **Anais** (CD). Florianópolis: UFSC, 2000.

CENTER FOR RESPONSIBLE NANOTECHNOLOGY - CRN. **What is nanotechnology**. Disponível em: <<http://www.crnano.org/whatis.html>> Acesso em: 11 nov. 2007.

CHARQUEADA. Prefeitura Municipal de Charqueada. Secretaria Municipal de Administração e Secretaria Municipal de Obras. **Sistema de Informações Geográficas**. Charqueada, 2007.

CINTRA, J.P.; BLITZKOW, D.; PACILÉO NETTO, N.; FONSECA JUNIOR, E.S. **Informações Espaciais II**. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, 2007. 153p. Notas de Aulas.

COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA - CONCAR. **Resolução. nº 1 de 2 de ago. 2006**. Norma da cartografia nacional, de estruturação de dados geoespaciais vetoriais, referentes ao mapeamento terrestre básico que compõe a mapoteca nacional digital. Brasília, 2006.

COSTA, D.C. **Implantação de corredores urbanos de transportes: metodologia dos procedimentos cartográficos e topográficos**. 1996. 249p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

COSTA, D.C. **Diretrizes para elaboração e uso de bases cartográficas no planejamento municipal: urbano, rural e transportes**. 2001. 329p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS / INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - CPTEC/INPE. **Previsões Numéricas**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/prevnum/>> Acesso em: 28 ago. 2007.

DIGITAL GLOBE CORPORATE. **The DigitalGlobe constellation**. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com/about/worldview1.html>> Acesso em: 27 ago. 2007.

ENGESAT. **Cobertura de nuvens de imagens adquiridas por programação.** Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/?system=news&action=read&id=638>> Acesso em: 15 mai. 2007.

FATOR GIS. **Geotecnologias.** Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br/geotecnologias.asp>> Acesso em: 10 out. 2006.

FEDERAL INTERAGENCY COORDINATING COMMITTEE ON DIGITAL CARTOGRAPHY - FICCDC. **A process for evaluating geographic information systems.** Appendice B – Glossary of terms. Tech. Exchange Working Group – Technical Report 1 U.S. Geological Survey open-file report 88-105, Gruptill, S.C., 1988.

FORDEN, G. **The military capabilities and implications of China's indigenous satellite based navigation system.** Disponível em: <<http://www.globalsecurity.org/space/library/report/2004/china-navsats.pdf>> Acesso em: 11 nov. 2007.

FRANÇOSO, M.T. **Diretrizes para planejamento assistido por computador em prefeituras de médio porte.** 1998. 233p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GEOEYE. **The world's highest resolution commercial earth-imaging satellite.** Disponível em: <<http://www.geoeye.com/products/imagery/geoeye1/default.htm>> Acesso em: 27 ago. 2007.

GEWIN, V. Mapping opportunities. **Nature Magazine**, v.427, p.376-377, 22 jan. 2004.

HOTKA, D. **Aprendendo Oracle 9i.** Tradução de Lucyanna Rocha de Oliveira. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2003.

INDIA. **Satellites for navigation.** Disponível em: <<http://www.pibbng.kar.nic.in/feature2.pdf>> Acesso em: 11 nov. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **R.PR. nº 22 de 21 de jul. 1983.** Especificações e normas gerais para levantamento geodésicos em território brasileiro. Rio de Janeiro, 1983.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **R.PR. nº 5 de 31 de mar. 1993.** Especificações e normas gerais para levantamentos GPS. Rio de Janeiro, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de dados geodésicos – Estações Altimétricas.** Coordenação de Geodésia, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 2003. Relação das estações altimétricas do fuso 23.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **R.PR. nº 1 de 25 de fev. 2005.** Altera a caracterização do sistema geodésico brasileiro. Rio de Janeiro, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Geodésia.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default.shtm>> Acesso em: 28 jun. 2006a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Instruções para homologação de estações estabelecidas por outras instituições.** Coordenação de Geodésia, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 2006b. Instruções.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Padronização de marcos geodésicos.** Coordenação de Geodésia, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 2006c. Instruções.

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION - IBM. **DB2 Spatial Extender: user's guide and reference.** New York: IBM, 2002a. 587p.

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION - IBM. **Informix Spatial DataBlade Module.** New York: IBM, 2002b. 424p.

IWAI, O.K. **Mapeamento do uso do solo urbano do município de São Bernardo do Campo, através de imagens de satélite**. 2003. 127p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LOCH, C. **Cadastro multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana**. Rio de Janeiro: Ministério das Cidades, 2005. 144p.

MAIA, T.C.B. **Estudo e análise de poligonais segundo a NBR 13.133 e o Sistema de Posicionamento Global**. 1999. 176p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MAPSERVER. **Documentation for the Mapserver project**. Disponível em: <<http://mapserver.gis.umn.edu/docs>> Acesso em: 15 fev. 2007.

MYSQL. **MySQL Spatial Extensions**. Disponível em: <<http://dev.mysql.com/doc/refman/5.1/en/spatial-extensions.html>> Acesso em: 04 set. 2007.

NEPOMUCENO, L.X. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

NERO, M.A. **Estudo comparativo de metodologias de digitalização de mapas e seu controle de qualidade geométrica**. 2000. 233p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

NUNES, E.L. **Manutenção centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação de uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. 2001. Dissertação (Mestrado) - UFSC Florianópolis, Florianópolis.

ORACLE CORPORATION. **Oracle spatial user's guide and reference, 10g release 2 (10.2)**. Redwood City: Oracle, 2005. 592p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Convenção sobre diversidade biológica. In: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1992, Rio de Janeiro. **Artigo 2 Uso do termo**. Rio de Janeiro, 1992.

ORTOLANI, L.F.B. A tecnologia da informação na administração pública. **Revista Bate Byte**, n.46, 1995.

PACILÉO NETTO, N. **Métodos de ajustamento em geodésia e topografia**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1993.

POSTGIS. **PostGIS manual**. Disponível em: <<http://postgis.refractory.net/docs/>> Acesso em: 05 abr. 2007.

ROCCO, J. **Métodos e procedimentos para a execução e o georreferenciamento de redes subterrâneas da infra-estrutura urbana**. 2006. 181p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RODRIGUES, D.D. **Rede geodésica de precisão no estado de Minas Gerais: avaliação de diferentes estratégias de processamento e ajustamento**. 2002. 223p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SALTO. Prefeitura da Estância Turística. Secretaria Municipal de Fazenda e Secretaria Municipal de Planejamento e Urbanismo. **Geoprocessamento**. Salto, 2006.

SANTOS, A.J.; SCHAAL, R.E. Tratamento de outliers em redes topográficas locais obtidas por GPS. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - COBRAC, 2006, Florianópolis. **Anais** (CD). Florianópolis: UFSC, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de economia e planejamento. Coordenadoria de ação regional, divisão de geografia. **Plano cartográfico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1979. Escala 1:10.000.

SEGANTINE, P.C.L. **GPS Sistema de Posicionamento Global**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1999. Apostila.

SETZER, V. W. **Dado, Informação, Conhecimento e Competência**. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~vwsetzer/dado-info.html>> Acesso em: 28 nov. 2006.

SILVA, R. **Banco de dados geográficos: uma análise das arquiteturas dual (Spring) e integrada (Oracle Spatial)**. 2002. 137p. Tese (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA, G.C. **Análise de metodologias no levantamento de dados espaciais para cadastro urbano**. 2001. 111p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

STRANG, G.; BORRE, K. **Linear Algebra, Geodesy, and GPS**. Wellesley: Wellesley-Cambridge Press, 1997. 624p.

TAVARES, Jr.J.B.; OUVENEY, M.; UBERTI, M.; ANTUNES, M.A. Avaliação de imagens Ikonos II e Quickbird para obtenção de bases cartográficas para o Cadastro Técnico Municipal. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - COBRAC, 2006, Florianópolis. **Anais** (CD). Florianópolis: UFSC, 2006.

THURSTON, J.; POIKER, T.K.; MOORE, J.P. **Integrated Geospatial Technologies: A Guide to GPS, GIS, and Data Logging**. New Jersey: John Wiley and Sons, 2003. 280p.

TRABANCO, J.L.A.; AGOSTINHO, J.C.P.; INNOCENTE, E.F. **Reavaliação da rede de referência cadastral da Unicamp - 2004**. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~trabanco/Rede%20Unicamp%202004.PDF>> Acesso em: 10 ago. 2007.

VEIGA, L.A.K.. Sistema para mapeamento automatizado em campo: conceitos, metodologia e implantação de um protótipo. 2000. 118p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. GIS implementation for water and wastewater treatment facilities. New York: McGraw-Hill Professional, 2004. 242p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA OU RECOMENDADA

ABBEY, M.; ABRAMSON, I.; CORY, M. **Oracle 9i Guia introdutório**. Tradução de Daniel Vieira. Rio de Janeiro: Campos, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14.645-1**: elaboração de “como construído” (*as built*) para edificações - Parte 1: Levantamento planialtimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com área até 25.000 m², para fins de estudos, projetos e edificações. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14.645-2**: elaboração de “como construído” (*as built*) para edificações - Parte 2: Levantamento planimétrico para registro público, para retificação de imóvel urbano. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14.645-3**: elaboração de “como construído” (*as built*) para edificações - Parte 3: Locação topográfica e controle dimensional da obra. Rio de Janeiro, 2004.

BAKKER, M.P.R. **Introdução ao estudo da Cartografia**: noções básicas. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil/Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1965. 242p.

BRONDINO, N.C.M. **Estudo da influência da acessibilidade no valor de lotes urbanos através do uso de redes neurais**. 1999. 146p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.S.; MAGALHÃES, G.C.; MEDEIROS, C.M.B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação - UNICAMP, 1996. 197p.

CINTRA, J.P.; IDOETA, I.V. **Elaboração de bases cartográficas para projetos de engenharia: A relação entre o produtor e usuário**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 10p. Artigo.

COMAS, D.; RUIZ, E. **Fundamentos de los sistemas de información geográfica**. Barcelona: Ariel S.A., 1993. 295p.

FERRARI, R. **Viagem ao SIG**: planejamento estratégico, viabilização, implantação e gerenciamento de sistemas de informação geográfica. Curitiba: Sagres, 1997. 174p.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA. **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais**. Ministério do desenvolvimento agrário. Brasília, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Manual do usuário Spring**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>> Acesso em: 10 abr. 2007.

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION - IBM. **IBM DB2 UBD versus Oracle backup and recovery**. Disponível em: <<http://www.ibm.com/developerworks/db2/library/techarticle/dm-0407tham/index.html>> Acesso em: 28 ago. 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 19107**: Geographic information – Spatial schema. Genebra, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 19119**: Geographic information – Services. Genebra, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 19123**: Geographic information – Schema for coverage geometry and function. Genebra, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 19125-1**: Geographic information – Simple feature access – Common architecture. Genebra, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 19125-2:** Geographic information – Simple feature access – SQL option. Genebra, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **ISO 19128:** Geographic information – Web map server interface. Genebra, 2004.

MAPINFO CORPORATION. **Creating spatial views in Oracle.** Disponível em: <http://testdrive.mapinfo.com/techsupp/miprod.nsf/kbase_by_product/FCB3EDC86CE9460B80256AE7004EE597> Acesso em: 19 jul. 2004.

MAPINFO CORPORATION. **MapInfo Professional: user guide(unabridged) v.8.5.** New York: MapInfo Corporation, 2006a. 924p.

MAPINFO CORPORATION. **MapInfo Professional: supplement v.8.5.** New York: MapInfo Corporation, 2006b. 177p.

MAPINFO CORPORATION. **MapInfo Professional: printing guide v.8.5.** New York: MapInfo Corporation, 2006c. 34p.

MAPINFO CORPORATION. **MapBasic: user guide v.8.5.** New York: MapInfo Corporation, 2006d. 323p.

MAPINFO CORPORATION. **MapBasic: reference guide v.8.5.** New York: MapInfo Corporation, 2006e. 792p.

MOLDES TEO, F.J. **Tecnología de los sistemas de información geográfica.** Madri: Ra-Ma, 1995. 190p.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações.** São Paulo: Unesp, 2000.

NERO, M.A. **Propostas para o controle de qualidade de bases cartográficas com ênfase na componente posicional**. 2005. 186p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

NIKON-TRIMBLE CO. LIMITED. **Total Station DTM-302 series, instruction manual**. 2005. 230p.

ORACLE CORPORATION. **Oracle spatial topology and network data models, 10g release 2 (10.2)**. Redwood City: Oracle, 2005. 452p.

PHILIPS, J. Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - COBRAC, 2, 1996, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: UFSC, 1996.

ROCHA, C.H.B.. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. Do Autor, 2000. 220p.