

CARLOS ROBERTO FERNANDES PINTO

**ESTRUTURAS GEODÉSICAS: CONTRIBUIÇÃO DE ESTUDO PARA O
LEVANTAMENTO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS
GEODÉSICAS NO ESTADO DO PARANÁ.**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Departamento de Contabilidade, do Setor de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de especialista em Formulação e Gestão de Políticas Públicas.

Orientador: Prof. Dr. Blênio César Severo Peixe

**CURITIBA
2009**

PENSAMENTO

“Retira o Amor da vida, e a vida se esteriliza. Retira o Amor das relações sociais, e a terra inteira torna um deserto gelado. É a falta de caridade que fez a vida humana tornar-se o mister mais difícil, trágico (...). Um julgamento superficial chama o Amor fraqueza. Ao invés, a fraqueza é o ódio. O Amor é o sentimento que doa e se alimenta de forças existentes; o ódio tende a roubar forças dos outros para confessar a própria fraqueza (...) Amar é servir. Tira as conseqüências.”

Igino Giordani

DEDICATÓRIA

Especialmente, a Deus fonte inesgotável do verdadeiro Amor e verdadeiro sentido de minha existência.

Aos meus queridos e amados pais, Estanislau Paim Pinto e Ilda Fernandes Pinto os quais sempre estiveram ao meu lado, como presença de Amor.

Aos meus grandes amores – Ana Carolina, minha esposa e aos nossos preciosos filhos, Paulo Eduardo e Pedro Henrique.

A Chiara Lubich, que me fez encontrar o Ideal maravilhoso de minha vida.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ACI | – Associação Cartográfica Internacional |
| AISP | – <i>Internacional Society for Phtogrammetry</i> |
| BDG | – Banco de Dados Geodésicos |
| C/A | – <i>Corse ou Clear Acquisition Code</i> |
| CAC | – Cartografia Apoiada por Computador |
| CAD | – <i>Computer Aided Desing</i> |
| COPEL | – Companhia Paranaense de Eletricidade |
| CCAUEX | – Centro de Cartografia automatizado do Exército |
| CGED | – Coordenação de Geodésia |
| COCAR | – Comissão de Cartografia |
| CONCAR | – Comissão Nacional de Cartografia |
| DOD | – <i>Department of Defense</i> |
| DEGED | – Departamento de Geodésia |
| DMA | – <i>Defense Mapping Agency</i> |
| DGPS | – <i>Differential GPS</i> |
| DSG | – Diretoria de Serviço Geográfico do Exército |
| GBAS | – <i>Ground Based Angmentatin System</i> |
| GGCs | – Gerências de Geodésia e Cartografia |
| GLONASS | – <i>Global Navigation Satellite System</i> |
| GNSS | – <i>Global Navigation Satellite System</i> |
| GPS | – <i>Global Positioning System</i> |
| GRS80 | – <i>Geodetic Reference System 1980</i> |
| IAG | – <i>International Association Geodesy</i> |
| IAGS | – <i>Inter-American Geodetic Survey</i> |
| IERS | – <i>International Earth rotation and Reference systems Service</i> |
| ITRF | – <i>Internacional Terrestrial Reference Frame</i> |
| IPGH | – Instituto Panamericano de Geografia e História |
| ISPRS | – <i>Internacional Society for Photogrammetry and Remote Sensing</i> |
| IBGE | – Fundação Instituto Brasileira de Geografia e Estatística |
| L1 | – Portadora do Batimento da Fase em L1 |
| L2 | – Portadora do Batimento da Fase em L2 |
| MTD | – Mapoteca Topográfica Digital |
| NNSS | – <i>Navi Navigation Satellite System</i> |

| | |
|---------|---|
| P | – <i>Precise ou Protected Code</i> |
| PEC | – Padrão de Exatidão Cartográfica |
| PPS | – <i>Precise Positioning Service</i> |
| PRN | – <i>Pseudo Random Noise</i> |
| NAVSTAR | – <i>Navigation Satellite Time And Ranging</i> |
| NIMA | – <i>National Imagery and mapping Agency</i> |
| RAAP | – Rede Altimétrica de Alta Precisão |
| RINEX2 | – <i>Receiver Independent Exchange Format Version 2</i> |
| RBMC | – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo |
| PMPG | – Projeto Mudança Referencial Geodésico |
| RTK | – <i>Real Time Kinematic</i> |
| RMPG | – Rede Maregráfica Permanente para Geodésia |
| SA | – <i>Selective Availability</i> |
| SAD | – <i>South American Datum</i> |
| SBAS | – <i>Satellite Based Augmentation System</i> |
| SGB | – Sistema Geodésico Brasileiro |
| SCN | – Sistema Cartográfico Nacional |
| SGR | – Sistemas Geodésicos de Referência |
| SIRGAS | – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas |
| SNi | – Seção de Nivelamento |
| UTM | – <i>Universal Transversa de Mercator</i> |
| USGS | – <i>United States Geological Survey</i> |
| WADGPS | – <i>Wide Area Differential GPS</i> |
| WGS 84 | – <i>World Geodesic System 1984</i> |

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| PENSAMENTO | ii |
| DEDICATÓRIA | iii |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS | iv |
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| LISTA DE TABELAS | x |
| RESUMO | xi |
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 15 |
| 2.1 ORIGEM DA GEODÉSIA | 15 |
| 2.1.1 Geodésia..... | 24 |
| 2.1.2 Origem no Brasil..... | 28 |
| 2.1.3 Breve Histórico da Geodésia no IBGE..... | 29 |
| 2.1.4 Sistemas Geodésicos de Referência..... | 31 |
| 2.1.5 Sistema Geodésico de Referência Mundial..... | 31 |
| 2.1.6 Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas..... | 32 |
| 2.1.7 Sistemas Geodésicos de Referência Utilizada no Mapeamento Sistemático Nacional | 35 |
| 2.1.8 Configuração Espacial do Sistema Geodésico Brasileiro..... | 36 |
| 2.1.9 Posicionamento por Satélites Artificiais..... | 38 |
| 2.2. FOTOGRAMETRIA | 43 |
| 2.2.1 Breve Histórico da Fotogrametria..... | 44 |
| 2.3 CARTOGRAFIA | 46 |
| 2.3.1 Mapeamento..... | 47 |
| 2.3.2 Cartografia Digital..... | 47 |
| 2.3.3 Mapoteca Topográfica Digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística..... | 48 |
| 2.4. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO NACIONAL | 48 |
| 2.4.1 Breve Histórico do Mapeamento Oficial No Brasil..... | 49 |
| 2.4.2 Sistema Cartográfico Nacional..... | 51 |
| 2.4.3 Situação do Mapeamento Sistemático Nacional..... | 51 |
| 2.4.4 Campos de Aplicação da Cartografia..... | 55 |
| 2.5 QUALIDADE EM CARTOGRAFIA | 57 |

| | |
|---|------------|
| 2.6 ERROS NA CARTA..... | 60 |
| 2.7 EXATIDÃO E PRECISÃO CARTOGRÁFICA..... | 61 |
| 2.7.1 Padrões de Exatidão Cartográfica no Brasil..... | 63 |
| 2.7.2 Padrões de Exatidão Cartográfica em Outros Países..... | 64 |
| 2.8 ESTRUTURAS GEODÉSICAS..... | 65 |
| 2.8.1 Padronização dos Marcos Geodésicos..... | 65 |
| 2.8.2 Localização da Estação..... | 66 |
| 2.8.3 Identificação da Estação..... | 67 |
| 2.8.4 Fixação da Chapa de Identificação..... | 72 |
| 2.8.5 Materialização das Estruturas..... | 72 |
| 2.8.6 Materialização das Estruturas com Dispositivo de Centragem Forçada..... | 84 |
| Fonte: ITCG (1998)..... | 90 |
| 2.9 REDE GPS DO ESTADO DO PARANÁ..... | 92 |
| 2.9.1 Rede GPS de 1996..... | 92 |
| 2.9.2 Adensamento da Rede GPS do Estado do Paraná ano 2007..... | 93 |
| 3. METODOLOGIA DO TRABALHO..... | 102 |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO..... | 102 |
| 3.1.1 Rede Altimétrica no Brasil..... | 103 |
| 3.1.2 Localização da Rede Altimétrica no Brasil..... | 104 |
| 3.1.3 Localização da Rede Altimétrica no Paraná..... | 105 |
| 3.1.4 Identificação das Estações em Campo..... | 105 |
| 3.1.5 Custos do Levantamento Altimétrico..... | 108 |
| 4. CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS..... | 111 |
| 4.1 PROPOSTA PARA CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS GEODÉSICAS ... | 111 |
| 5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES..... | 113 |
| 7. ANEXO..... | 118 |
| 7.1. Anexo I - Etapas de construção de um marco da rede GPS do Estado do Paraná..... | 119 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Método de Eratóstenes para determinar o raio da Terra | 16 |
| Figura 2 - Elementos de uma Elipse | 19 |
| Figura 3 - Achatamento da terra | 20 |
| Figura 4 - Ondulação geoidal | 21 |
| Figura 5 - Desvio da Vertical | 22 |
| Figura 6 - Coordenadas Astronômicas | 23 |
| Figura 7 - Modelo de levantamentos | 27 |
| Figura 8 - Distribuição geográfica das estações SIRGAS 2000 nas Américas | 35 |
| Figura 9 - Órbita dos satélites GPS | 39 |
| Figura 10 - Satélite GPS - 250px-Navstar | 40 |
| Figura 11 - Área de Atuação das diferentes DL's | 49 |
| Figura 12 - Carta Topográfica Digital escala 1:50000. | 53 |
| Figura 13 - OrtoCarta Imagem preliminar, georreferenciada | 54 |
| Figura 14 - OrtoCarta Imagem georreferenciada. | 58 |
| Figura 15 - Especificação geral da chapa | 68 |
| Figura 16 - Especificação geral da legenda a ser estampada na chapa. | 69 |
| Figura 17 - Chapa padrão IBGE | 70 |
| Figura 18 - Exemplo de Chapa de Estação Satélite | 70 |
| Figura 19 - Exemplo de Chapa de Referência de Nível. | 71 |
| Figura 20 - Especificação da Chapa de Azimute. | 72 |
| Figura 21 - Perfil do marco piramidal padrão IBGE | 74 |
| Figura 22 - Forma com os padrões utilizados para o marco piramidal | 75 |
| Figura 23 - Esquema de estabelecimento de marco | 77 |
| Figura 24 - Marco padrão IBGE com identificação em baixo relevo | 78 |
| Figura 25 - Detalhe do marco com a sapata de proteção lateral | 79 |
| Figura 26 - Vista superior do marco com a sapata de proteção lateral | 79 |
| Figura 27 - Marco com sinalização para área de cultura | 80 |
| Figura 28 - Marco com sinalização para área de cultura implantado na região Oeste do Estado do Paraná | 81 |
| Figura 29 - Detalhe da plataforma | 82 |
| Figura 30 - Detalhe da plataforma com afloramento do solo | 82 |

| | |
|--|-----|
| Figura 31 - Vista superior do marco com as plataformas de proteção lateral. | 83 |
| Figura 32 - Marco padrão IBGE. | 83 |
| Figura 33 - Pilar com chapa de identificação fixada no seu corpo. | 85 |
| Figura 34 - Esquema do disco de alumínio. | 87 |
| Figura 35 - Esquema de fixação da base de latão com rosca. | 87 |
| Figura 36 - Esquema de fixação da base de alumínio. | 88 |
| Figura 37 - Esquema das gravatas e ferragem. | 88 |
| Figura 38 - Esquema da base triangular. | 89 |
| Figura 39 - Esquema do pilar com dispositivo centragem forçada. | 89 |
| Figura 40 - Esquema do pilar com dispositivo centragem forçada. | 90 |
| Figura 41 - Dispositivo de Centragem forçada padrão UFPR aberto. | 91 |
| Figura 42 - Dispositivo de Centragem forçada padrão UFPR fechado. | 91 |
| Figura 43 - Detalhamento do dispositivo de centragem forçada e chave. | 92 |
| Figura 44 - Densificação da Rede GPS do Estado do Paraná. | 95 |
| Figura 45 - Rede GPS do Estado do Paraná 1996. | 96 |
| Figura 46 - Rede GPS do Paraná 1995 + Densificação 2007. | 97 |
| Figura 47 - SAT 96034 (Umuarama). | 98 |
| Figura 48 - SAT 96023 (Pinhão). | 99 |
| Figura 49 - Identificação do arco. | 99 |
| Figura 50 - Chapa identificadora. | 100 |
| Figura 51 - Referencia do marco principal. | 99 |
| Figura 52 - Esquema ilustrativo. | 100 |
| Figura 53 - Meso regiões do Paraná. | 103 |
| Figura 54 - Rede Altimétrica no Brasil. | 104 |
| Figura 55 - Rede Altimétrica no Paraná. | 105 |
| Figura 56 – Formulário Descritivo. | 113 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| TABELA 1 - Estações Sirgas | 33 |
| TABELA 2 - Precisão das técnicas de posicionamento..... | 43 |
| TABELA 3 - Histórico da Fotogrametria | 45 |
| TABELA 4 - Situação do mapeamento sistemático nacional até dez/2003..... | 52 |
| TABELA 5 - Padrões de exatidão planialtimétrica (Brasil, 1984) | 63 |
| TABELA 6 - Padrões de exatidão planialtimétrica (USA, 1947)..... | 64 |
| TABELA 7 - Padrões de exatidão planimétrica (OTAN, 1989)..... | 65 |
| TABELA 8 - Padrões de exatidão altimétrica (OTAN, 1989)..... | 65 |
| TABELA 9 - Relação das estações RNs vistoriadas - Meso região Metropolitana de Curitiba..... | 106 |
| TABELA 10 - Relação das estações RNs vistoriadas - Meso região Norte Central Paranaense..... | 106 |
| TABELA 11 - Relação das estações RNs vistoriadas - Meso região Oeste Paranaense..... | 107 |
| TABELA 12 - Relação das estações RNs vistoriadas - Meso região Centro Sul Paranaense..... | 107 |
| TABELA 13 - Código da situação da estação: | 108 |
| TABELA 14 - Composição de preço unitário referencial de serviço de topografia de acordo com a Nbr 13133/94. Outubro/2006..... | 110 |
| TABELA 15 - Número das estações RNs vistoriadas..... | 111 |

RESUMO

PINTO. C. R. F. Estruturas Geodésicas: Contribuição de Estudo para o Levantamento do Estado de Conservação das Estruturas Geodésicas no Estado do Paraná. São mostrados os esforços do Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG) para a execução de visita e manutenção dos marcos do Sistema Geodésico Brasileiro, SGB, em seu território em atendimento à recomendação aprovada durante o XIX Congresso Brasileiro de Cartografia, para que fossem implementados mecanismos de efetivação do trabalho. Apresentam os resultados das visitas realizadas nas linhas de nivelamento nas meso regiões do Estado do Paraná, em que se observou um índice de destruição de RRNN, levando ao estabelecimento de proposta para novas diretrizes para recuperação da Rede de Nivelamento não só nessas regiões como em todo o Estado. Também são apresentados os resultados dos trabalhos desenvolvidos no adensamento da rede GPS, com a implantação de mais 34 estruturas geodésicas, distribuídas em várias regiões. São apresentadas as diretrizes de gerenciamento da Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP) do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), resultado de grandes aprimoramentos ocorridos nos últimos anos, na medida em que o IBGE consegue satisfazer as necessidades operacionais da comunidade técnica nacional (cobertura, disseminação). Dentre estas, destaca-se a Verificação da Realidade Física (VRF) das Estações do Sistema Geodésico Brasileiro Manual de procedimentos. O manual tem por objetivo mostrar, de forma simples e prática as tarefas que poderão ser desenvolvidas pelos técnicos do ITCG/IBGE nas atividades de Verificação da Realidade Física (VRF) das estações pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). A organização deste material tem como base os manuais, apostilas e trabalhos realizados pela Coordenação de Geodésia (CGED), Gerências de Geodésia e Cartografia (GGCs), do IBGE instruções firmadas em reuniões técnicas, e sobretudo, as experiências vividas pelos técnicos em campo.

Palavras-chave: Estruturas Geodésicas, Conservação, Levantamento das Estruturas
e-mail: carlosrp@itcg.pr.gov.br

1. INTRODUÇÃO

As informações e conhecimentos produzidos pela cartografia são utilizados no cotidiano, sem que se perceba. Ao se consultar um guia de mapas de ruas, nas aulas de geografia da escola, no aparelho de GPS (*Global Positioning System*) do automóvel e em outras situações, entra-se em contato com esta ciência que atua, principalmente, na elaboração e interpretação de mapas. Portanto, a cartografia é uma ciência voltada para a elaboração de mapas unindo conhecimentos científicos, técnicos e artísticos.

Pode-se dizer que a cartografia surgiu na antiguidade, pois encontramos representações de mapas na Grécia antiga, Mesopotâmia, entre outros povos da antiguidade. Evidentemente que os cartógrafos da época antiga não tinham muitos recursos para produzirem mapas com precisão. Os mapas antigos eram repletos de imperfeições, principalmente, no que se refere à proporcionalidade. Mesmo assim, serviam de referência para viajantes e comerciantes da época, que necessitavam muito de informações para planejarem suas viagens.

Na época das Grandes Navegações e Descobrimentos Marítimos (séculos XV e XVI), os cartógrafos foram extremamente importantes. Cada expedição levava um especialista em mapas, pois era importante que as embarcações não se perdessem nos vastos oceanos. Foi no século XVI que os primeiros mapas do continente americano e também do Brasil foram elaborados.

Atualmente, os cartógrafos contam com informações gráficas enviadas por satélites. Estes dados chegam com total precisão, cabendo ao cartógrafo interpretá-los e organizá-los de forma científica. Computadores avançados são utilizados nestas operações, oferecendo resultados de grande importância. Os mapas cartográficos auxiliam na agricultura, previsão do tempo, construção de rodovias, aviação, planejamento ambiental e em vários sistemas de orientação que usamos no dia a dia.

No Brasil, os organismos oficiais responsáveis pelo mapeamento sistemático nacional são a DSG (Diretoria de Serviço Geográfico do Exército) e o IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE). Sendo esse último uma Instituição da Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão da Presidência da República do Governo Brasileiro, com suas atividades definidas pela Lei nº. 5878 de 11/05/73, que tem como objetivo básico assegurar informações, estudos e

pesquisas de natureza estatística, geográfica, cartográfica, geodésica, demográfica de recursos naturais e meio ambientes, necessárias ao conhecimento da realidade física, econômica e social do país.

O Sistema Geodésico Brasileiro – SGB começou a ser implantado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 17 de maio de 1944, e tem sido utilizado ao longo dos anos por usuários que necessitam de informações posicionais para diversos fins, tais como: apoio ao mapeamento, demarcação de unidades político administrativas, obras de engenharia, regulamentação fundiária, posicionamento de plataformas de prospecção de petróleo, delimitação de regiões de pesquisas geofísicas, etc.

Ao longo de seus mais de 40 anos, a componente planimétrica do SGB utilizou diferentes métodos de posicionamento. Inicialmente foram empregados os denominados métodos clássicos (triangulação, métodos astronômicos e poligonização geodésica), que foram responsáveis pela determinação de coordenadas em um conjunto de vértices, cuja ocupação era imprescindível na materialização do Sistema Geodésico de Referência. Em 1978, a Geodésia à Satélite passou a ser utilizada através do emprego do sistema TRANSIT, que foi desenvolvido pela Marinha dos Estados Unidos da América para o desenvolvimento de técnicas de navegação, especialmente em alto mar, o que possibilitou que a Região Amazônica, inacessível até então, fosse integrada ao SGB.

Em 1991, o IBGE passou a empregar exclusivamente o NAVSTAR/GPS (*Navigation Satellite with time and Rancing / Global Positioning System*), para a densificação da componente planimétrica do SGB, gerando a Rede Nacional GPS. A operacionalização da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, iniciada em 1996, implantou o conceito de rede ativa, através do monitoramento contínuo de satélites do GPS. Paralelamente as diferentes metodologias empregadas, também foram utilizadas diferentes sistemas de referência. Atualmente, o sistema de referência adotado é o SAD 69 (South American Datum 1969), definido pela Resolução IBGE – PR nº 22, de 21/07/1983, subitem 2.1. Este sistema de referência, entretanto, não é compatível com as modernas técnicas de posicionamento, como por exemplo, o GPS. Este fato fez com que o IBGE, em 2000, durante o I Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil, apresentasse uma proposta de atualização do sistema de referência nacional, através da criação do Projeto Mudança do Referencial Geodésico – PMRG. Este projeto tem como objetivo

promover a substituição do sistema de referência atual, o SAD 69, para um novo sistema, compatível com as novas tecnologias de posicionamento e representação, no caso o SIRGAS 2000.

A justificativa deste trabalho baseia-se, principalmente, nas características marcantes de crescimento populacional que o Brasil vem apresentando nas últimas décadas. Portanto, é imprescindível o conhecimento de seu espaço urbano e rural para o efetivo gerenciamento do seu território. Sob esta ótica surge a necessidade cada vez maior de produtos cartográficos que apresentem uma boa precisão geométrica, um detalhamento e a realidade (atualidade). Em razão da necessidade de se ter produtos com qualidade, usuários têm feito muitas críticas as cartas topográficas do mapeamento sistemático nacional, porque segundo eles são disponibilizadas sem confiabilidade e qualidade comprovada.

Assim, em virtude dessas críticas fica justificado o principal motivo que levou o autor a desenvolver o presente trabalho que contribui para a divulgação da importância junto aos órgãos competentes a fim de que estas estruturas geodésicas não sejam destruídas nem por falta de informação nem por vandalismo, demonstrando o verdadeiro significado da existência destas estações planialtimétricas.

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

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

O objetivo geral deste trabalho é realizar um levantamento quantitativo e qualitativo das estações altimétricas que possa servir de subsídio para conscientizar os usuários e a sociedade da importância da conservação dessas estruturas para a diminuição dos custos nos trabalhos de interesse comum no planejamento cartográfico, urbano e rural.

E como objetivos específicos, levantar o número e mapear algumas estações altimétricas, avaliar as condições de conservação, verificar os custos para o

levantamento dessas estações, apresentar relatório consubstancial evidenciando as condições das estações altimétricas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste item são abordados fundamentos teóricos sobre Geodésia: Origem da Geodésia; Geodésia; Origem no Brasil; Breve Histórico da Geodésia no IBGE; Sistemas Geodésicos de Referência; Sistema Geodésico de Referência Mundial; Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas; Sistemas Geodésicos de Referência; Sistema Geodésico de Referência Mundial; Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas; Sistemas Geodésicos de Referência Utilizada no Mapeamento Sistemático Nacional; Configuração Espacial do Sistema Geodésico Brasileiro; Posicionamento por Satélites Artificiais; Fotogrametria; Breve Histórico da Fotogrametria; Cartografia; Mapeamento; Cartografia Digital; Mapoteca Topográfica Digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Mapeamento Sistemático Nacional; Breve Histórico do Mapeamento Oficial no Brasil; Sistema Cartográfico Nacional; Situação do Mapeamento Sistemático Nacional; Campos de Aplicação da Cartografia; Qualidade em Cartografia; Erros na Carta; Exatidão e Precisão Cartográfica; Padrões de Exatidão Cartográfica no Brasil; Padrões de Exatidão Cartográfica em Outros Países; Estruturas Geodésicas; Padronização dos Marcos Geodésicos; Localização da Estação; Identificação da Estação; Fixação da Chapa de Identificação; Materialização das Estruturas; Materialização das Estruturas com Dispositivo de Centragem Forçada; Rede GPS do Estado do Paraná; Rede GPS de 1996; Adensamento da Rede GPS do Estado do Paraná ano 2007.

2.1 ORIGEM DA GEODÉSIA

Os seres humanos têm, há muito tempo, se preocupado com a Terra sobre a qual vivemos. Em passado remoto, esta preocupação se limitava a mapear a vizinhança imediata de nossas casas; com o tempo, foi se tornando útil, e mesmo necessário, localizar e mapear outras regiões, para fins de rotas comerciais e de exploração. Finalmente, com o aumento da capacidade de se transportar a grandes

distâncias, surgiu o interesse em se estabelecer a forma, o tamanho e composição de todo o planeta.

Segundo o Prof. Basílio Santiago, do Depto de Astronomia da UFRGS, os gregos dos períodos arcaico e clássico tiveram idéias variadas quanto à forma e tamanho da Terra. Homero sugeriu uma forma de um disco plano; Pitágoras e Aristóteles advogavam uma forma esférica. Pitágoras era um matemático que considerava a esfera a figura geométrica mais perfeita, sendo para ele, portanto, natural que os deuses dessem esta forma ao mundo. Já Anaximenes acreditava que a Terra tinha uma forma retangular. A idéia de uma Terra esférica foi predominante entre os Gregos. A tarefa seguinte e que ocupou muitas mentes foi a de determinar seu tamanho. Platão estimou a circunferência da Terra como sendo de 40.000 milhas. Arquimedes estimou em 30.000 milhas. Estes valores, contudo, não passavam muito do campo da mera especulação. Coube a Eratóstenes, no século II A.C, determinar o tamanho da Terra usando medidas objetivas. Ele notou que no dia do solstício de verão os raios solares atingiam o fundo de um poço em Siena (atual Assuan, no Egito) ao meio dia. Ver figura 1.

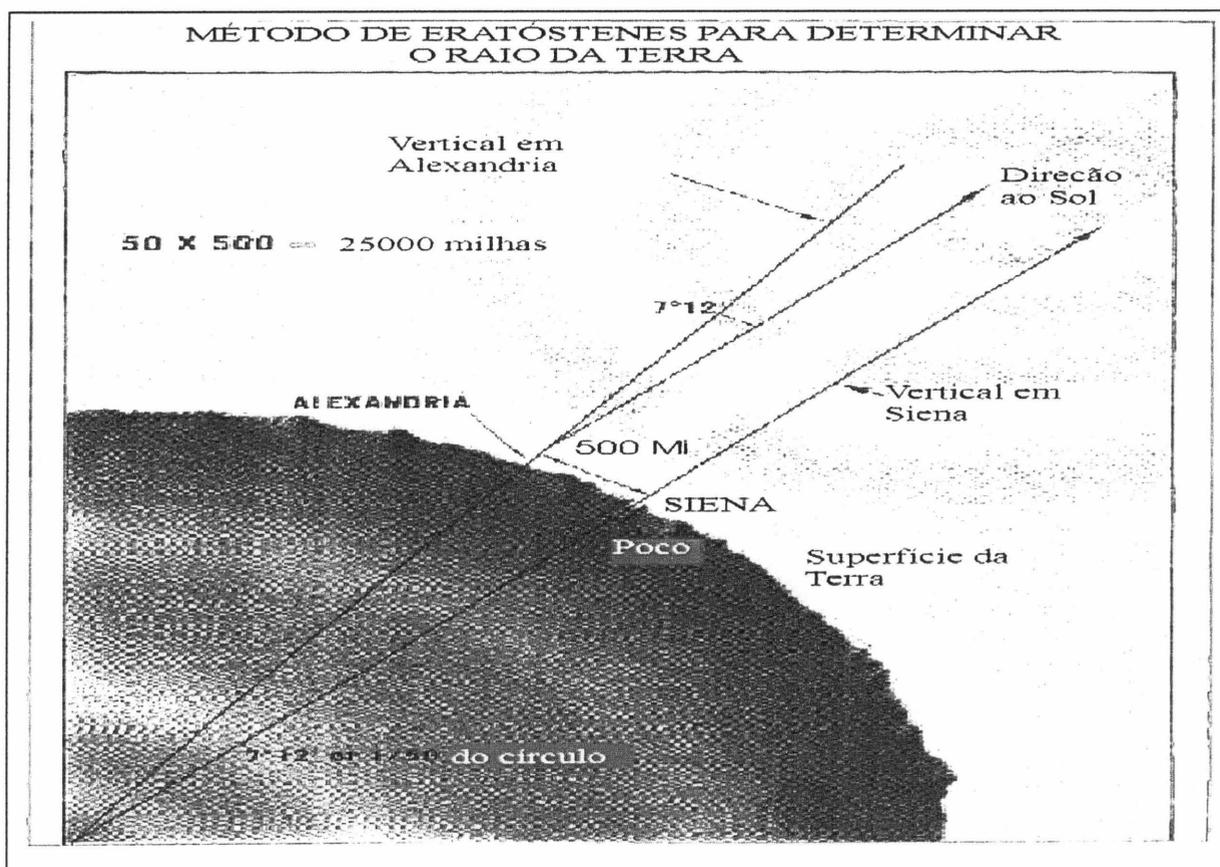


Figura 1 - Método de Eratóstenes para determinar o raio da Terra

Fonte: Basílio Santiago, santiago@if.ufrgs.br

No mesmo instante, contudo, o Sol não estava exatamente no zênite na cidade de Alexandria, a norte de Siena; o Sol projetava uma sombra tal que ele pode determinar o ângulo de incidência de seus raios: $7^{\circ} 12'$, correspondendo a $1/50$ de um círculo. Conhecido o arco de circunferência entre as duas cidades, ou seja, a distância entre elas, Eratóstenes pode então estimar a circunferência do globo. Como a distância era de umas 500 milhas (na direção norte-sul), a terra deveria ter $50 \times 500 = 25.000$ milhas de circunferência. Este é um valor bastante próximo do raio equatorial terrestre (24.901 milhas, valor adotado no *World Geodetic System*).

A precisão de medida de Eratóstenes é incrível considerando-se todas as aproximações embutidas no seu cálculo. Siena na verdade não está exatamente no trópico de Câncer (ou seja, os raios solares não são estritamente perpendiculares à superfície no solstício de verão), sua distância a Alexandria é de 453 milhas (ao invés de 500 milhas) e as duas cidades não estão alinhadas na direção norte-sul.

Outro Grego antigo a estimar o tamanho do globo foi Posidonius. Ele utilizou uma estrela que era circumpolar quando vista da cidade de Rodes, tangenciando o horizonte no instante da culminação inferior. Esta mesma estrela teve então sua altura medida em Alexandria e, conhecida, à distância entre as duas cidades, foi possível a Posidonius determinar um valor de 24.000 milhas para a circunferência da Terra. Outro filósofo grego revisou o método de Posidonius e encontrou um valor substancialmente menor: 18.000 milhas. Este valor foi o adotado por Ptolomeu, cujo trabalho e modelo de cosmos foi adotado na Europa ao longo da Idade Média. Foi possivelmente graças a esta sub estimativa da circunferência do globo que Cristóvão Colombo foi levado a crer que o Extremo Oriente estaria a apenas umas 3 ou 4 mil milhas a oeste da Europa. Somente no século XV que o valor aceito por Ptolomeu foi revisado pelo cartógrafo finlandês Mercator.

O advento do telescópio, de tabelas logarítmicas e do método da triangulação foram contribuições do século XVII à ciência da Geodésia. Nesta época, o Francês Picard fez medidas de arcos que podem ser consideradas modernas. Ele mediu uma linha de base usando traves de madeira e um telescópio para medir ângulos. Cassini posteriormente estendeu o método de Picard, fazendo medidas de linhas de base maiores e tanto a sul quanto a norte de Paris. Quando computou o comprimento das linhas de base equivalentes a um ângulo de 1° , ele, Cassini notou que estas eram

maior na direção sul do que no norte. Tal resultado foi o primeiro indício de um desvio da forma da Terra com relação a uma esfera.

A expressão "figura da Terra" tem significados diversos em geodésia de acordo com o contexto e com o grau de precisão com que se deseja definir o tamanho e a forma do planeta. A verdadeira superfície topográfica é bem diversificada com sua variedade de formações de solo e áreas líquidas. É nessa superfície, na verdade, que as medidas são feitas. Ela não é, contudo, adequada para cálculos matemáticos exatos, pois as fórmulas necessárias para acomodar as irregularidades exigiriam uma quantidade proibitiva de parâmetros e cálculos. A superfície topográfica é, em geral, preocupação de topógrafos e de hidrógrafos.

O conceito esférico de Pitágoras oferece uma superfície simples e fácil de se lidar matematicamente. Muitos cálculos astronômicos e de navegação fazem uso desta representação da superfície da Terra. Ainda que uma esfera seja uma aproximação fiel e satisfatória em muitos casos, para geodestas interessados em medidas de grandes distâncias, envolvendo continentes e oceanos, uma figura mais exata se faz necessária. A idéia de uma superfície plana, por outro lado, ainda é aceitável em pesquisas sobre pequenas áreas. Modelos planos são usados em pesquisas em área relativamente pequenas, sem nenhuma correção para a curvatura da Terra. Um levantamento de uma cidade, por exemplo, provavelmente seria levado a cabo desprezando-se tal curvatura. Para áreas pequenas assim, posições relativas entre pontos podem ser determinadas com exatidão sem considerar-se o tamanho e a forma do planeta.

Dado que a Terra é ligeiramente achatada nos pólos e se alarga mais no equador, a figura geométrica regular usada em Geodésia e que mais se aproxima de sua verdadeira forma é o elipsóide de revolução. O elipsóide de revolução é a figura que se obtém ao se rodar uma elipse em torno de seu eixo menor. Ver figura 2.

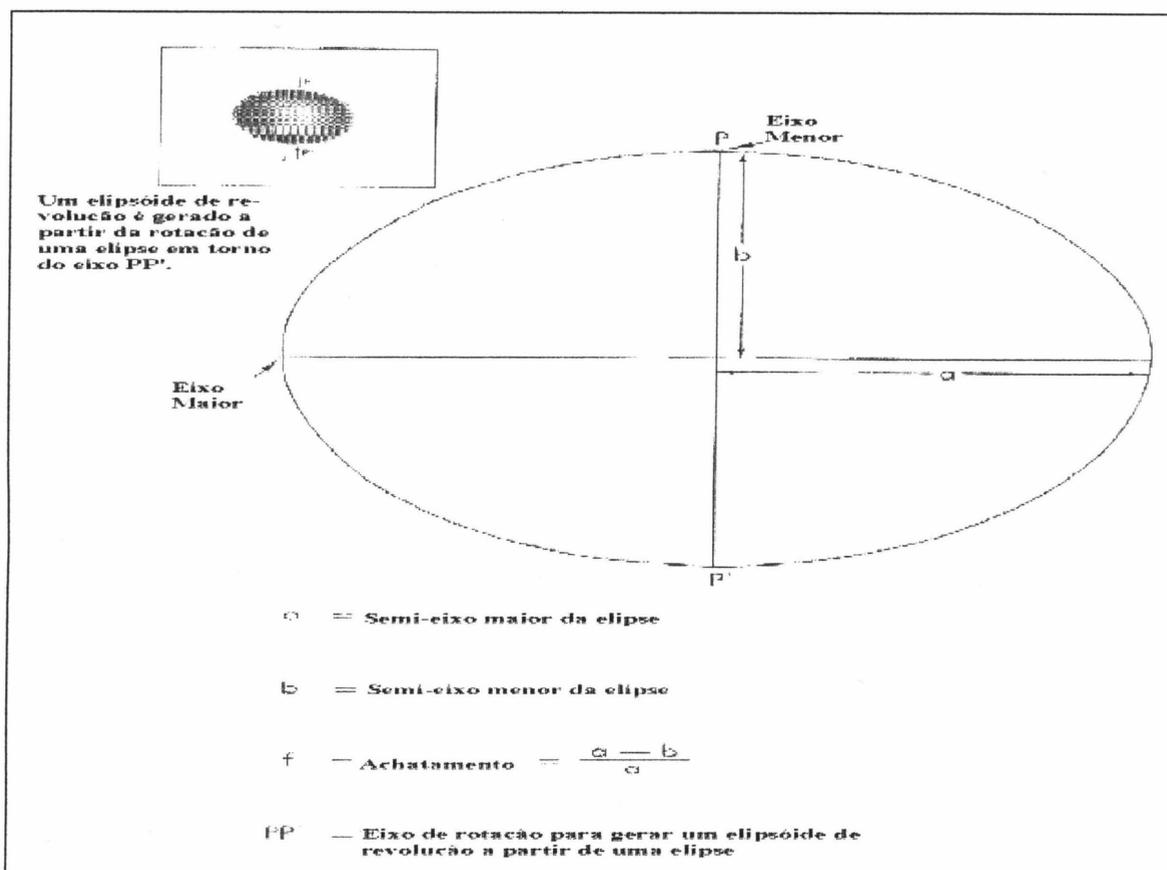


Figura 2 - Elementos de uma Elipse

Fonte: Basílio Santiago, santiago@if.ufrgs.br

Um elipsóide de revolução é univocamente determinado pela especificação de dois parâmetros. Geodestas, por convenção, usam o semi-eixo maior e o achatamento. O tamanho da figura é determinado pelo raio do equador, o semi-eixo maior, geralmente representado pela letra a . A forma do elipsóide é definida pelo achatamento, f , que indica o quanto o elipsóide se aproxima de uma esfera. A diferença entre um elipsóide de revolução que represente a Terra e uma esfera é bem pequena. Ver figura 3.

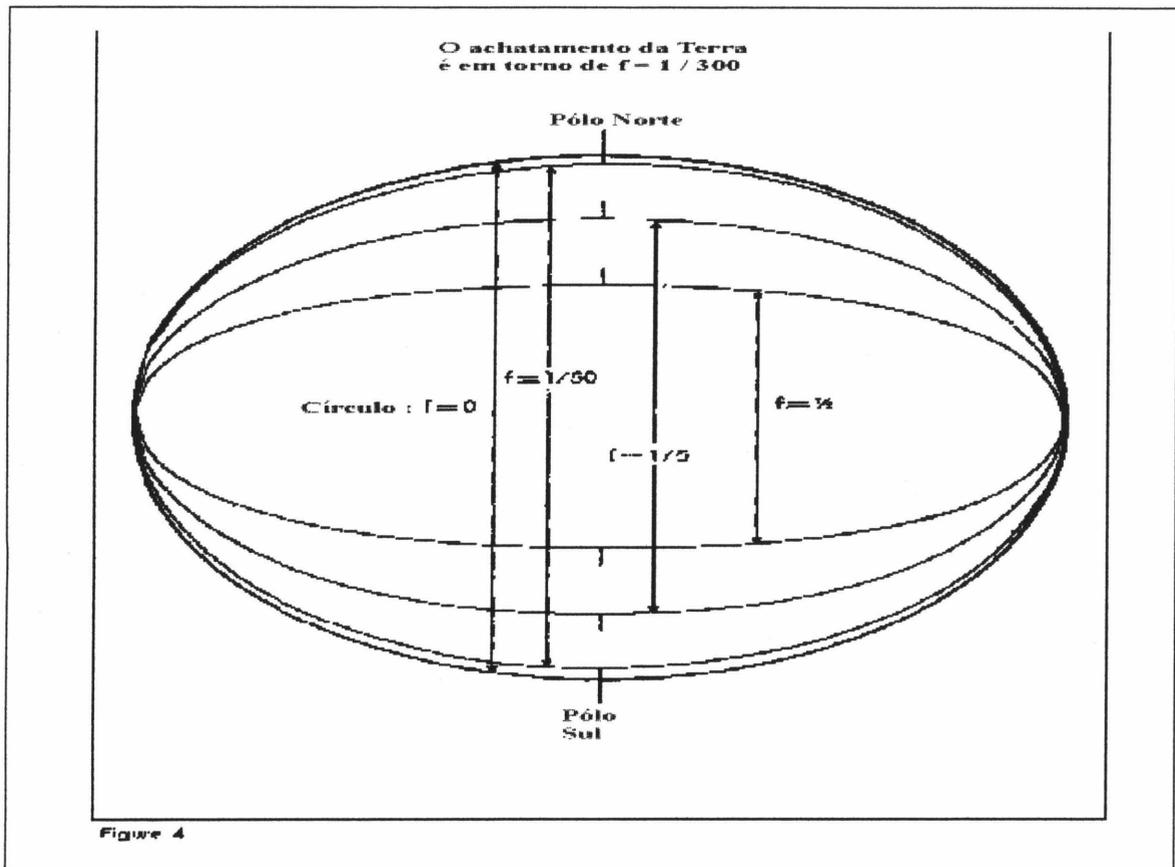


Figura 3 - Achatamento da terra

Fonte: Basílio Santiago, santiago@if.ufrgs.br

Sabemos que as medidas em geodésia são feitas sobre a superfície aparente ou topográfica da Terra e que os cálculos teóricos assumem um modelo, geralmente elipsoidal. Há uma outra superfície também envolvida nos cálculos: o geóide. Em levantamentos geodésicos, a computação das coordenadas geodésicas de pontos é feita em um elipsóide que aproxima com precisão o tamanho e a forma da Terra na região considerada. As medidas, por seu turno, feitas na superfície da Terra com determinados instrumentos se referem ao geóide, tal como explicado abaixo. O elipsóide é uma superfície regular definida matematicamente e com dimensões especificadas. O geóide, por seu turno, coincide com a superfície que os oceanos descreveriam se fossem livres para se ajustar ao efeito combinado da atração gravitacional causada pela distribuição de massa da Terra e pela força centrífuga resultante de sua rotação. Devido à distribuição irregular da massa da Terra, a superfície do geóide é irregular e, como o elipsóide é regular, essas superfícies não serão coincidentes. As diferenças são usualmente chamadas de ondulações geoidais, alturas geoidais ou separações geoidais. Ver figura 4.

O geóide é uma superfície ao longo da qual o potencial gravitacional é em todo lugar igual (ou seja, é uma superfície de isopotencial). Assim, a aceleração gravitacional é sempre perpendicular à superfície geoidal. Esta última característica é particularmente importante, pois instrumentos óticos que contém mecanismos de nivelamento são comumente usados em medições geodésicas. Quando ajustadas de maneira apropriada, o eixo vertical do instrumento coincide com a direção da gravidade e é, por conseguinte, perpendicular ao geóide. O ângulo entre a linha de prumo que é perpendicular ao geóide (por vezes chamada simplesmente de "vertical") e a perpendicular ao elipsóide (por vezes chamada de "normal") é definida como o desvio da vertical.

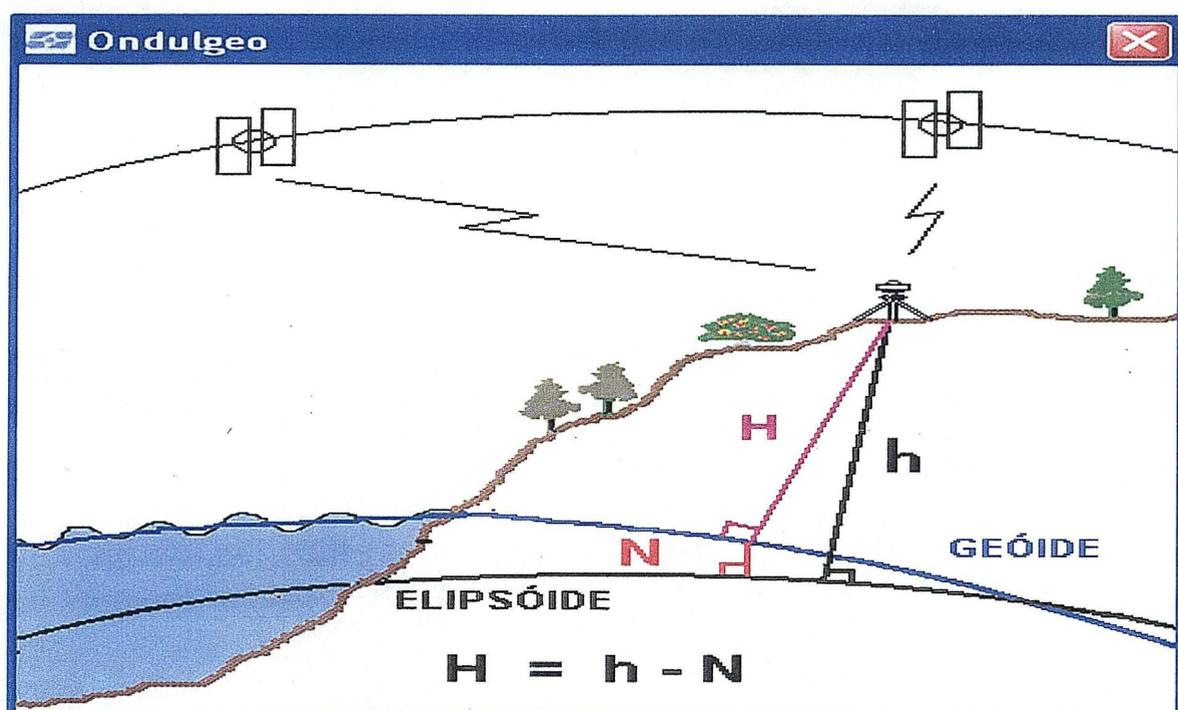


Figura 4 - Ondulação geoidal
Fonte: IBGE (2004)

A posição de um ponto pode ser obtida diretamente pela observação de estrelas. Este método de posicionamento astronômico é o mais antigo de todos. Tem sido usado ao longo dos anos por navegadores e, mais recentemente, por aviadores. Exploradores freqüentemente usavam o método de posicionamento pelos astros para se situarem em regiões não cartografadas. Geodestas precisam de determinações astronômicas, conjuntamente com outros tipos de dados, provenientes, por exemplo, de triangulações e trilerações, para estabelecer posições precisas. Posições obtidas astronômicamente e não vinculadas a

levantamentos geodésicos não podem ser relacionadas umas às outras com precisão suficiente para o cálculo de distâncias e direções.

Como o próprio termo sugere, posições astronômicas são obtidas pela medida de ângulos entre uma linha de prumo (vertical) em um dado ponto e a direção a uma estrela (ou várias), anotando-se o instante exato em que tais medidas são feitas. Ao se combinar essas observações com dados de catálogos estelares ou anuários astronômicos, a direção da vertical (zênite) é então determinada.

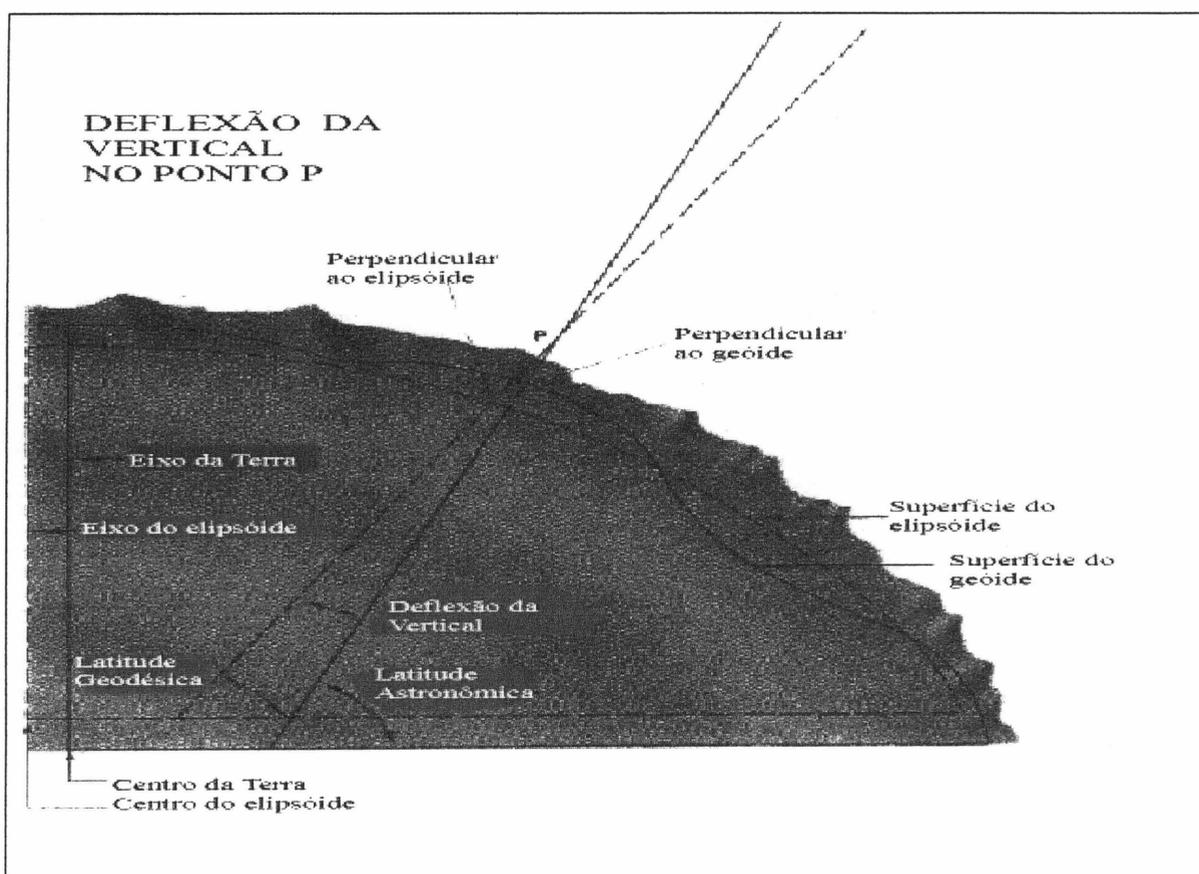


Figura 5 - Desvio da Vertical

Fonte: Basílio Santiago, santiago@if.ufrgs.br

Ainda que técnicas elaboradas e bastante precisas de se determinar latitudes astronômicas sejam usadas pelos geodestas, o método mais simples, pelo menos no Hemisfério Norte, é o de se medir a altura da estrela Polaris. De qualquer forma, podemos definir latitude astronômica como sendo o ângulo entre a perpendicular ao geóide no ponto considerado e o plano do Equador. Já longitude astronômica é

definida como o ângulo entre o plano do meridiano de Greenwich e o plano do meridiano que contém o ponto considerado. Ver figura 5.

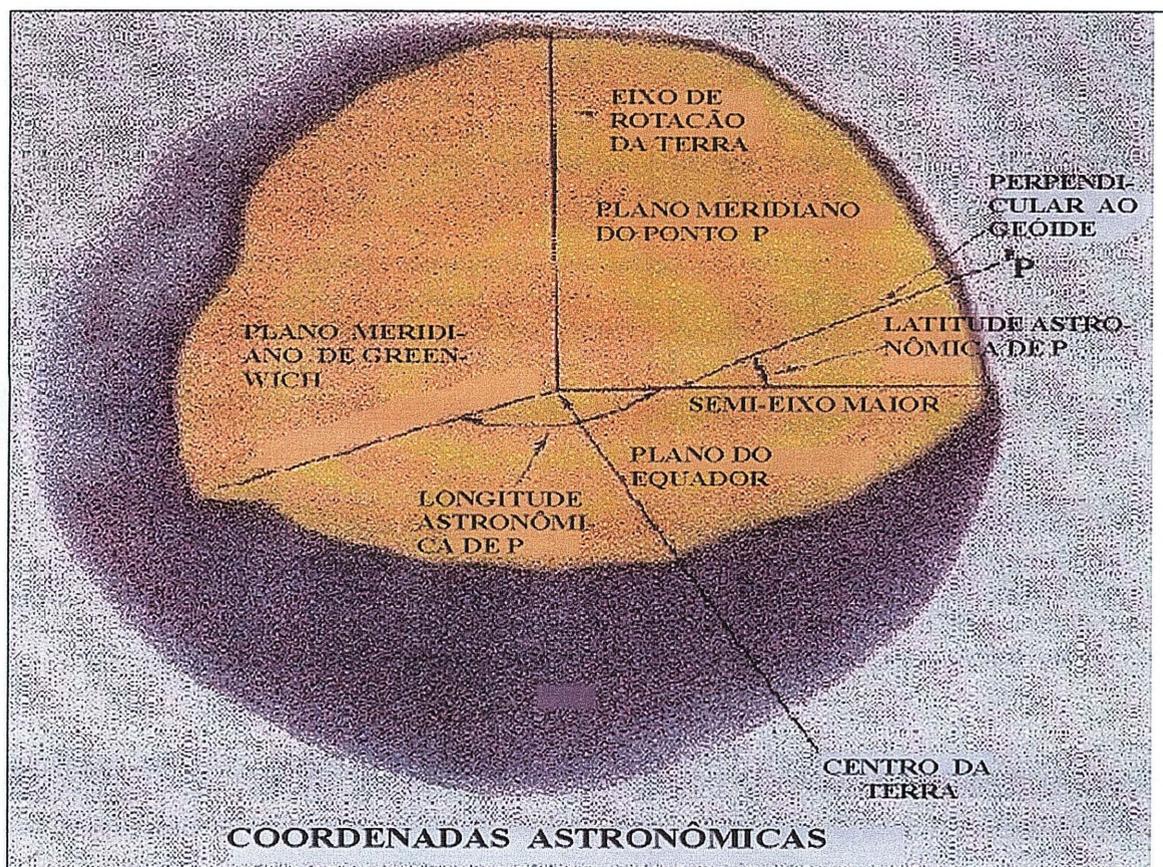


Figura 6 - Coordenadas Astronômicas
 Fonte: Basílio Santiago, santiago@if.ufrgs.br

Na verdade, a longitude astronômica de um ponto é medida pela determinação da diferença de tempo (em horas, minutos e segundos) entre o instante em que uma estrela específica faz sua passagem pelo meridiano de Greenwich e o instante em que ela passa pelo meridiano do ponto considerado.

Equipamento de rádio na faixa de ondas curtas é usado para obter sinais que informam a hora em Greenwich (hora sideral ou a hora universal) a intervalos regulares, permitindo assim determinar-se a hora da passagem meridiana de uma estrela em um ponto cuja longitude se deseja medir. Usando-se informações de anuários e efemérides, pode-se obter a hora em que a estrela passou pelo meridiano de Greenwich naquele dia. A diferença de tempo, convertida em ângulos, nos dá a longitude astronômica do local. Como a informação sobre a hora em Greenwich pode não ser obtida simultaneamente à observação da passagem

meridiana da estrela no ponto em questão, é comum usar-se um cronômetro de precisão para medir o intervalo entre o instante da observação e o da informação sobre a hora universal.

Outra determinação astronômica importante é a do azimute de uma mira. Medidas azimutais de alta precisão são usadas no método de triangulação. Novamente usando-se a figura 6, o azimute astronômico de um ponto Q com relação ao ponto P é definido como o ângulo entre o plano meridiano que contém P e o plano que contém tanto Q quanto a perpendicular ao geóide passando por P. Este ângulo, em geral, tem origem no ponto cardeal norte e é contado de 0° a 360° no sentido leste.

Observações astronômicas são feitas com instrumentos óticos, como o teodolito, a câmara zenital ou o astrolábio, todos contendo mecanismos de nivelamento da base do instrumento. Quando nivelados de forma adequada, o eixo vertical desses instrumentos (que é perpendicular à sua base) coincide com a direção da aceleração gravitacional, sendo, portanto, perpendicular ao geóide naquele ponto. Dessa forma, determinações astronômicas sempre se referem ao geóide. Como o geóide é uma superfície irregular, as posições assim determinadas para diferentes pontos são independentes umas das outras. Ver figura 6.

2.1.1 Geodésia

Segundo MENEZES:

Geodésia é "uma ciência que se ocupa do estudo da forma e tamanho da Terra, no aspecto geométrico e, com o estudo de certos fenômenos físicos, tais como a gravidade e o campo gravitacional terrestre, para encontrar explicações sobre as irregularidades menos aparentes da própria forma da Terra". (MENEZES, 1998 apud PEREIRA, 2001, p. 43).

A Geodésia também estuda uma superfície equipotencial que tem especial significância e que mais se aproxima da superfície dos oceanos em repouso, e não ao seu nível, quando eles se prolongam sob os continentes e se encontram livres dos efeitos das marés, ondas, ventos, correntes, etc. Esta superfície é chamada geóide que é uma superfície irregular, que não pode ser matematicamente definida.

Porém, é importante não só para a pesquisa científica, como por exemplo, para acompanhar a evolução da placas tectônica, mas também para diversas atividades cotidianas, como por exemplo, na determinação das altitudes

ortométricas, que normalmente são empregadas no mapeamento topográfico. Para contornar o problema da difícil representação do geóide, a forma da terra tem sido matematicamente definida por um elipsóide de revolução, que é a figura geométrica que mais se aproxima da forma real da terra: achatada nos pólos e alongada no Equador. Esta é a superfície de referência mais amplamente empregada em levantamentos e mapeamentos, sendo utilizada em projeções cartográficas e no estabelecimento de coordenadas horizontais das redes geodésicas, permitindo a execução de diversos cálculos, com uma precisão adequada a todas as atividades que se fazem necessária.

As atividades geodésicas têm experimentado uma verdadeira revolução com o advento do Sistema de Posicionamento Global (GPS). A capacidade que este sistema possui de permitir a determinação de posições, estáticas ou cinemáticas, aliando rapidez e precisão muito superiores aos métodos clássicos de levantamento, provocou a necessidade de revisão das características do SGB. A implantação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) representa a consequência desta rediscussão. Com o seu funcionamento, os usuários de informações do IBGE passarão a contar com uma infra-estrutura ativa e compatível com os métodos atuais de posicionamento baseados no GPS. Entretanto, a componente altimétrica do SGB ainda não está totalmente contemplada, em virtude de desconhecermos com suficiente precisão a forma real da Terra (geóide). Com isto, há a necessidade de se concentrar esforços nas atividades de nivelamento geodésico, de maregrafia e de gravimetria, que levarão a um maior conhecimento do geóide, com todas as suas anomalias, segundo a escala dos geodestas. Será possível, então, o uso da ferramenta GPS em um espectro mais amplo de aplicações onde se busca preferencialmente a determinação dos valores de altitude.

A Geodésia é a Ciência aplicada que estuda a forma, as dimensões e o campo de gravidade da Terra e, embora sua finalidade primordial seja científica, ela é empregada como estrutura básica do mapeamento e trabalhos topográficos. Estes fins práticos são a razão de seu desenvolvimento e realização, na maioria dos países. Os levantamentos geodésicos compreendem o conjunto de atividades dirigidas para as medições e observações que se destinam à determinação da forma e dimensões do nosso planeta (geóide¹ e elipsóide²). É a base para o

¹ Figura matemática bem próxima do geóide, na forma e no tamanho, a qual é muito utilizada como superfície de referência para os levantamentos geodésicos.

estabelecimento do referencial físico e geométrico necessário ao posicionamento dos elementos que compõem a paisagem territorial. Segundo o IBGE (DEGED) os levantamentos geodésicos classificam-se em três grandes grupos:

- a) Levantamentos Geodésicos de Alta Precisão (Âmbito Nacional)
- b) Levantamentos Geodésicos de Precisão (Âmbito Nacional)
- c) Levantamentos Geodésicos para fins Topográficos (Local)

Têm características locais. Dirige-se ao atendimento dos levantamentos no horizonte topográfico. Têm a finalidade de fornecer o apoio básico indispensável às operações topográficas de levantamento, para fins de mapeamento com base em fotogrametria. Os levantamentos irão permitir o controle horizontal e vertical através da determinação de coordenadas geodésicas e altimétricas.

Dentre os levantamentos planimétricos³ clássicos, merecem destaque: Triangulação: Obtenção de Figuras geométricas a partir de triângulos formados através da medição dos ângulos subtendidos por cada vértice. Os pontos de triangulação são denominados vértices de triangulação (VVT). É o mais antigo e utilizado processo de levantamento planimétrico. - Trilateração: Método semelhante à triangulação e, como aquele, baseia-se em propriedades geométricas a partir de triângulos superpostos, sendo que o levantamento será efetuado através da medição dos lados. Poligonação: É um encadeamento de distâncias e ângulos medidos entre pontos adjacentes formando linhas poligonais ou polígonos. Partindo de uma linha formada por dois pontos conhecidos, determinam-se novos pontos, até chegar a uma linha de pontos conhecidos. Ver figura 7.

² Superfície equipotencial do campo gravimétrico da terra, coincidindo com o nível médio inalterado do mar, e que se estende por todos os continentes sem interrupção.

³ Processo de medição de superfícies planas, medição horizontal. Tudo o que é normalmente representado numa carta em escala topográfica, como a obra do homem e os acidentes naturais como cobertura vegetal e a hidrografia, exceto o relevo.

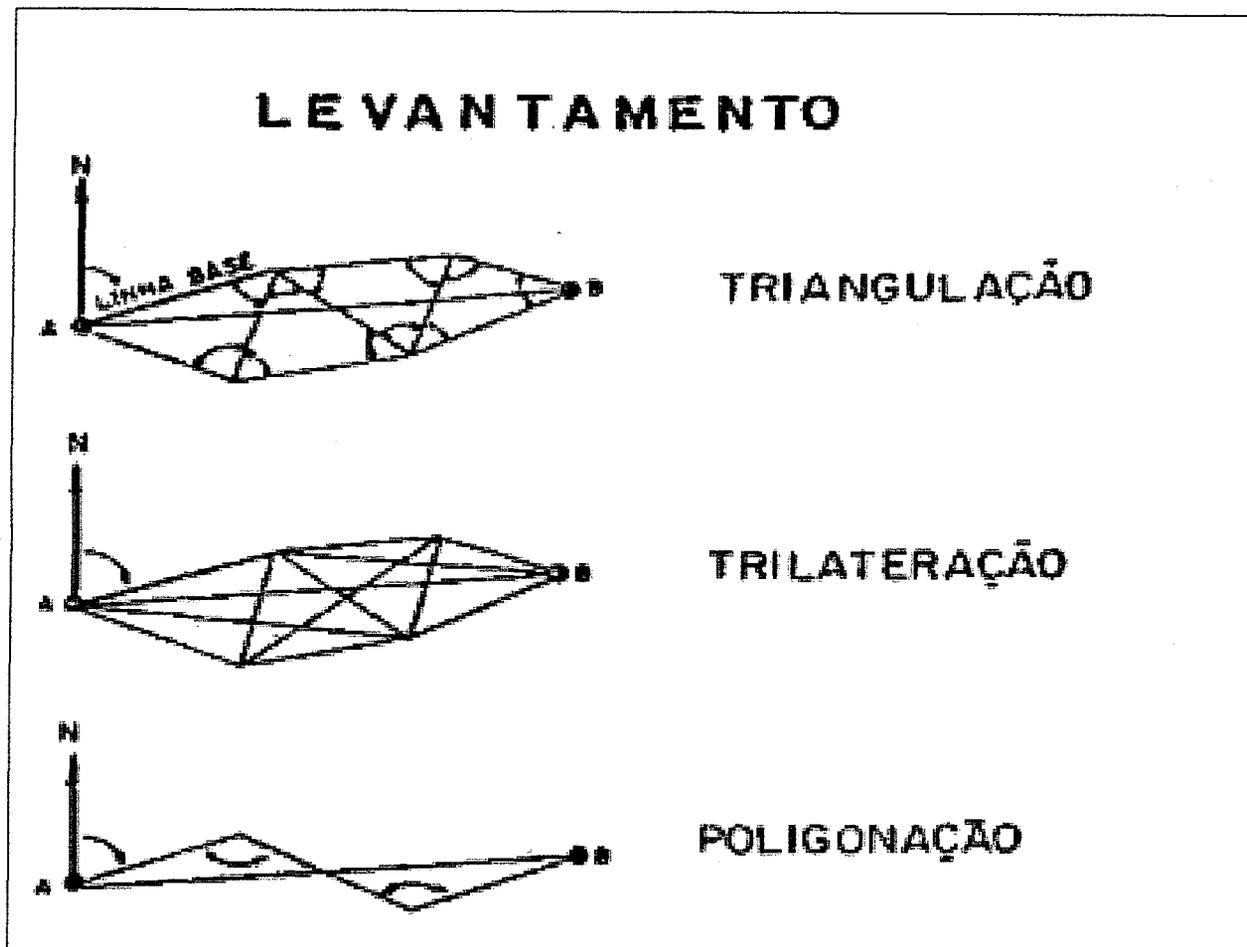


Figura 7 - Modelo de levantamentos.
Fonte: IBGE (2004)

Dentre os levantamentos, o altimétrico desenvolveu-se na forma de circuitos, servindo por ramais às cidades, vilas e povoados às margens das mesmas e distantes até 20 km. Os demais levantamentos estarão referenciados ao de alta precisão. Nivelamento Geométrico: É o método usado nos levantamentos altimétrico de alta precisão que se desenvolvem ao longo de rodovias e ferrovias. No SGB, os pontos cujas altitudes foram determinadas a partir de nivelamento geométrico são denominados referências de nível (RRNN). Nivelamento Trigonométrico: Baseia-se em relações trigonométricas. É menos preciso que o geométrico, fornece apoio altimétrico para os trabalhos topográficos. Nivelamento Barométrico: Baseia-se na relação inversamente proporcional entre pressão atmosférica e altitude. É o de mais baixa precisão, usado em regiões onde é impossível utilizar-se os métodos acima ou quando se queira maior rapidez.

Os levantamentos gravimétricos têm por finalidade o estudo do campo gravitacional terrestre, possibilitando, a partir dos seus resultados, aplicações na área da Geociência como por exemplo, a determinação da Figura e dimensões da Terra, a investigação da crosta terrestre e a prospecção de recursos minerais.

As especificações e normas gerais abordam as técnicas de medições gravimétricas vinculadas às determinações relativas com uso de gravímetros estáticos. À semelhança dos levantamentos planimétrico e altimétrico, os gravimétricos são desdobrados em: Alta precisão, precisão e para fins de detalhamento. Matematicamente, esses levantamentos são bastante similares ao nivelamento geométrico, medindo-se diferenças de aceleração da gravidade entre pontos sucessivos.

Portanto os levantamentos planialtimétricos visam determinar as coordenadas de pontos da superfície do terreno (estruturas geodésicas) a partir de uma origem pré-definida, um geóide ou um elipsóide. Os levantamentos planimétricos são efetuados com equipamentos GNSS (Global Navigation Satellite Systems) e equipamentos topográficos (estação total), enquanto que os levantamentos altimétricos são realizados com níveis eletrônicos.

2.1.2 Origem no Brasil

No Brasil, os organismos oficiais responsáveis pelo mapeamento sistemático nacional são a DSG (Diretoria de Serviço Geográfico do Exército) e o IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico - IBGE). Sendo esse último uma Instituição da Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão da Presidência da República do Governo Brasileiro, com suas atividades definidas pela Lei nº. 5878 de 11/05/73, que tem como objetivo básico assegurar informações, estudos e pesquisas de natureza estatística, geográfica, cartográfica, geodésica, demográfica e de recursos naturais e meio ambiente, necessárias ao conhecimento da realidade física, econômica e social do país. Na prática, a atuação do IBGE, instituição responsável no País por essas atividades caracteriza-se pela implantação e manutenção do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), formado pelo conjunto de estações, materializado no terreno, cuja posição serve como referência precisa a diversos projetos de engenharia - construção de estradas, pontes, barragens, mapeamento, geofísica, pesquisas científicas, dentro outros.

2.1.3 Breve Histórico da Geodésia no IBGE

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

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

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

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

De acordo com a tendência mundial do estabelecimento de redes GPS permanentes, em 1996, o IBGE por intermédio do então Departamento de Geodésia (DEGED) e, em colaboração com o Fundo Nacional de Meio Ambiente (FNMA) e com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, iniciou o estabelecimento

da RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS em todo o território Brasileiro, com o conceito de redes ativas através do monitoramento (rastreo) contínuo de satélites, que diariamente coleta e disponibiliza automaticamente dados aos usuários em formato RINEX⁴ via internet, cujo objetivo maior foi construir uma infra-estrutura geodésica de referência para posicionamentos.

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

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

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

⁴ O formato "Receiver INdependent EXchange" (RINEX) foi desenvolvido pelo "Astronomical Institute of the University of Berne" com o propósito de facilitar o intercâmbio dos dados coletados que envolveu mais de 60 receptores GPS provenientes de 4 diferentes fabricantes (Gurtner, 1997). Esta padronização tornou-se necessária, devido aos distintos formatos e programas para o processamento dos dados obtidos nos diversos tipos de receptores. Atualmente, o formato RINEX é o mais utilizado pela comunidade internacional de usuários e fabricantes de receptores.

A Rede Maregráfica Permanente para Geodésia (RMPG) teve início em 1997, com o objetivo principal de determinar e acompanhar a evolução dos referenciais altimétricos (RNs) do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Segundo o IBGE o conjunto dessas estações permitirá que os níveis médios do mar em toda a costa do Brasil sejam determinados e correlacionados com as observações pretéritas. A RMPG proporcionará também a correlação entre todos os demais referenciais altimétricos, notadamente aqueles utilizados na Cartografia Náutica e nas operações portuárias, trazendo grandes benefícios aos usuários da RAAP em regiões costeiras.

2.1.4 Sistemas Geodésicos de Referência

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

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

2.1.5 Sistema Geodésico de Referência Mundial

a) *World Geodetic System – WGS*

O *National Imagery and Mapping Agency* - NIMA (Agência Nacional de Imagens e Mapeamento) dos Estados Unidos, antigo *Defense Mapping Agency* - DMA, Agência Cartográfica de Defesa dos Estados Unidos, produz numerosos produtos cartográficos, geodésicos e gravimétricos para apoiar o Departamento de Defesa (*DoD - Department of Defense*). Assim, era de seu interesse referir todos estes produtos a um único sistema de coordenadas geocêntricas, que permitisse relacionar informações obtidas de diferentes fontes, para aplicações a nível local e

mundial, com alta precisão. Com base nesta premissa, começaram a ser desenvolvidos estudos para a implementação de um sistema geodésico mundial. O aparecimento da Geodésia à satélite foi mais um incentivo a esta proposta., (DMA,1987).

Em 1960 surgiu o primeiro Sistema Geodésico Mundial, o *World Geodetic System 1960 (WGS 60)*. Com os avanços tecnológicos, o sistema sofreu novas definições, dando origem aos WGS 66, WGS 72 e WGS 84. De acordo com o DMA (1987), o *World Geodetic System* não tem como origem um ponto datum definido. É representado por um elipsóide, cuja posição, orientação e dimensão estão melhores ajustados à superfície equipotencial da Terra coincidente com o geóide. O WGS 84 é um sistema terrestre convencional (*Conventional Terrestrial System - CTS*), e foi realizado através de modificações no sistema de referência Doppler para navegação à satélite (NSWC9Z-2), utilizado pelas forças armadas americanas.

b) World Geodetic System 84 - WGS 84

Para a determinação do elipsóide a ser usado no sistema WGS 84 e seus parâmetros, seguiu-se a orientação da *Union Geodetic an Geophysical International - UGGI*, quando esta sugeriu que fosse adotado o *Geodetic Reference System of 1980 - GRS 80* (Sistema de Referência Geodésico de 1980). Como conseqüência, um elipsóide geocêntrico equipotencial de rotação foi adotado como sendo a forma do elipsóide WG S84.

2.1.6 Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

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

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

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

b) Coincidente com o IERS (ITRF 94, época 1995.4)

c) Elipsóide coincidente com o GRS 80.

Por esta razão COSTA (1999a) apud PEREIRA (2001) afirma que o WGS 84 é, para todos os efeitos de natureza prática, igual ao Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS). Isto é, as coordenadas SIRGAS são idênticas às coordenadas WGS 84. A primeira realização do SIRGAS foi composta por 58 estações distribuídas pelo continente e observadas por GPS no período de 26 de maio a 4 de junho de 1995. As coordenadas finais estão referidas a rede ITRF 94, época 1995.4 (IBGE, 1997). A distribuição quantitativa das estações em 2005 na América do Sul encontra-se na Tabela 1.

TABELA 1 - Estações Sirgas

| País | Numero de estações |
|----------------|--------------------|
| Argentina | 25 |
| Bolívia | 8 |
| Brasil | 61 |
| Chile | 13 |
| Colômbia | 35 |
| Equador | 7 |
| Guina Francesa | 1 |
| Paraguai | 2 |
| Peru | 1 |
| Uruguai | 3 |
| Venezuela | 4 |

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

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

No Brasil o SIRGAS 2000 substituiu o SAD 69 de acordo com a resolução do Presidente do IBGE nº. 1/2005 de 25/02/2005, que alterou a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). A Figura 8 mostra a distribuição geográfica das estações SIRGAS 2000 nas Américas.

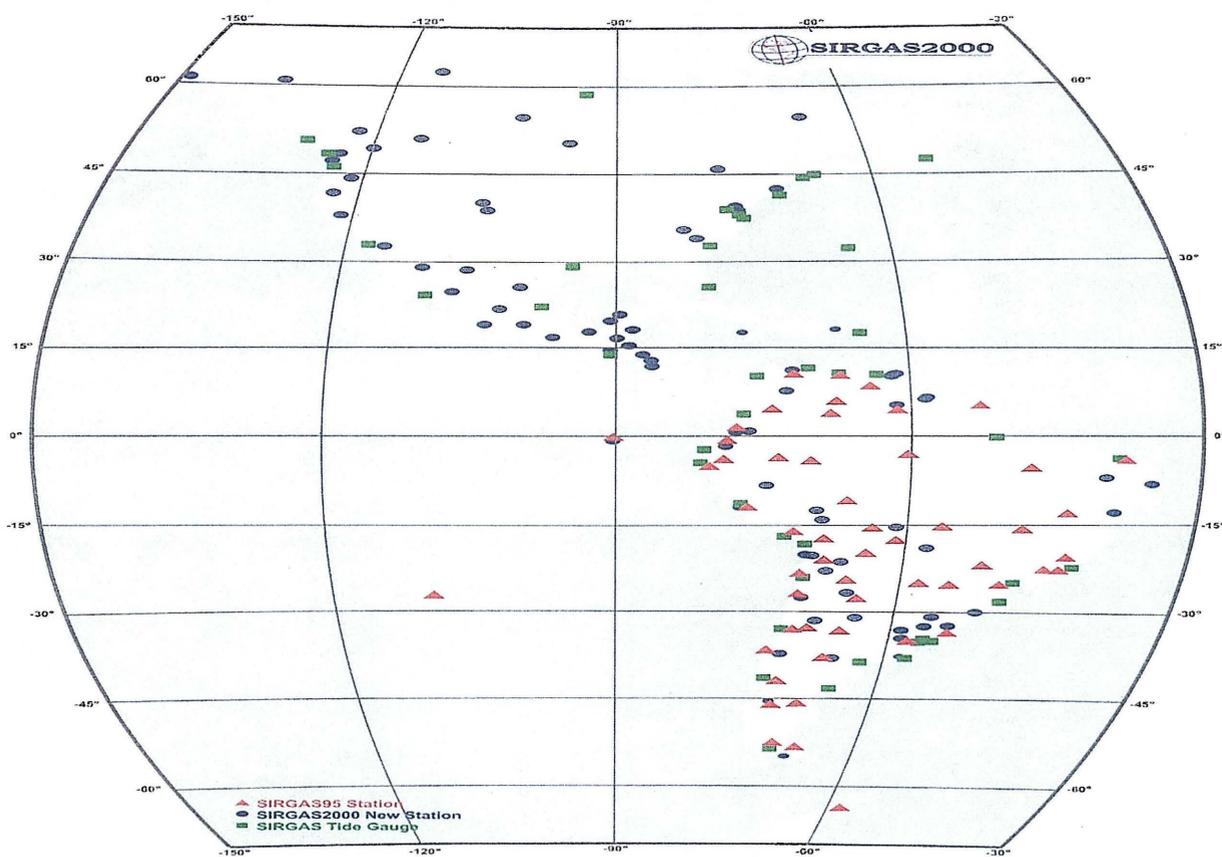


Figura 8 - Distribuição geográfica das estações SIRGAS 2000 nas Américas
Fonte: IBGE (2005)

2.1.7 Sistemas Geodésicos de Referência Utilizada no Mapeamento Sistemático Nacional

Segundo LAZZAROTTO:

A história referente às realizações geodésicas no Brasil, tem registrado sucessivas mudanças de referenciais geodésicos com épocas de concepção distintas entre si e marcam o que pode ser denominado de “geração geodésica” dos Sistemas Geodésicos de Referência (SGR) em função dos seus caracteres diferenciados do ponto de vista científico e tecnológico, (LAZZAROTTO 2003, apud LAZZAROTTO, et al, 2004, p. 94).

Estes aspectos implicam na necessidade da parametrização da transformação de coordenadas entre diferentes gerações de SGR. Porém, por diversas razões no Brasil, a transformação nem sempre pode ocorrer de forma adequada.

Para a análise de produtos cartográficos brasileiros.

Segundo LAZZAROTTO:

Introduziu o conceito de idade tecnológica e que esses produtos devem ser submetidos a uma análise referente à geração geodésica as que pertencem e, dependendo da finalidade dos seus usos, devem ser avaliados a respeito da compatibilidade entre os SGR utilizados na realização dos documentos, evidenciando compatibilidades e limitações com os referenciais de geração mais atual. (LAZZAROTTO, 2003, apud LAZZAROTTO et al 2004, p. 91).

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

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

2.1.8 Configuração Espacial do Sistema Geodésico Brasileiro

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

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

o estabelecimento e a manutenção da rede geodésica fundamental do sistema planialtimétrico único.

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

a) Estações Planimétricas

Vértices de Triangulação (VT), Estações Poligonais (EP), SAT Doppler (NNS - Sistema TRANSIT) e SAT (Sistema GPS - RBMC e redes estaduais). Estas estações vêm a colaborar na elaboração dos seguintes produtos e informações: confecção de mapas e cartas; referência para obras de engenharia tais como: construção e pavimentação de rodovias e estradas, construção de pontes, viadutos e túneis; demarcação de unidades estaduais, unidades municipais, áreas indígenas, áreas de proteção ambiental; regulamentação fundiária; transmissão de energia; abastecimento de água, etc. As Estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) utilizam tecnologia GPS (*Global Positioning System*) provocaram nesta última década uma verdadeira revolução, nas atividades de navegação e posicionamento. Os trabalhos geodésicos e topográficos passaram a ser realizados de forma mais rápida, precisa e econômica porque desempenham o papel de ponto de coordenadas conhecidas, eliminando a necessidade de que o usuário imobilize um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso.

b) Estações Altimétricas

Referências de Níveis: apresentam informações de altitudes precisas destinadas a apoiar o mapeamento e servir de suporte as grandes obras de engenharia, sendo de vital importância para projetos de saneamento básico, irrigação, estradas e telecomunicações.

c) Estações Gravimétricas

Apresenta informações gravimétricas de grande importância em diversas áreas geocientíficas: Geodésia (estudo da forma-geóide- e dimensões da terra), geologia (investigação de estruturas geológicas) e geofísica (prospecção mineral).

d) Estações Maregráficas

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

2.1.9 Posicionamento por Satélites Artificiais

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

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

O Sistema de Posicionamento Global (GPS), figura 9, foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (*DoD - Department of Defense*) e data de 1973. Inicialmente foi voltado para fins de navegação de modo que em

qualquer lugar do mundo e a qualquer momento existam pelo menos quatro satélites acima do plano do horizonte do observador.

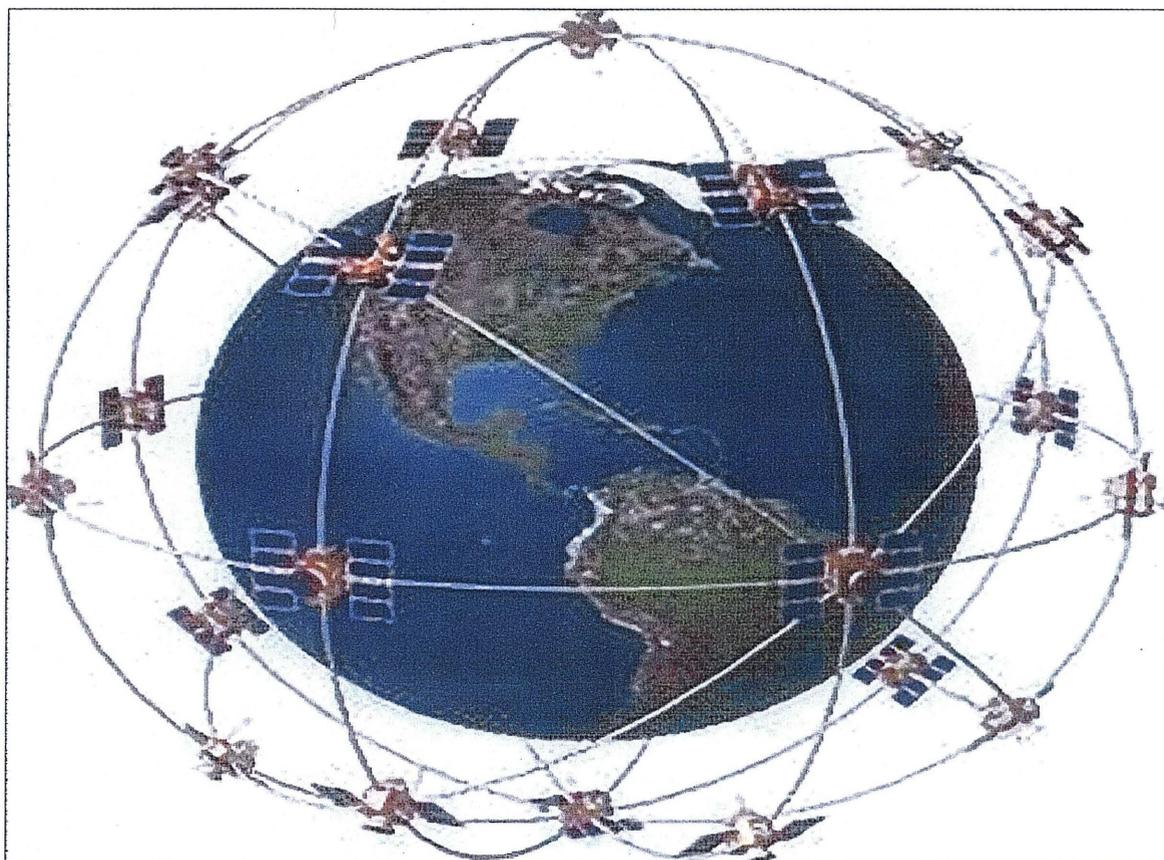


Figura 9 - Órbita dos satélites GPS
Fonte: IBGE (2005)

Embora o controle do sistema tenha sido desenvolvido para fins militares, atualmente o Departamento de Transportes (*Department of Transportation*) mantém o serviço de informações com usuários civis. O NAVSTAR (*Navigation Satellite Time And Ranging*) conhecido mais GPS devido às suas aplicações originais de navegação é um sistema de posicionamento por satélites artificiais que fornece informações de tempo e posição (latitude longitude e altitude) tridimensional de qualquer ponto da superfície terrestre e em qualquer instante. Com isso cientistas e pesquisadores no mundo inteiro começaram a explorar as potencialidades do sistema, não só aquelas destinadas à navegação e surgiram as aplicações na área da geodésia, geodinâmica, cartografia, etc. que para surpresa dos próprios

idealizadores do sistema, atingiram níveis de precisão inalcançáveis com os métodos clássicos utilizados até então. (IBGE, 1993).

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

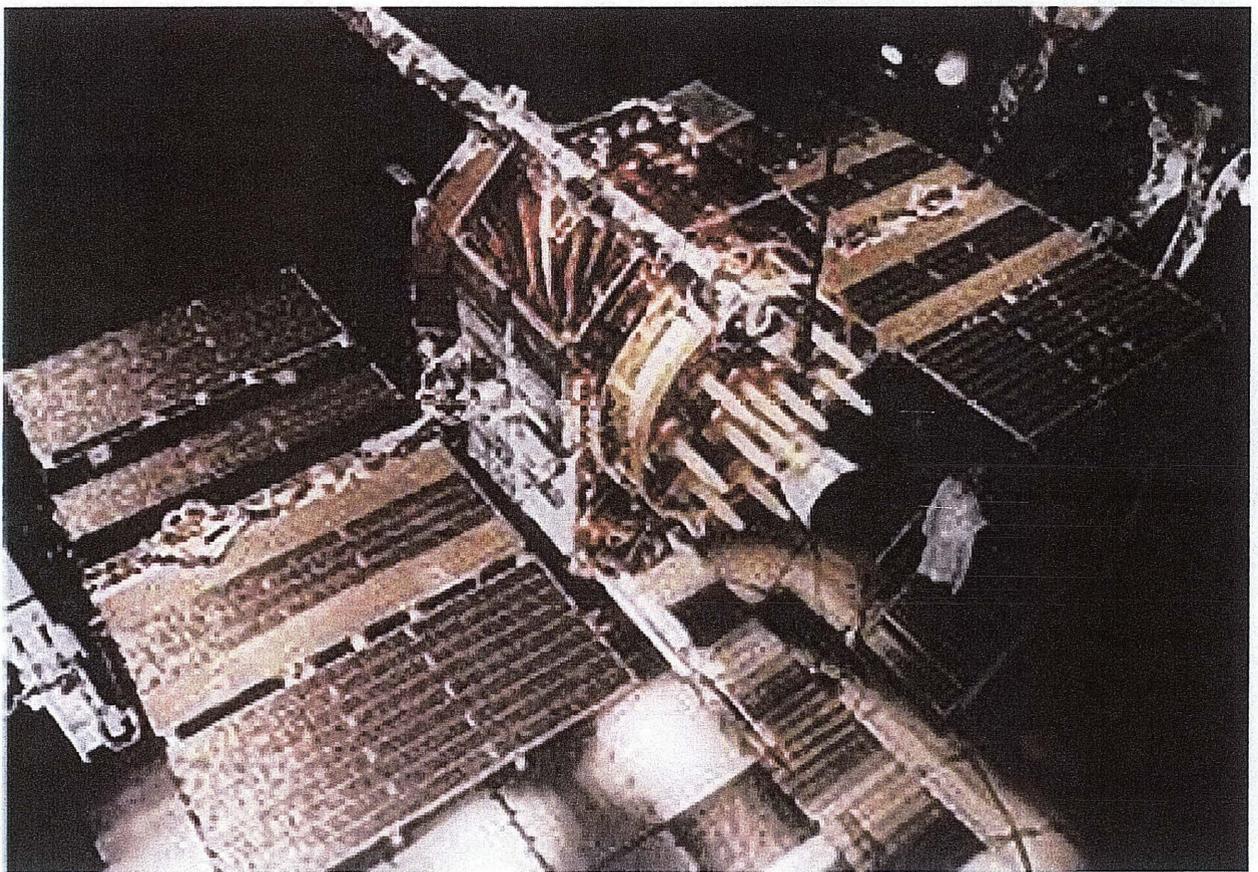


Figura 10 - Satélite GPS - 250px-Navstar
Fonte: IBGE (2005)

Com vistas a melhorias tanto para usuários civis como militares o GPS passa por um processo de modernização através das novas gerações de satélites, figura 10. Com a desativação da disponibilidade seletiva (SA - *Selective Availability*) para o usuário civil e a adição de novas observações nos satélites das novas gerações ajudam sobremaneira a popularização do sistema. Merece destaque também a

inclusão de novas estações ao segmento de controle, bem como o refinamento do WGS 84 e os principais objetivos destas iniciativas são possibilitar o rastreamento de todos os satélites GPS a qualquer instante, melhorar em 10% a acurácia das observações e promover 50 % de melhoramento nos resultados da predição das órbitas comparando-as com as órbitas precisas. O sistema geodésico GPS adotado para referência tanto das efemérides transmitidas quanto das precisas é o *World Geodetic System* de 1984 (WGS-84), o qual sofreu três refinamentos e ficou compatível com o ITRF-2000 no nível centimétrico. Sua última realização está sendo denominada de WGS-84 (G1150), onde G está associado ao sistema de posicionamento utilizado nessa nova realização (GPS) e o número 1150 indica a semana GPS em que ela foi efetuada.

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

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

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

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

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

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

Segundo MONICO:

Foi desenvolvido visando reduzir os efeitos da SA (*Selective Availability*) impostas ao GPS no módulo absoluto (SPS). É uma técnica em que as observáveis utilizadas são as pseudo-distâncias filtradas pela portadora, que não só melhora a acurácia (exatidão), mas também a integridade do GPS. Sua utilização original foi na navegação, mas atualmente pode ser empregada em varias atividades. (MONICO, 2000, p. 49 - 50).

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

A qualidade do posicionamento GPS a partir das técnicas apresentadas é degradada com o aumento da distância entre a estação de referência (base) e a móvel, limitando o posicionamento preciso com receptores de uma frequência a regiões com aproximadamente 1200 km².

A Tabela 2 mostra um resumo das técnicas de posicionamento mais utilizadas, bem como a observação e precisão obtida em condições ideais. A sigla DD significa dupla diferença que é a observação resultante da diferença entre observações envolvendo dois satélites e duas estações, constituindo-se da diferença entre duas simples diferenças. Esta última é calculada a partir da diferença entre observações coletadas simultaneamente por duas estações a partir do mesmo satélite.

TABELA 2 - Precisão das técnicas de posicionamento

| Técnica | | Observação | Precisão |
|-----------|-----------------|---------------------------|--------------|
| Por ponto | Convencional | Pseudodistância | 15.3 m |
| | Preciso | Pseudodistância e fase | 0,02 m |
| Relativo | Estático | DD pseudodistância e fase | 0,01 a 1 ppm |
| | Estático-rápido | DD pseudodistância e fase | 1 a 10 ppm |
| | Semi-cinemático | DD pseudodistância e fase | 1 a 10 ppm |
| | Cinemático | DD pseudodistância e fase | 1 a 10 ppm |
| | RTK | DD pseudodistância e fase | 1 a 10 ppm |
| DGPS | Convencional | Pseudodistância | 1 a 5 m |
| | WDGPS | Pseudodistância | 2 a 10 m |

Fonte: IBGE (2004)

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

2.2. FOTOGRAMETRIA

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

Encontra seu maior campo de aplicação na elaboração de cartas e mapas ou plantas em colaboração com a Geodésia, Topografia e a Cartografia. Neste campo,

as imagens fotográficas (fotos aéreas) são utilizadas para o posicionamento de pontos da superfície terrestre, ou mesmo de outros astros e, para mapear temas do objeto fotografado, tais como rede de drenagem, florestas, culturas, rede viária, feições geológicas, tipos de solo, etc.

2.2.1 Breve Histórico da Fotogrametria

Segundo BRITO E COELHO:

a) Fotogrametria pioneira (1840 - 1900)

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

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

b) Fotogrametria analógica (1901 - 1950)

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

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

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

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

c) Fotogrametria analítica (1951 - 1990)

A invenção do computador, nos anos 40, deu início a uma transformação nos processos fotogramétricos e o cálculo necessário, que foram substituídos pelos aparelhos mecânicos, passou a ser executados

computacionalmente. O primeiro estudo nesta área foi desenvolvido em 1953, pelo Dr. Eliot Schmidt, do Laboratório de Pesquisa Balística, em Aberdeen, Maryland, Estados Unidos. Neste estudo, foram estabelecidas as bases da fotogrametria analítica, incluindo-se o tratamento matricial, as soluções por mínimos quadrados (um tipo de método estatístico), a solução simultânea utilizando múltiplas imagens e uma análise completa de propagação de erros.

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

c) Fotogrametria digital (1990 - dias de hoje)

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

Nos anos 90, este ramo da fotogrametria realmente pôde ser usado de maneira extensiva, graças ao desenvolvimento de computadores com capacidade suficiente para o processamento interativo de imagens digitais, gerando elevamento dos volumes de dados. Os aparelhos atualmente empregados são chamados de estações fotogramétricas digitais, ou seja, estações de trabalho inteiramente voltadas para a fotogrametria. A Tabela 4 mostra o histórico da Fotogrametria.

TABELA 3 - Histórico da Fotogrametria

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

Fonte: Augusto (2000) apud BRITO (2002)

Nos dias de hoje pode-se afirmar que o estado da arte em fotogrametria digital é o mapeamento semi-automático, onde os processos implementados tentam ser automáticos, contudo ainda exigem a supervisão e muita intervenção humana na atividade de restituição fotogramétrica. (BRITO e COELHO, 2002, p.19 - 22).

2.3 CARTOGRAFIA

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

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

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

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

Segundo LOCH, E NOGUEIRA:

O objetivo da Cartografia, inicialmente, consiste na representação da superfície terrestre ou parte dela, de forma gráfica e bidimensional, que recebe o nome de mapa. Atualmente, o conceito de Cartografia apresenta uma acentuada tendência de alterar seu significado inicial e dessa forma algumas definições incluem os aspectos da confecção e uso de mapas, cartas e outros produtos tais como, maquetes, visualizações 3 D da superfície (LOCH e NOGUEIRA, 2006, p. 46).

2.3.1 Mapeamento

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

Segundo MELLO:

Adotando-se ainda o entendimento conceitual para a Cartografia pela Associação Cartográfica Internacional, a execução dos levantamentos não se insere no processo cartográfico, embora este se inicie no colecionamento, na organização lógica e na análise dos resultados facilitados por essas atividades. O levantamento pode ser desenvolvido sem que os dados resultantes sejam expressos em linguagem cartográfica, embora a Cartografia ofereça a oportunidade mais segura e eficaz para se tratar dados, da mesma forma que produzir e veicular informação com significado espacial. (MELLO, 2005, p.22).

2.3.2 Cartografia Digital

Generaliza-se o emprego do termo Cartografia digital para rotular a tecnologia relacionada com a construção e o uso do mapa digital. Por outro lado, tornou-se usual referenciar ao conjunto de processos que utilizam recursos computacionais, em substituição às intervenções manuais na produção cartográfica, como Cartografia Automatizada ou Cartografia Apoiada por Computador (CAC). A maior diferença entre a Cartografia Apoiada por Computador (CAC) e as aplicações do tipo *Computer Aided Design* - CAD (Projeto Assistido por Computador), reside na diversidade, na complexidade e na quantidade de dados, gerais ou temáticos, associados às variadas injunções sobre a interpretação e apresentação gráfica em Cartografia, sem desconsiderar a diversidade conceitual e pragmática dos modelos

de dados espaciais com que se pretende descrever ou explicar as relações entre os objetos geográficos.

2.3.3 Mapoteca Topográfica Digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

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

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

2.4. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO NACIONAL

O Mapeamento Sistemático Nacional é de responsabilidade do IBGE, juntamente com o Ministério do Exército por meio da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico). A DSG é composta pela 1ª DL (Divisão de Levantamento) localizada em Porto Alegre, pelo CCAuEx (Centro de Cartografia Automatizada do Exército) localizado em Brasília, pela 3ª DL localizada em Olinda, pela 4ª DL localizada em Manaus e pela 5ª DL localizada no Rio de Janeiro.

A Diretoria do Serviço Geográfico é responsável pelo mapeamento sistemático nas escalas de 1: 250 000; 1:100 000; 1:50 000 e 1:25 000, sendo que cada DL possui uma área própria de atuação no território nacional, como mostra a figura 11. O IBGE, além das escalas citadas acima, é responsável pelo mapeamento sistemático nas escalas de 1:1 000 000 e 1:500 000.

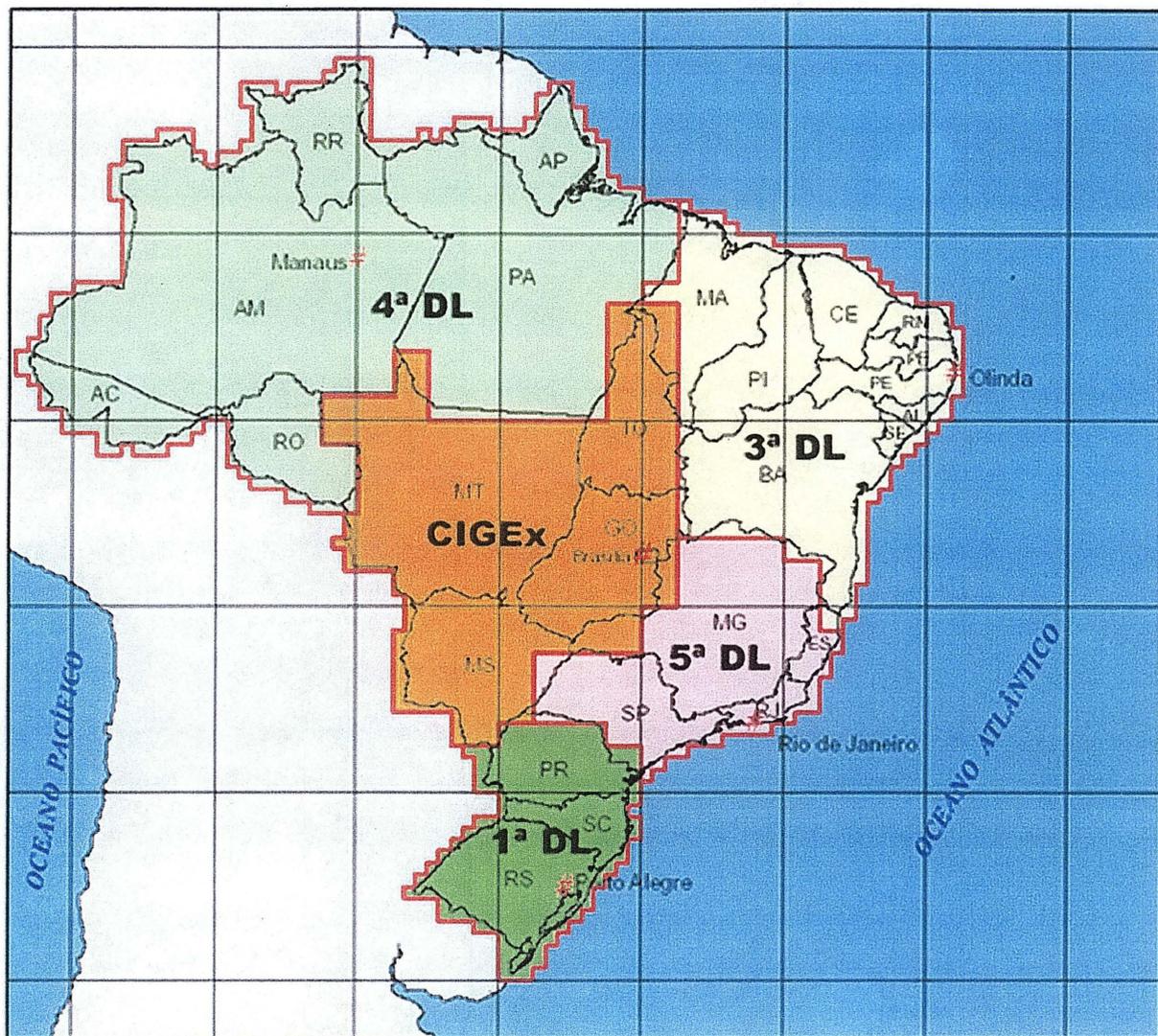


Figura 11 - Área de Atuação das diferentes DL's
Fonte: 1DL, (2001).

2.4.1 Breve Histórico do Mapeamento Oficial No Brasil

Em 1946, o Conselho de Segurança Nacional instituiu uma comissão encarregada de fixar normas para a uniformização da cartografia brasileira e criar procedimentos para a coordenação dos trabalhos cartográficos. Apesar desta diretriz oficial, até 1977 não havia uma política cartográfica definida. Porém, a importância do desenvolvimento e da produção de uma cartografia sistemática no país cresceu durante este período, em função da ocupação do território; do crescimento e da

dinâmica espacial da população brasileira; da valorização e conseqüente uso do solo; e da pressão da necessidade de maior volume e melhor qualidade de informações, para que o governo pudesse fundamentado também por aspectos técnicos, formular políticas objetivando o desenvolvimento e à segurança nacional (IBGE, 1978; COCAR, 1981).

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

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

Segundo PEREIRA:

O mapeamento nacional processou-se da mesma forma que a ocupação territorial: do litoral para o interior. A primeira representação cartográfica do território brasileiro foi efetuada em Lisboa, em 1502, através do planisfério português conhecido como Cantino e os primórdios do mapeamento sistemático nacional vêm da carta do Império do Brasil, 1862, 1872 e depois a Carta Geral do Brasil, 1903. Em 1922, o Clube de Engenharia editou a Carta do Brasil ao Milionésimo, primeira representação cartográfica de corpo inteiro do país. Entretanto, o maior desenvolvimento da Cartografia efetuou-se a partir da Segunda Guerra Mundial, em função de interesses militares. (PEREIRA, 2000, p. 51).

2.4.2 Sistema Cartográfico Nacional

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

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

O Decreto-lei nº.243/1967 estabelece que o espaço territorial seja representado através de cartas e “outras formas de expressões afins”, tais como fotocartas e mosaicos. Cabe ao IBGE propor alterações nas Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Terrestre Nacional, de maneira a assegurar a coordenação e uniformidade das normas técnicas para as cartas gerais empregadas pelo SCN.

2.4.3 Situação do Mapeamento Sistemático Nacional

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

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

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

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

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

Segundo a CONCAR (2003) a situação do mapeamento é insatisfatória frente às demandas de informações cartográficas atualizadas para o planejamento, desenvolvimento social e econômico e para as ações que visam ao monitoramento ambiental para dar subsídios ao desenvolvimento sustentável. A Tabela 4 mostra a situação do mapeamento sistema nacional.

TABELA 4 - Situação do mapeamento sistemático nacional até dez/2003

| Escala | Total de folhas | Total de folhas executadas | % mapeado |
|--------------|-----------------|----------------------------|-----------|
| 1: 1.000.000 | 46 | 46 | 100 |
| 1: 500.000 | 184 | 68 | 36,90 |
| 1: 250.000 | 550 | 444 | 80,72 |
| 1: 100.000 | 3036 | 2289 | 75,39 |
| 1: 50.000 | 11849 | 1647 | 13,90 |
| 1: 25.000 | 48713 | 492 | 1,01 |

Fonte: Mapa índice (IBGE, 2003)

A produção de folhas nestas escalas elaboradas pelas instituições integrantes do Sistema Cartográfico Nacional - SCN, segundo dados do IBGE, está abaixo do esperado, considerando-se que países como Estados Unidos e China já se encontram totalmente mapeados e na escala de 1: 50.000, figura 12, cabendo ainda



Figura 13 - OrtoCarta Imagem preliminar, georreferenciada.

Escala 1:50000 da região de Ponta Grossa, produzido com base em imagem SPOT-5 (710/402, 710/401 e 712/402), produto Pan - Sharpened (composição cor verdadeira), com resolução espacial de 5 m, fornecido pelo CNES 2005- SPOT Imagem S.A França.

Fonte - Convênio entre DSG, IBGE e Copel, dados vetoriais (PEC - A), atualizados pela empresa Aerosat - Engenharia Aerolevantamento Ltda.

2.4.4 Campos de Aplicação da Cartografia

A CONCAR define que os documentos cartográficos são referências geométricas de um espaço territorial, que possibilitam a identificação de elementos da paisagem (feições naturais e culturais, pontuais, lineares e poligonais) por meio de suas respectivas coordenadas (geográficas e conforme projeção adotada sobre o plano). Com base nessa representação da paisagem (território) podem ser mensurados distâncias, ângulos, perímetros, áreas e volumes; essas medidas têm exatidão prescrita pela Engenharia Cartográfica, com precisão equivalente à escala de mapeamento. Historicamente o uso da Cartografia ficou restrito às questões de segurança e integração nacional. Todavia, com o reconhecimento da necessidade da componente geográfica do desenvolvimento, há uma demanda crescente de informações precisas e articuladas acerca dos diferentes territórios que compõem o espaço geográfico brasileiro e dessa forma os setores que utilizam a Cartografia para o desenvolvimento de suas diversas atividades são:

a) Agronegócios

Identificação de culturas, bacias hidrográficas, zoneamento rural e florestal, cadastro técnico rural, barreiras sanitárias e desenvolvimento rural.

b) Petróleo e gás

Controle de exploração de bacias petrolíferas, oleodutos e análise de projetos.

c) Energia elétrica

Identificação de pontos estratégicos para geração de energia elétrica, projetos de usinas hidrelétricas, controle das linhas de transmissão e das redes de distribuição. Controle, fiscalização e projetos de subestação e linhas de transmissão.

d) Telecomunicações

Identificação de posicionamento estratégico para instalação de antenas captadoras e/ou repetidoras, estudos para cumprimento de metas reguladoras da concessão, para atendimento a novos clientes e áreas geográficas diversas.

c) Monitoramento e abastecimento de água

Identificação e representação das bacias hidrográficas, propiciando estudos para seu gerenciamento (governamental e por comitês), bem como do potencial hídrico, da potabilidade das águas, de projetos que possam produzir poluição. Subsídio a ações reguladoras e de provimento de água.

d) Saneamento

Estudos, identificação e representação das formas de esgotamento sanitário, objetivando sua detecção, avaliação de impactos ao meio ambiente e melhoria/adequações para preservar principalmente a saúde das comunidades.

e) Mineração

Estudo, controle, fiscalização, licenciamento de áreas para exploração de minerais, de garimpos e monitoramento de resíduos.

f) Transporte

Elaboração de projetos, fiscalização e manutenção de rodovias, ferrovias, pistas de aeroportos, portos e obras.

g) Área indígena

Identificação, demarcação e controle das áreas indígenas. Monitoramento do uso e exploração de terras indígenas.

h) Meio ambiente

Controle e fiscalização de parques, reservas, recursos naturais e áreas degradadas. Identificação de fontes poluidoras. Zoneamento ecológico econômico. Planos de gestão ambiental. Controle e fiscalização de áreas com reflorestamento. Acompanhamento de desmatamentos e queimadas.

i) Administração pública

Planejamento e desenvolvimento territorial, ambiental, social e econômico de regiões, Estados e Municípios. Elaboração de bases cartográficas plano-altimétrica estruturadas, mapas regionais, estaduais, e municipais.

l) Reforma agrária

Elaboração de Cadastro Técnico Rural, identificação de áreas não aproveitadas para manejo agrícola, avaliação e identificação de áreas propícias para reforma agrária e tributação e avaliação de imóveis rurais.

m) Base territorial (Geoestatística)

Elaboração de mapas territoriais de unidades político-administrativas (municípios, distritos, cidades, bairros, vilas e povoados) e operacionais (setores censitários), que retratam a visão municipal e viabiliza o planejamento da logística e o controle das operações censitárias, como também a espacialização (georeferenciamento geográfico) de informações estatísticas (demográficas, econômicas, ambientais e outras de cunho social).

n) Outros campos de utilização da Cartografia incluem: segurança institucional, setor náutico, aeronáutica e defesa militar.

2.5 QUALIDADE EM CARTOGRAFIA

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

- a) Avaliar o desempenho operacional real;
- b) Comparar o desempenho real com os objetivos;
- c) Agir com base na diferença;

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

Segundo MELLO:

As características de um produto adequado às especificações do mesmo, o qualificam. Dessa forma, a qualidade de um mapa limita a forma em que se pode e deve ser usada e analisada a informação geográfica que veicula. Os critérios de qualidade afetam a produção das bases de dados cartográficos como a qualquer outro sistema produtivo. Cada vez mais, a qualidade é uma demanda dos usuários e um elemento diferenciado dos produtores. (MELLO, 2003, p. 135).

Sem dúvida, existe certo vazio na aplicação prática de conceitos e medidas de precisão para as bases cartográficas numéricas ou digitais. Um dado geográfico caracteriza-se por suas coordenadas (x, y, z), por seus atributos ($a_1, a_2,$) e pelo momento do tempo em que ocorreu (t_1, t_2, \dots), o que implica em que a base de dados cartográficos não possa ser perfeitamente descrita por um único índice de qualidade e assim, cada uma das componentes deve ter anexa uma métrica e a quantificação de sua qualidade.

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

- a) Exatidão posicional

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

Na ortocarta imagem georreferenciada, pode-se observar a mesma área (Reserva Florestal São Camilo) levantada em épocas diferentes, estando em posições diferentes. Ver figura 14.



Figura 14 - OrtoCarta Imagem georreferenciada.

Escala 1:50000 da região de Palotina.

Fonte – Convênio entre DSG, IBGE, Copel e o levantamento do parque de São Camilo do ITCG dados vetoriais (PEC – A), atualizados pela empresa Aerosat – Engenharia Aerolevanteamento Ltda

b) Genealogia (linhagem)

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

c) Qualidade gráfica (semiografia)

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

d) Completude

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

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

e) Consistência lógica

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

Segundo ARONOFF:

A consistência lógica tem melhores resultados se os dados de entrada forem preliminarmente tratados para atender a uma base de dados que será utilizada em um SIG - Sistema de Informações Geográficas, e isto requer cuidadosa verificação nos relacionamentos topológicos, com vistas a atingir o objetivo maior da base cartográfica. (ARONOFF 1995, apud NOGUEIRA JUNIOR 2003, p. 56).

f) Fidelidade à semântica (toponímia)

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

g) Fidelidade temporal (atualidade)

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

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

1) Precisão de atributos - um atributo, dentro do contexto da informação geográfica e cartográfica pode ser definido como características acerca de alguma feição, conjunto de feições ou feições sobre a superfície terrestre, que poderá ser numérico ou nominal. Por exemplo, para feição rodovia, deve-se conhecer os seguintes

atributos: tipo de revestimento da superfície da rodovia e quantidade de faixas dentre outros.

2) Resolução – não se refere ao produto analógico porque este é definido pela escala da carta. Refere-se ao produto em meio digital em razão da utilização dos recursos de visualização em tela de computador.

3) Acessibilidade - refere-se à disponibilidade das informações para o usuário, pois as cartas interessam a diversos usuários.

2.6 ERROS NA CARTA

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

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

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

a) Erros grosseiros

Para Gemael, (1994) os erros grosseiros, figura 14, é engano ou falhas de observação resultantes de imperícia, descuido do operador ou falha instrumental. Quando tem grande magnitude são fáceis de detectar, mas se torna difícil quando pequenos.

b) Erros sistemáticos

São chamados também de regulares e são resultantes de causas conhecidas. Na maioria das vezes, podem ser evitados através das técnicas especiais de observação ou eliminados a posteriori mediante a aplicação e fórmulas conhecidas pela teoria. Tem módulo constante em cada observação efetuada em uma medição

e causas como: deficiências do instrumental, deficiência do método de observação e da falta da aplicação de correções devido às variações ambientais durante o processo de medição ou determinados efeitos físicos. O erro sistemático é eliminado com uma correção de igual módulo, porém de sentido contrário ao erro.

c) Erros acidentais

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

d) Erros no controle de qualidade de produtos cartográficos

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

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

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

e) Erro total planimétrico de uma carta analógica

Para Notari, (1967) o erro total planimétrico de uma carta analógica de pontos bem definidos ou erro médio quadrático da posição de um ponto são agrupados em duas categorias: erros fotogramétricos e erros de desenho.

2.7 EXATIDÃO E PRECISÃO CARTOGRÁFICA

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

Segundo ANDRADE :

O termo exatidão cartográfica deve ser entendido como sinônimo de acurácia que é o afastamento que, como um todo, a carta teria da verdade topográfica, enquanto a precisão se refere unicamente á dispersão de valores observados, no caso, dos erros nos vários pontos da carta. Reportando-se aos conceitos de exatidão e precisão, conclui-se que testados vários pontos de uma carta, a média dos erros obtidos representa a exatidão enquanto o desvio padrão indica a precisão da mesma. (ANDRADE, 1991, p. 34)

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

Segundo BURITY:

Destaca que a utilização de qualquer material cartográfico requer o conhecimento prévio sobre a sua precisão, podendo a não observância desta recomendação incorrer em resultados que fiquem aquém do objetivo desejado. Para verificação da consistência das informações contidas nas cartas, são utilizados os parâmetros de exatidão e precisão, através de cálculos estatísticos das medições realizadas, comparando-os com os erros estabelecidos para a carta. (BURITY, 1999, p. 54).

Segundo PEREIRA:

Afirma que em qualquer projeto de construção de cartas pretende-se, sempre, apresentar um produto final cuja exatidão esteja dentro de determinados níveis de tolerância e para que este objetivo seja alcançado, é evidente que cada fase participante do processo obedeça a limites de erros que conduzam à obtenção do valor final fixado. (PEREIRA, 2001, p. 47).

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

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

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

2.7.1 Padrões de Exatidão Cartográfica no Brasil

Para classificar os produtos cartográficos no Brasil, o Decreto nº 89.817, em seu capítulo II, seção 1, Art. 8º, estabelece o Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, que deve ser obedecido em todos os documentos cartográficos elaborados no país. O PEC é um indicador estatístico de dispersão relativo a 90% de probabilidade, que define a acurácia (exatidão) do trabalho cartográfico, devendo ser informado obrigatoriamente no rodapé da carta. A probabilidade de 90% corresponde a 1.6449 vezes o EP (erro padrão), ou seja: $PEC = 1,6449 \times EP$. O erro padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do PEC - Padrão de Exatidão Cartográfico. Para efeito das presentes instruções contidas nesse Decreto, consideram-se equivalentes as expressões erro padrão, desvio padrão e erro médio quadrático.

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

- a) 90% dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC planimétrico estabelecido;
- b) 90% dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC altimétrico estabelecido.

Considerando os resultados do PEC, as cartas são classificadas em padrões Classe A, Classe B e Classe C, conforme a Tabela 5.

TABELA 5 - Padrões de exatidão planialtimétrica (Brasil, 1984)

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

Fonte: Decreto do Governo Federal 89.817.

Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

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

2.7.2 Padrões de Exatidão Cartográfica em Outros Países

a) Estados Unidos:

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

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

Em relação à exatidão vertical (altimétrica), independentemente da escala, no máximo 10 % dos pontos testados em campo poderão ter erro superior à metade da equidistância ente as curvas de nível (*USA, 1947*).

Em relação à classificação da carta, todas as cartas que atenderem aos padrões de exatidão posicional terão uma nota de crédito em sua legenda confirmando o fato (*USA, 1947*).

Constata-se o rigor quanto à classificação das cartas americanas, pois existe apenas uma classe que atende às especificações técnicas. Na Tabela 6 as unidades destes padrões de exatidão foram convertidas de polegadas para milímetros.

TABELA 6 - Padrões de exatidão planialtimétrica (*USA, 1947*)

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

Fonte: BARROS, FERREIRA e VERGARA (2001)

b) No Canadá, Dinamarca e Noruega:

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

A OTAN é uma aliança de natureza civil e militar, formada por 19 países membros e outros países convidados, cuja missão é manter a paz e a segurança, além de promover a cooperação político-econômica entre os seus membros. As Tabelas 7 e 8 mostram os padrões de exatidão planimétrica e altimétrica adotados pela organização, que adotam os seguintes padrões de exatidão cartográficos:

TABELA 7 - Padrões de exatidão planimétrica (OTAN, 1989)

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

Fonte: BARROS, FERREIRA e VERGARA (2001).

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

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

Fonte: BARROS, FERREIRA e VERGARA (2001)

2.8 ESTRUTURAS GEODÉSICAS

Neste item são abordados assuntos sobre Estruturas Geodésicas: Padronização dos Marcos Geodésicos; Localização da Estação; Identificação da Estação; Fixação da Chapa de Identificação; Materialização das Estruturas; Materialização das Estruturas com dispositivo de Centragem Forçada; Rede GPS do Estado do Paraná; Rede GPS de 1996; Adensamento da Rede GPS do Estado do Paraná ano 2007;

2.8.1 Padronização dos Marcos Geodésicos

Considerando os objetivos científico e cartográfico do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), que visam, respectivamente, o conhecimento da forma e dimensões da Terra e o fornecimento de apoio uniforme aos trabalhos de mapeamentos executados no território nacional, determina-se que todas as estações das redes altimétrica, planimétrica e gravimétrica que fazem parte deste Sistema sejam materializadas no terreno. Esta materialização se dará através de chapas cravadas, marcos ou pilares, de forma a garantir sua estabilidade e durabilidade.

A padronização de Marcos Geodésicos ou estruturas geodésicas, que trata das instruções para monumentalização dos marcos e pilares das estações que compõem o SGB, foram elaboradas com o objetivo de fornecer subsídios para as etapas de construção, manutenção, reconstrução e reparo dos mesmos.

A materialização das estações geodésicas pode ser feita de três formas:

- chapa cravada em superfície estável já existente no local;
- marco ou pilar de concreto com chapa incrustada no seu topo; e
- pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada incrustada no topo e chapa cravada na lateral.

Nos três casos, a estação geodésica será identificada através de legendas estampadas na chapa.

As informações serão coletadas no Banco de Dados Geodésicos (BDG) do IBGE, as áreas serão escolhidas em quatro regiões diferentes do Estado do Paraná, e para planejamento será utilizado o (BDG) Banco de Dados Geodésicos, para localização das estações planialtimétricas e após a seleção das estações planialtimétricas, os mesmos serão vistoriados e avaliados quanto ao seu estado: bom, destruído, destruído s/ chapa, destruído com chapa danificada, não encontrado, não visitado.

2.8.2 Localização da Estação

A seleção do local para materialização desta estrutura geodésica, seja através de marco, pilar ou chapa cravada, deve atender, sempre que possível, os seguintes critérios:

- a) o horizonte deve estar desobstruído acima de 15°; em relação ao ponto de referência que materializa a estação;

- b) evitar locais próximos a estações de transmissão de microondas, radares, antenas de rádio, repetidoras e linhas de transmissão de alta voltagem, por representarem fontes de interferência para os sinais GPS;
- c) a área situada a 100 m da estação deve estar livre de estruturas artificiais, particularmente paredes metálicas, de alvenaria ou superfícies naturais, como paredões rochosos;
- d) o local de implantação deve ser estável, sem qualquer influência de vibrações ou trepidações;
- e) evitar localidades próximas a espelhos d'água, como rios, lagos, etc.; e
- f) evitar localidades próximas a árvores e vegetação densa.

Os marcos de concreto construídos à margem das estradas devem ficar, sempre que possível, fora da faixa de domínio estabelecida pelo órgão responsável pela rodovia, alternada de um lado e do outro. Tal providência visa minimizar a possibilidade de destruição, em caso de posteriores alargamentos ou edificações no traçado das estradas. Para tentar evitar este problema, recomenda-se, sempre que possível, escolher locais afastados da estrada, tais como sede de fazendas, mantendo-se, porém, a alternância de lados.

A materialização das estações geodésicas pode ser feita de três formas:

- a) chapa cravada em superfície estável já existente no local;
- b) marco ou pilar de concreto com chapa incrustada no seu topo; e
- c) pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada incrustada no topo e chapa cravada na lateral.

Nos três casos, a estação geodésica será identificada através de legendas estampadas na chapa.

2.8.3 Identificação da Estação

a) Chapa

A chapa é uma peça metálica que identifica a estação. Quando se encontra engastada no topo de superfície estável, marco ou pilar define o ponto de referência (origem das coordenadas) da estação; quando se encontra engastada no corpo do pilar, destina-se exclusivamente a identificar a estação, sendo o ponto de referência da estação dado pelo pino ou dispositivo de centragem forçada.

Para a confecção da chapa, devem ser observadas as especificações constantes na figura 15.

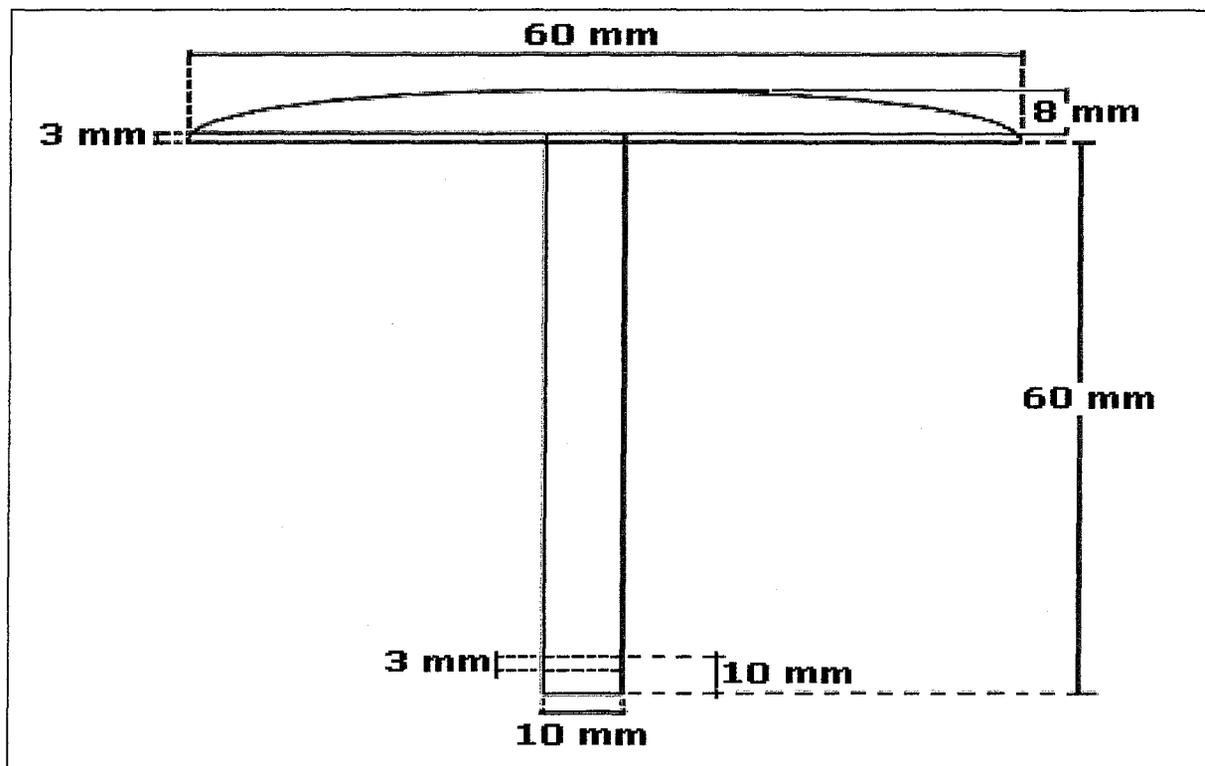


Figura 15 - Especificação geral da chapa
Fonte: IBGE (2004)

No furo de 3 mm deve ser colocado um pedaço de arame retorcido, para garantir maior firmeza à peça quando de sua fixação e dificultar sua retirada.

b) Legenda

As estações são identificadas através de legendas estampadas na chapa específica. As legendas devem ser estampadas com numerador de aço de 6 mm, conforme indicado nas figuras 16 e 17.

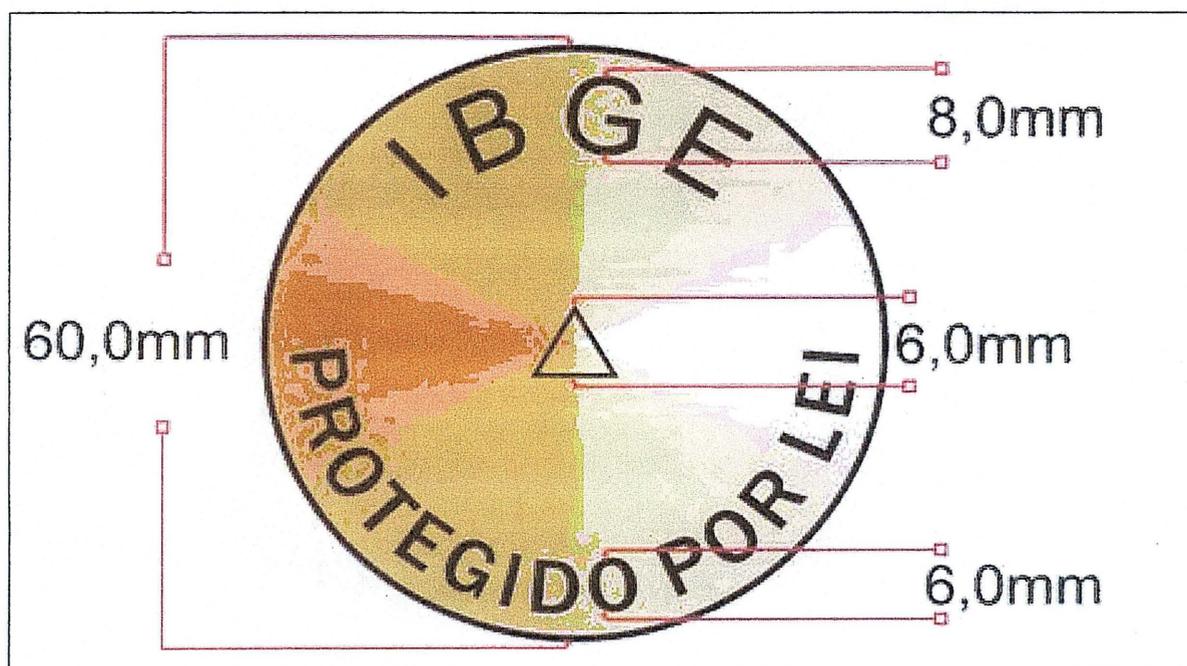


Figura 16 - Especificação geral da legenda a ser estampada na chapa.
Fonte: IBGE (2004)

As letras da sigla IBGE devem ter um espaçamento de 5 mm.



Figura 17 - Chapa padrão IBGE
Fonte: IBGE (2004)

As chapas devem obedecer às seguintes instruções no tocante à legenda:
Para marcos planimétricos, altimétricos e gravimétricos, deve-se estampar a identificação. (Figuras 18 e 19).

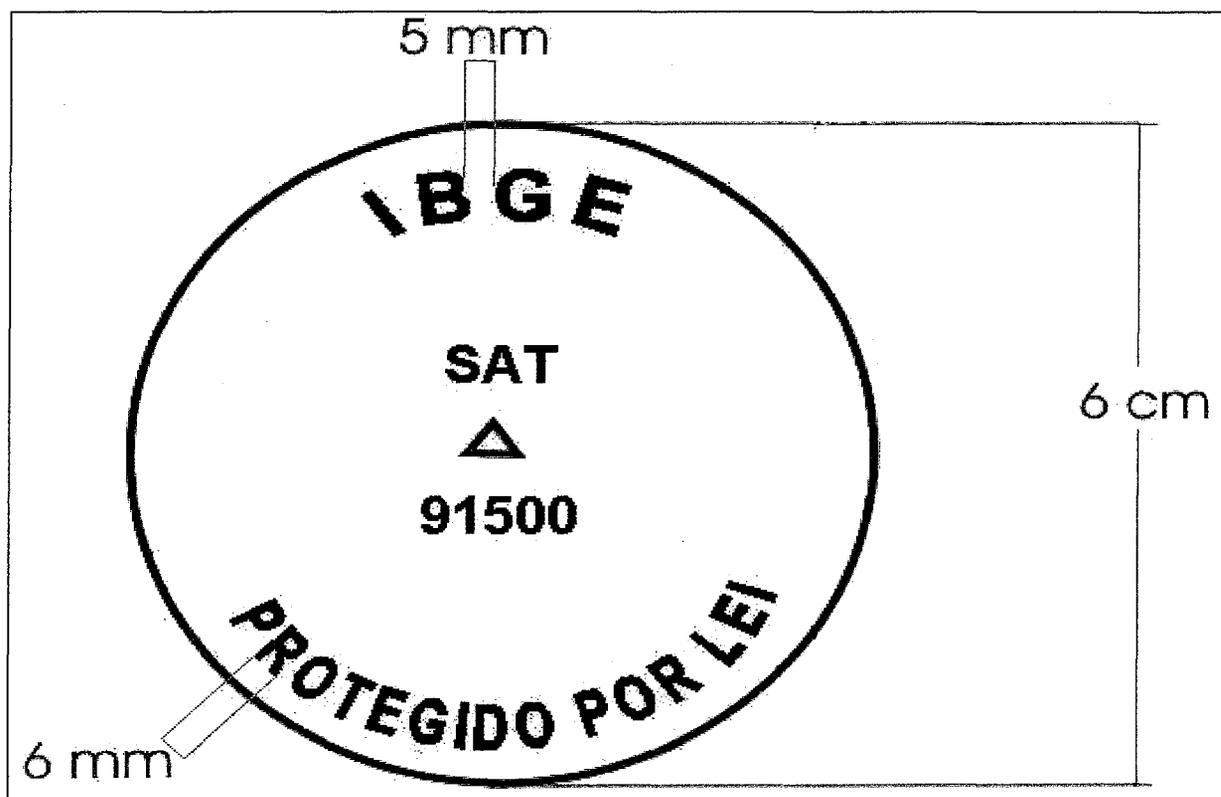


Figura 18 - Exemplo de Chapa de Estação Satélite.
Fonte: IBGE (2004)

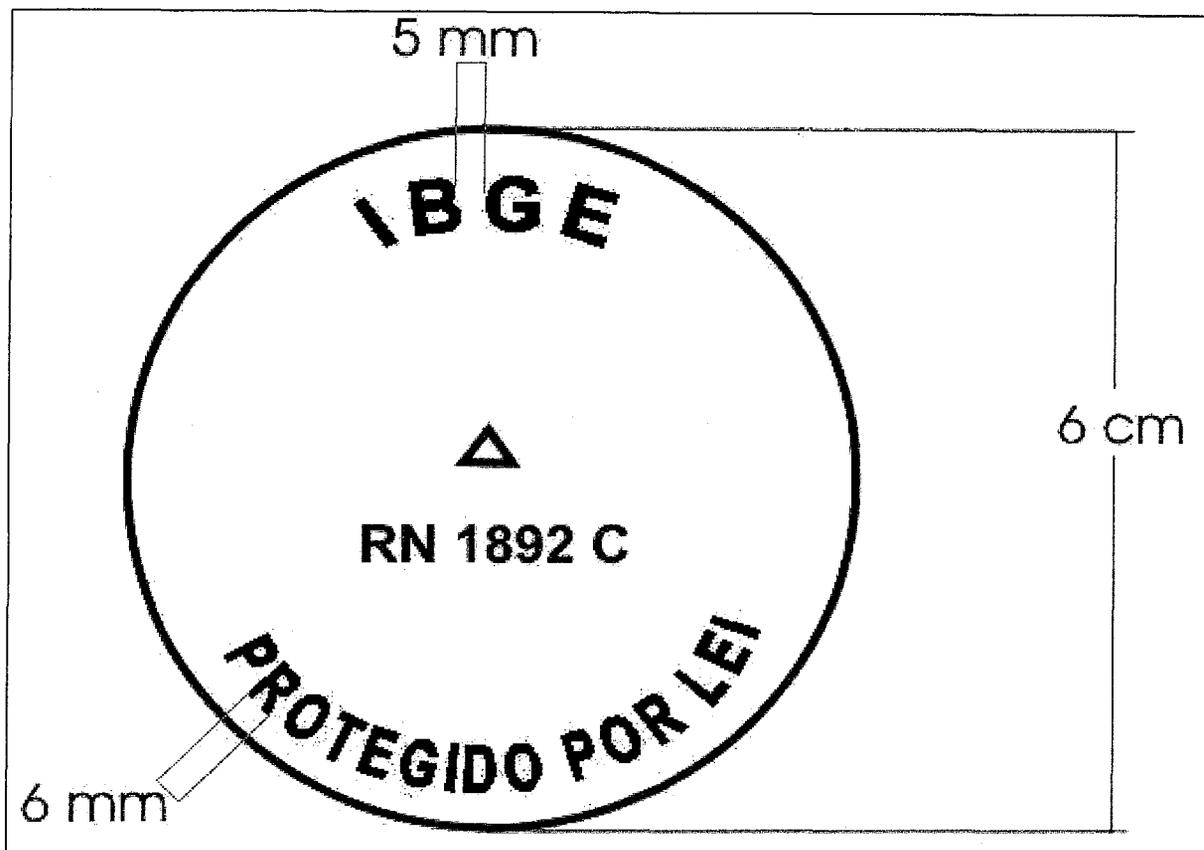


Figura 19 - Exemplo de Chapa de Referência de Nível.
Fonte: IBGE (2004)

Para o marco de azimute deve-se estampar a identificação de estação de azimute (AZ) e o código da estação principal. No centro da chapa deverá ser gravada seta que defina a direção da estação principal (figura 20).

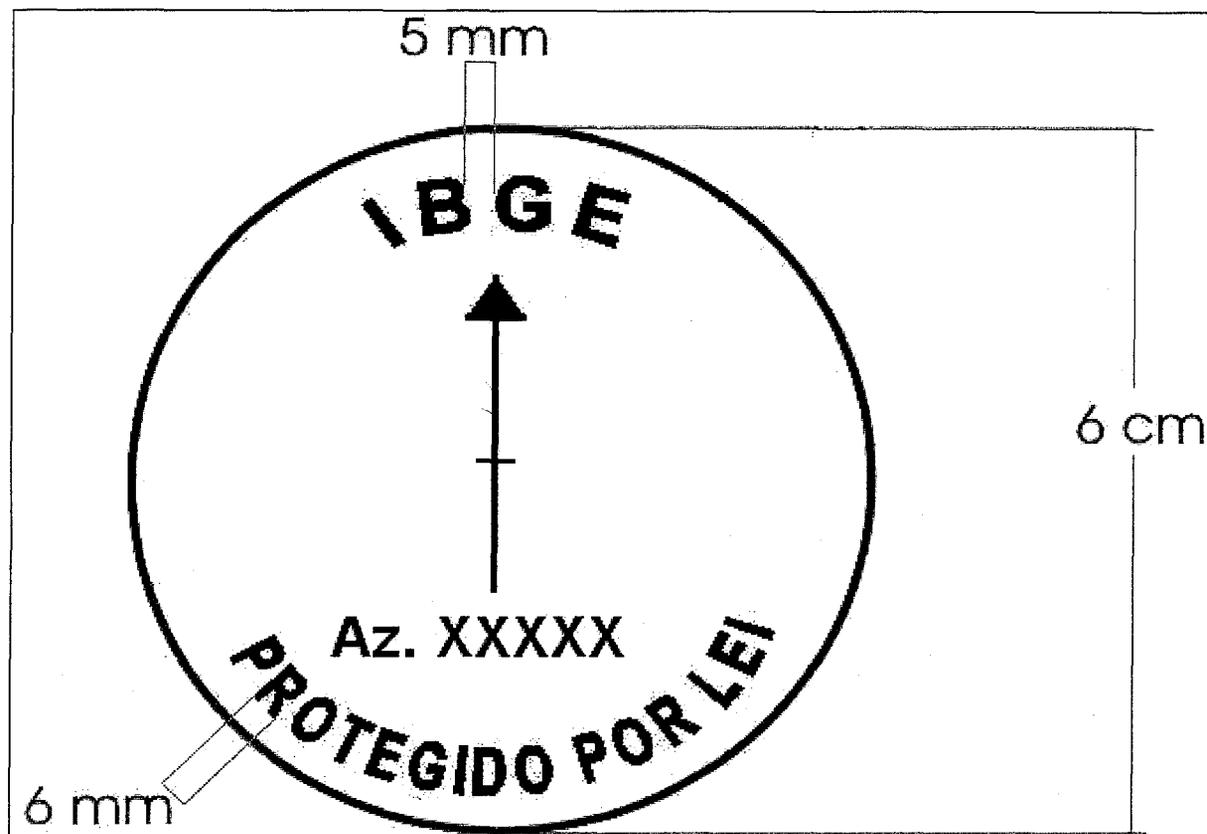


Figura 20 - Especificação da Chapa de Azimute.
Fonte: IBGE (2004)

2.8.4 Fixação da Chapa de Identificação

Nos marcos planimétricos, altimétricos e gravimétricos, a chapa deverá ser fixada no centro do topo do marco, seguindo as especificações de legenda apropriadas.

Quando forem dotados de dispositivo de centragem forçada, a chapa deverá ser colocada na face mais visível ao usuário, 20 cm abaixo do topo, contendo identificação semelhante à do marco planimétrico.

A fixação deverá ser feita com resinas especiais para fixação de concreto e metal.

2.8.5 Materialização das Estruturas

a) Chapas Cravadas

Possibilitam a escolha de local que assegure a permanência da estação durante muitos anos, como afloramentos rochosos de grande porte (afastados ou à

beira da estrada), base de grandes monumentos, soleira de igrejas ou edifícios públicos, etc. Deve-se agir de modo que a incrustação não cause danos ao local.

Deverá ser dada preferência, em regiões urbanizadas, ao adensamento do SGB com chapas cravadas. Esses locais oferecem maiores chances de preservação das estações.

Para identificar o local onde a chapa foi implantada, deve-se proceder à pintura na cor laranja em volta da chapa de uma área quadrada de aproximadamente 40 cm de lado. Quando a chapa estiver em edificações públicas ou privadas, este procedimento só deve ser feito com a autorização do responsável.

b) Aplicação

Utilizadas para todos os tipos de estruturas geodésicas.

c) Marcos e Pilares

Marco de concreto com chapa incrustada no seu topo, utilizado para todo o tipo de estruturas geodésicas. O marco deverá obedecer aos seguintes formatos e dimensões:

- Formato de tronco de pirâmide.
- Base quadrangular de 30 cm de lado.
- Topo quadrangular de 18 cm de lado.
- Altura 40 cm.

A figura 21 possibilita a visualização do perfil do marco.

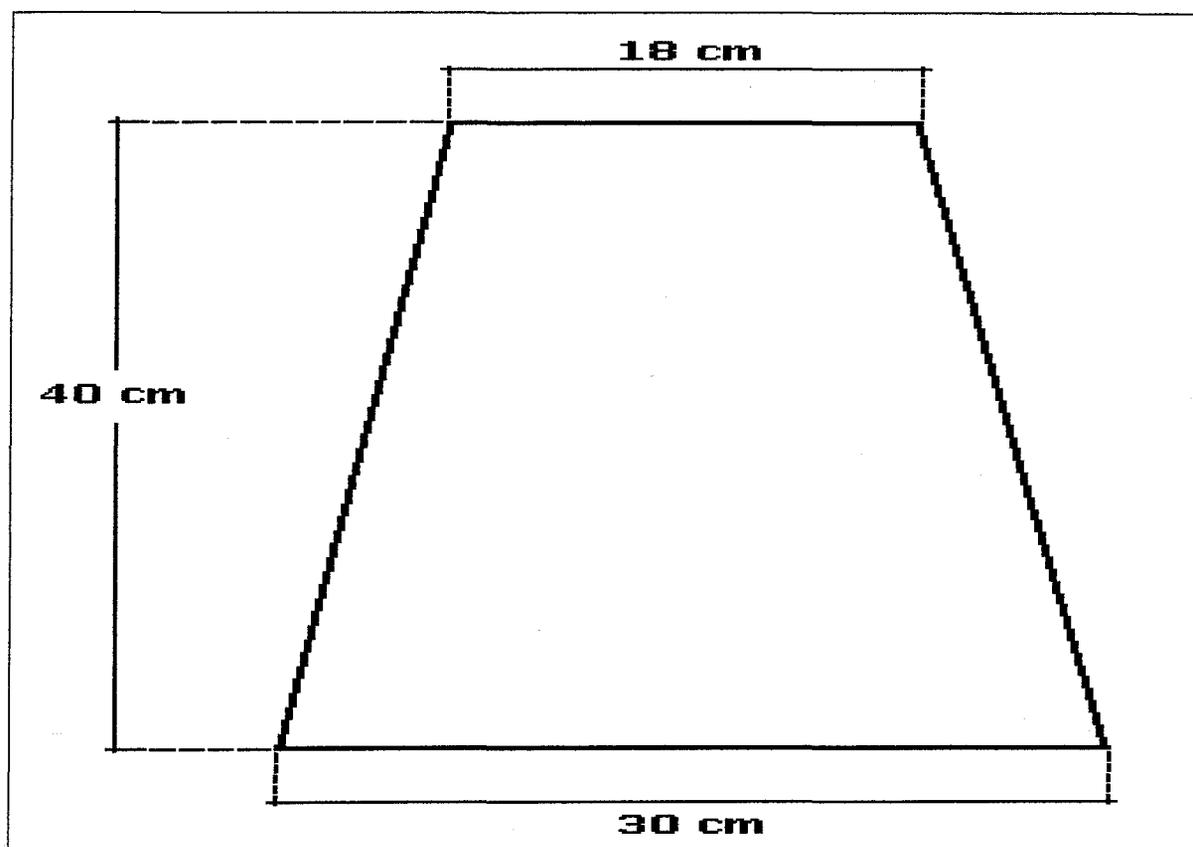


Figura - 21 Perfil do marco piramidal padrão IBGE.
Fonte: IBGE (2004)

d) Forma

Para a confecção deste tipo de marco, deve ser utilizada uma forma metálica dotada de alças laterais. A forma deve ter o mesmo formato e dimensões do marco, conforme indicado na figura 22.

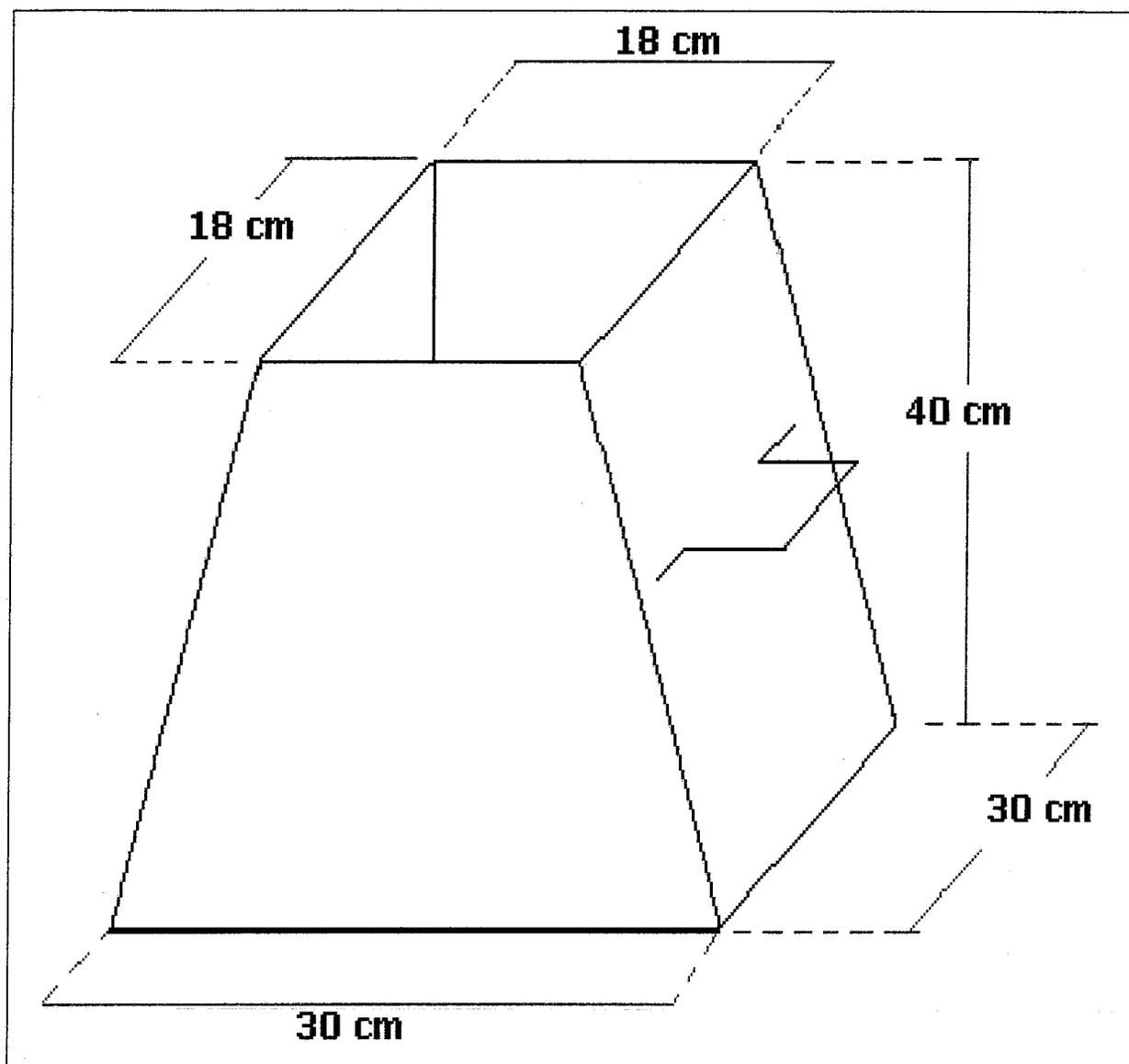


Figura 22 - Forma com os padrões utilizados para o marco piramidal.
Fonte: IBGE (2004)

e) Construção do marco piramidal padrão IBGE

Adotar o traço da mistura proporcional 1x3x3 (cimento, areia e pedra).
Recomenda-se, sempre que possível, a utilização de pedra britada n.º 0 (zero) ou 1 (um).

Os marcos deverão ser confeccionados antecipadamente, utilizando-se a forma metálica anteriormente descrita. Em locais de difícil acesso, os marcos poderão ser confeccionados *in loco*;

Aplicar óleo queimado nas faces internas para facilitar a posterior retirada. O concreto deve ser vibrado com auxílio de vibrador portátil ou martelo de borracha;

A chapa padrão IBGE deverá ser fixada no centro do topo do marco, quando a massa adquirir consistência suficiente. Excepcionalmente, a fixação poderá ser efetuada posteriormente, porém este procedimento não é recomendado, e as inscrições na chapa devem ser efetuadas antes de sua fixação no marco.

f) Implantação

Abrir uma cava com 50 cm de lado até uma profundidade de 20 cm;

Reduzir a dimensão do lado da cava para 40 cm, acrescentando à profundidade inicial 80 cm;

Introduzir massa até uma altura que diste 7 cm da borda da cava; e

Assentar o marco, preencher o restante da cava com a massa da fundação.

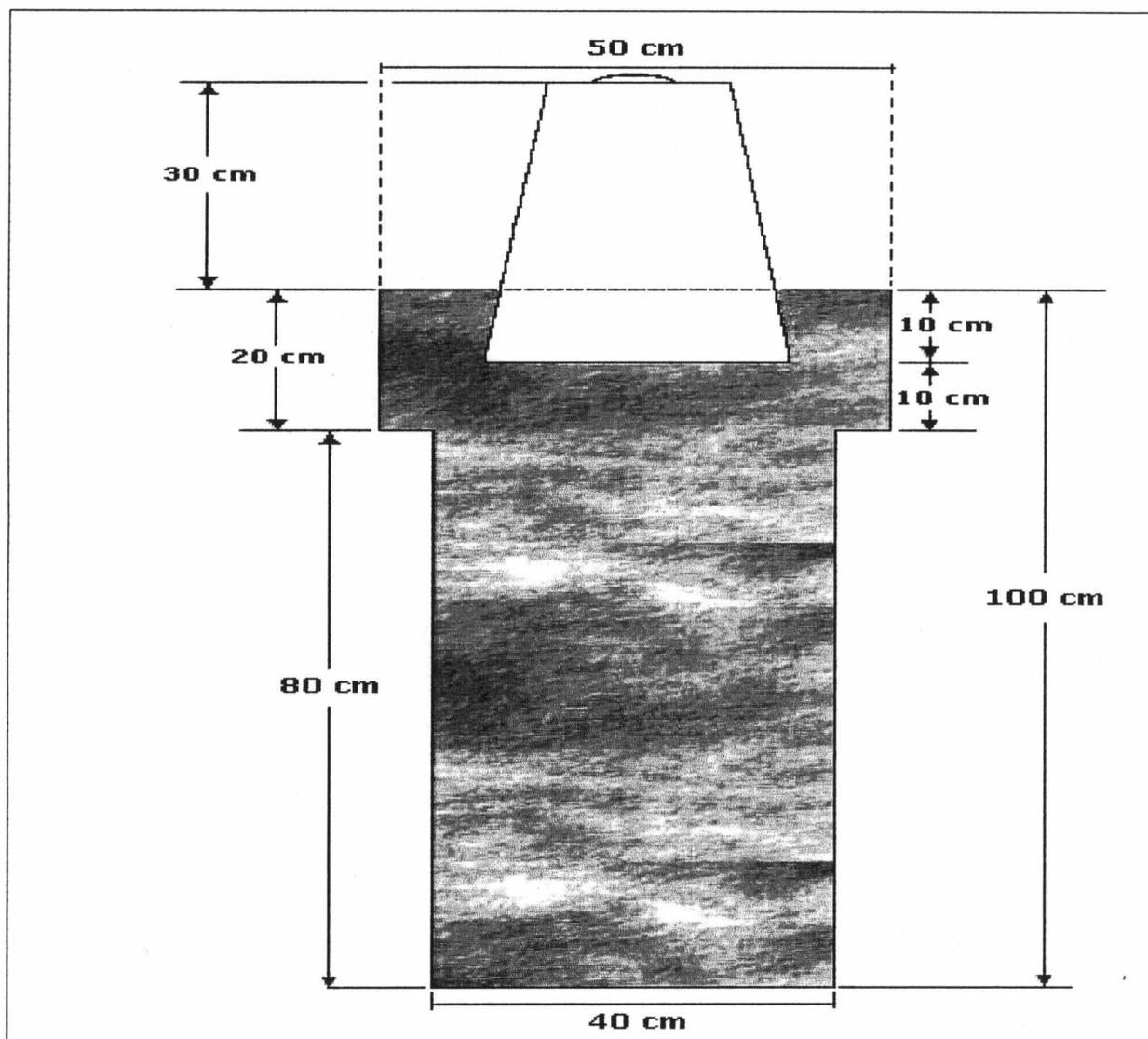


Figura 23 - Esquema de estabelecimento de marco.
Fonte: IBGE (2004)

Com auxílio de régua de 50 cm de comprimento por 10 cm de altura, dotadas de dobradiças nas quinas, confecciona-se a sapata de proteção lateral, na qual será gravada em baixo relevo a denominação do marco, conforme indicado na figura 24. Devem ser utilizadas letras de 5 cm.

As Figuras 25 e 26 possibilitam a visualização do marco com a sapata de proteção

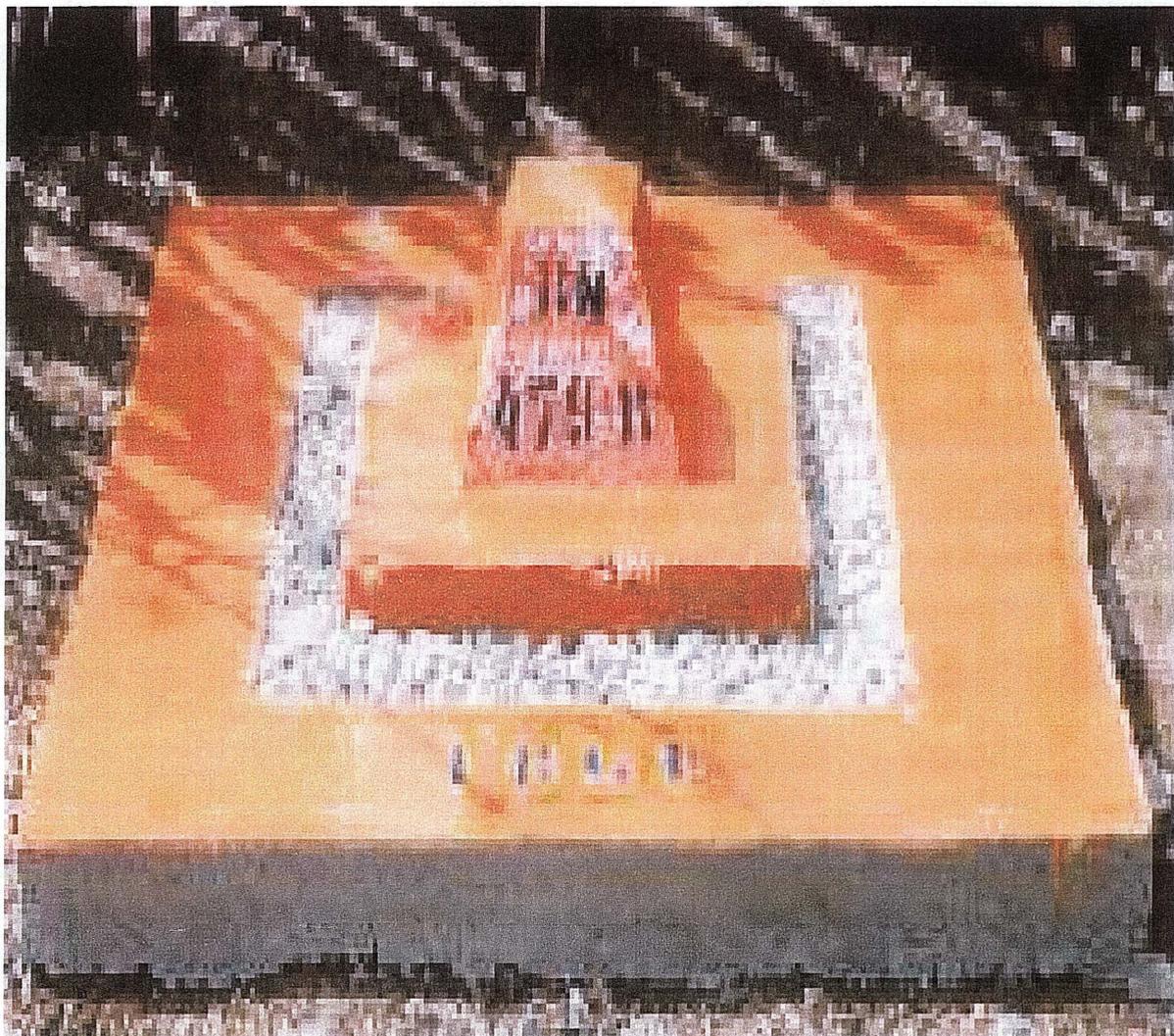


Figura 24 - Marco padrão IBGE com identificação em baixo relevo
Fonte: IBGE (2004)

As Figuras 25 e 26 possibilitam a visualização do marco com a sapata de proteção.

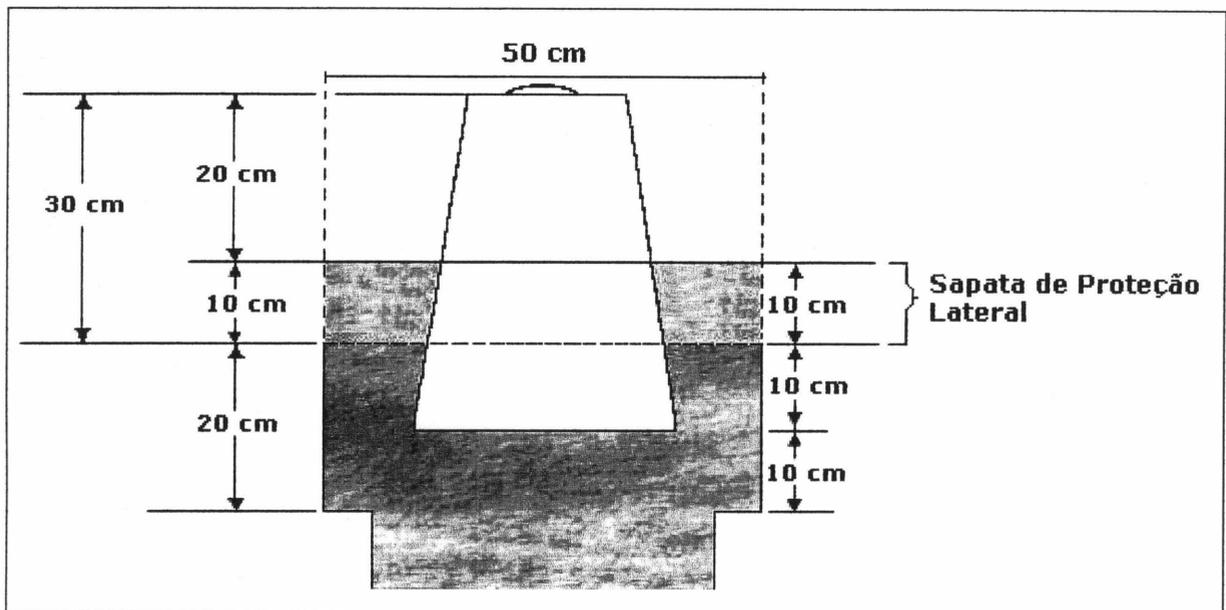


Figura 25 - Detalhe do marco com a sapata de proteção lateral.
Fonte: IBGE (2004)

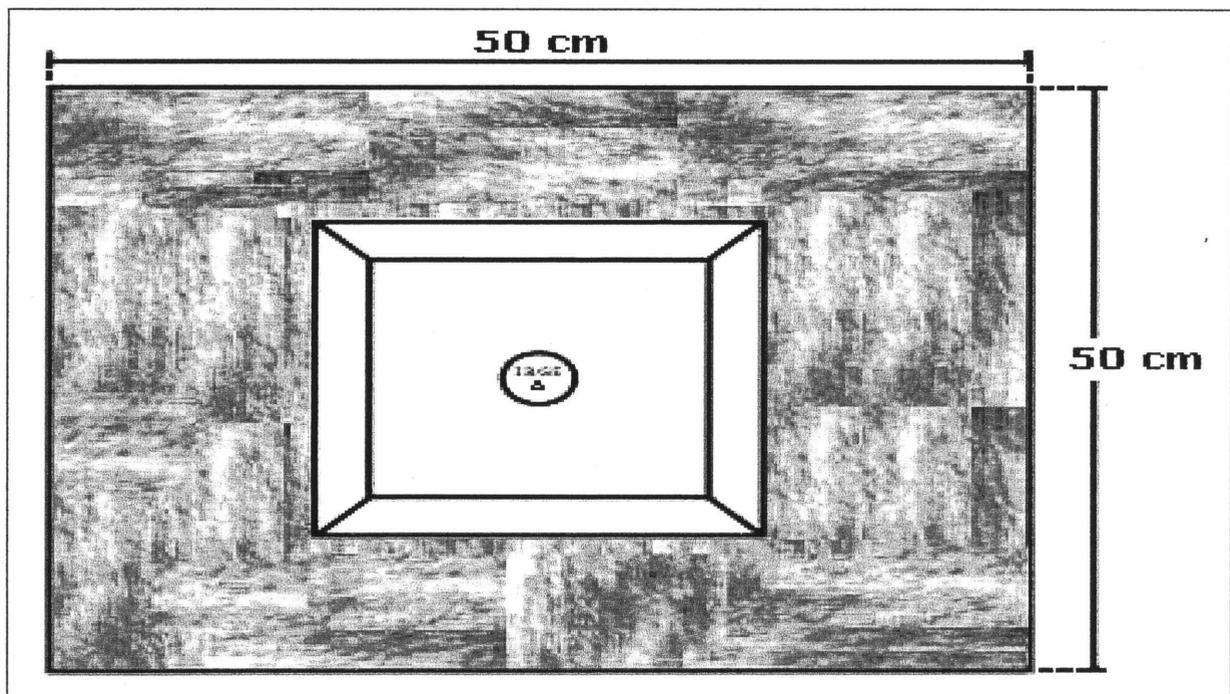


Figura 26 - Vista superior do marco com a sapata de proteção lateral.
Fonte: IBGE (2004)

Em áreas de cultura deverá ser implantada sinalização constituída por 3 (três) tubos de PVC de 10 cm de diâmetro com estrutura em concreto, ou poste similar, aflorando 1,5 m do solo natural, pintando em faixas horizontais alternadas de 50 cm

nas cores branca e laranja, distando 1,5 m do marco principal. Onde não houver disponibilidade de tinta laranja, a mesma deve ser obtida através da mistura de 2 (dois) galões de tinta amarela com $\frac{1}{2}$ (meio) galão de tinta vermelha.

A cor laranja deverá ser aplicada na faixa do ápice da sinalização. A figura 27 possibilita a visão do marco com os tubos de PVC.

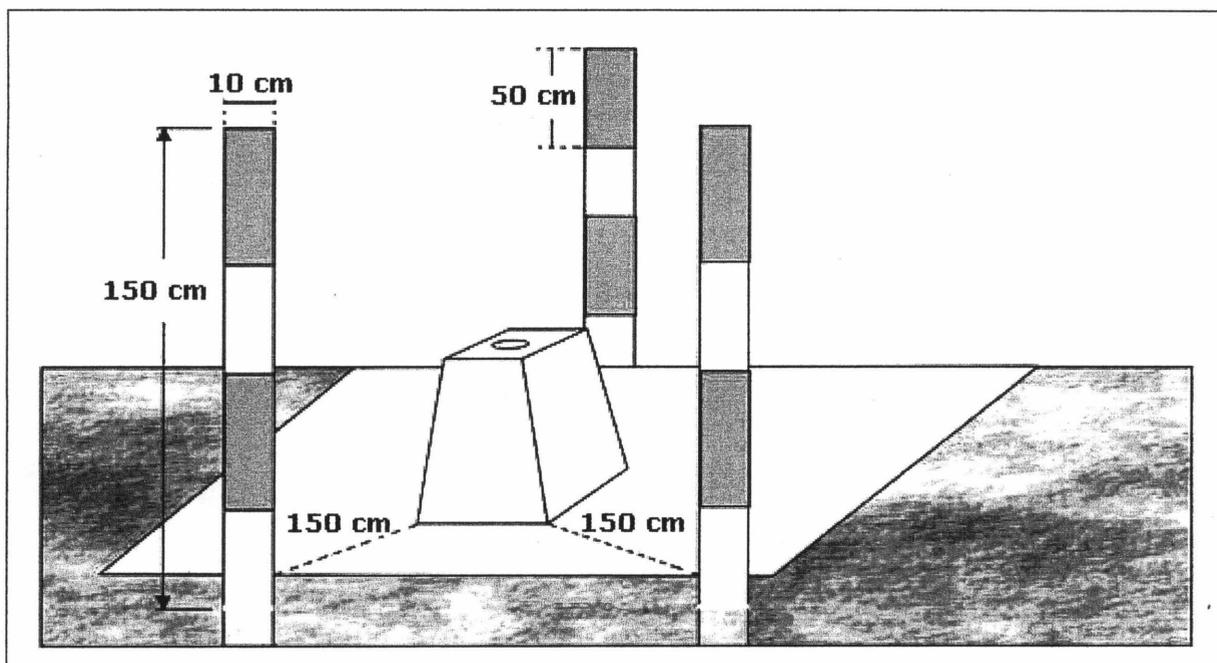


Figura 27 - Marco com sinalização para área de cultura.
Fonte: IBGE (2004)



Figura 28 - Marco com sinalização para área de cultura implantado na região Oeste do Estado do Paraná.

Fonte: ITCG (1998)

Em relação ao marco principal, a estação de azimute deverá estar situada a uma distância máxima de 500 m, devendo ser mantida a intervisibilidade entre eles. Deve ser desenhado no acostamento da estrada ou asfalto com tinta na cor laranja, 60 cm de altura, orientado para o marco, com rolo de pintura de 10 cm de largura, a inscrição RN, no caso de referência de nível, ou o código da estação, para os demais tipos de estação;

Os marcos deverão ser medidos após sua construção com 15 (quinze) dias de intervalo para regiões secas e 20 dias para regiões úmidas. As chapas cravadas poderão ser medidas após 1 (um) dia, quando a fixação ocorrer com resina, ou 3 (três) dias, com cimento.

g) Plataforma Adicional de Proteção

Os marcos devem receber a plataforma adicional de proteção construída a 10 cm da sapata de proteção lateral, utilizando-se a mesma massa com traço

1x3x3. A plataforma terá as dimensões de 20 cm de largura, 20 cm de altura e aflorando 10 cm do solo natural, efetuando-se a amarração das quinas através de vergalhão dobrado em ângulo reto. A figura 29 possibilita a visualização do detalhe da plataforma adicional.

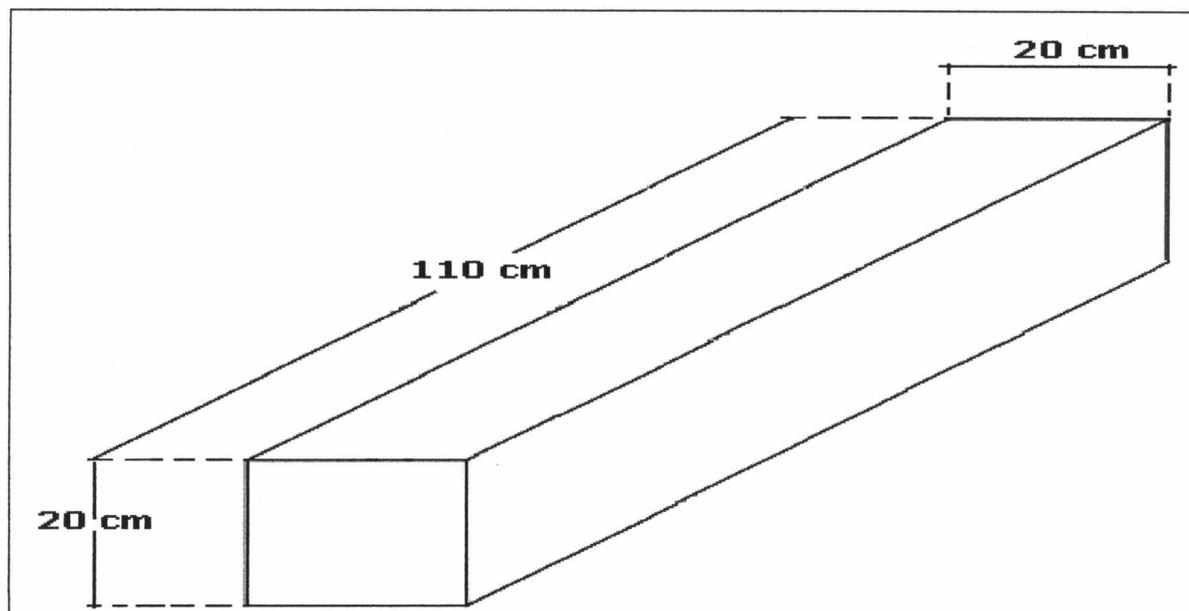


Figura 29 - Detalhe da plataforma.

Fonte: IBGE (2004)

As figuras 28, e 29 exibem os detalhes da plataforma.

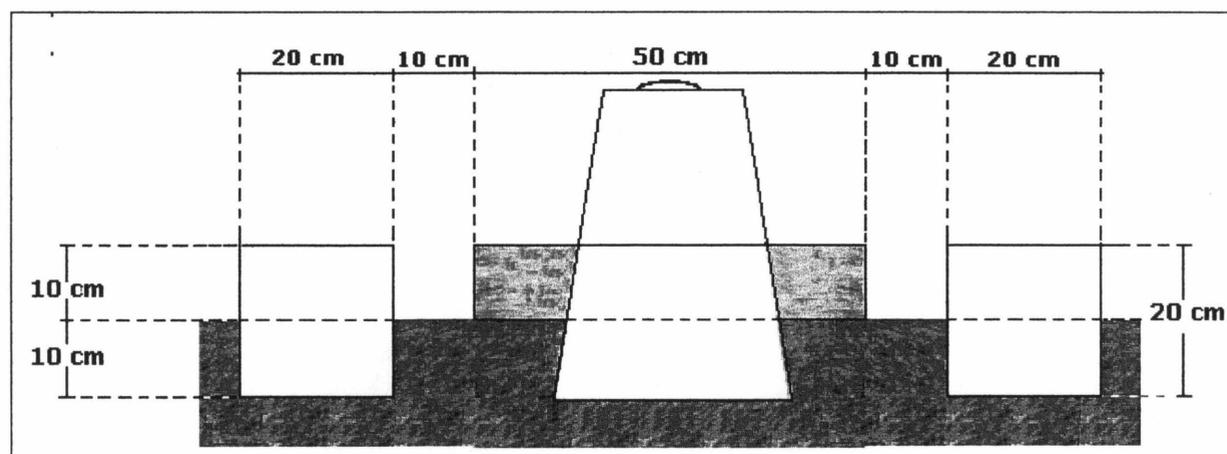


Figura 30 - Detalhe da plataforma com afloramento do solo.

Fonte: IBGE (2004)

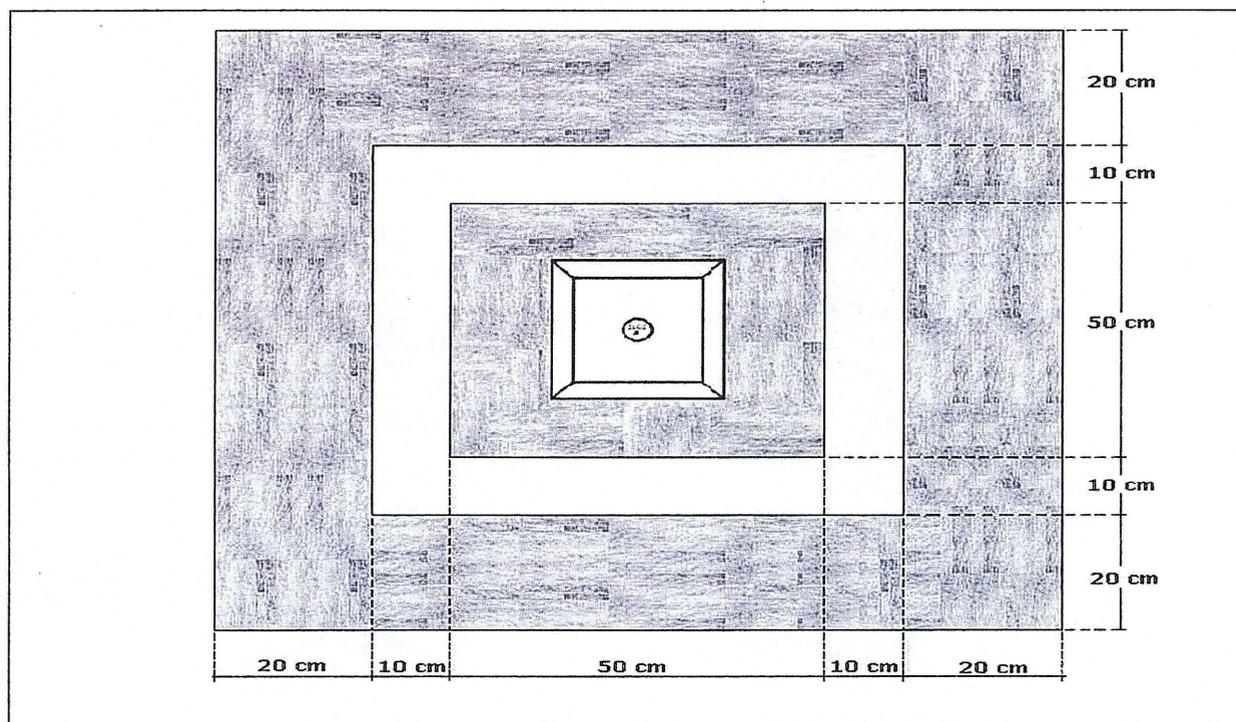


Figura 31 - Vista superior do marco com as plataformas de proteção lateral.
Fonte: IBGE (2004)

A figura 32 possibilita a visualização completa do marco após sua construção.



Figura 32 - Marco padrão IBGE.
Fonte: IBGE (2004)

2.8.6 Materialização das Estruturas com Dispositivo de Centragem Forçada.

Pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada incrustada no seu topo.

a) Tipo de Dispositivo

Disco

Aplicação

Pilar principal de Rede Estadual de Alta Precisão ou para estudos especiais (Redes Ativas).

Pino

Aplicação

Marco principal das estações RBMC e de estações de rastreamento permanente (Redes Ativas)

b) Formato e Dimensão

O pilar deverá obedecer ao seguinte formato e dimensão:

- Formato sextavado;
- Altura de 1,20 m;
- Base triangular com 1,30 m de lado;
- Base superior de alumínio ou similar com dispositivo de centragem forçada (disco) ou com pino ou parafuso de centragem forçada

c) Forma

Para a construção deste marco deverá ser utilizada forma de madeira.

d) Construção

Para a confecção dos marcos será adotado o traço proporcional de cimento, areia e pedra britada de número 1, na base de 1:3:3. Os marcos deverão ser fundidos em concreto, no lugar de sua implantação, utilizando-se formas definidas em projeto, com suas dimensões prescritas para a sua respectiva finalidade.

Para a execução dos mesmos, será utilizada técnica de construção que compreendem, a escavação com brocas, com diâmetro de 15 cm a 20 cm e aproximadamente 1,00 m de profundidade, até encontrar solo resistente, com o nivelamento da base triangular (utilizando nível de pedreiro), com a forma do pilar aprumada, e com ancoragem da forma do pilar, para evitar tombamento durante a concretagem.

Após a concretagem do pilar, será colocado no seu topo um disco de madeira nas mesmas dimensões do disco de alumínio, inclusive com os três parafusos no mesmo nível do disco de imbuia. A desforma dos marcos será feita em 7 (sete) dias após a concretagem. O disco de alumínio será fixado no centro do topo do marco, embutido no pilar. Ver figura 31.



Figura 33 - Pilar com chapa de identificação fixada no seu corpo.
Fonte: ITCG (2007)

e) Implantação

O local de estabelecimento deve ser público, como escolas, campus de universidades, instituições federais, estaduais e municipais, o horizonte livre, solo firme, fácil acesso, segurança e, preferencialmente, próximo de fonte de energia elétrica. Cava triangular de 1,40 m x 1,40 m de lado com profundidade de 40 cm. A aproximadamente 20 cm da ponta da cava abrir com trado de 20 cm de diâmetro um buraco até encontrar solo resistente ao trado.

Estacas com ferragens (ferro 3/8 de polegada) na mesma metragem dos buracos abertos com o trado, com pontos de amarração. Fundação radier de 1,40 m x 40 cm. Organizar a amarração da seguinte forma: estaca, radier e pilar, amarrá-la com arame recozido à armação de ferro da estaca. A ferragem do pilar deverá também ser amarrada com arame recozido à estrutura da sapata. Após a colocação desta base retangular, introduzir massa com o traço especificado até cobri-la totalmente.

Quando a massa da base triangular estiver com consistência suficiente, introduzir a forma do pilar, verticalizando a estrutura, colocando escora para que a concretagem do marco não ceda. Após a concretagem, colocar no topo do marco, disco de imbuia das mesmas dimensões do disco de alumínio, com os parafusos necessários para posterior fixação do disco definitivo.

Após a retirada da forma será colocado o disco de alumínio definitivo, o qual será fixado pelos parafusos com rosca ou o pino / parafuso de centragem forçada, que será nivelado por equipamento específico e fixado com epóxi especial para ferro / concreto.

As figuras 34,35,36,37,38,39 e 40 permitem a visualização dessa etapa.

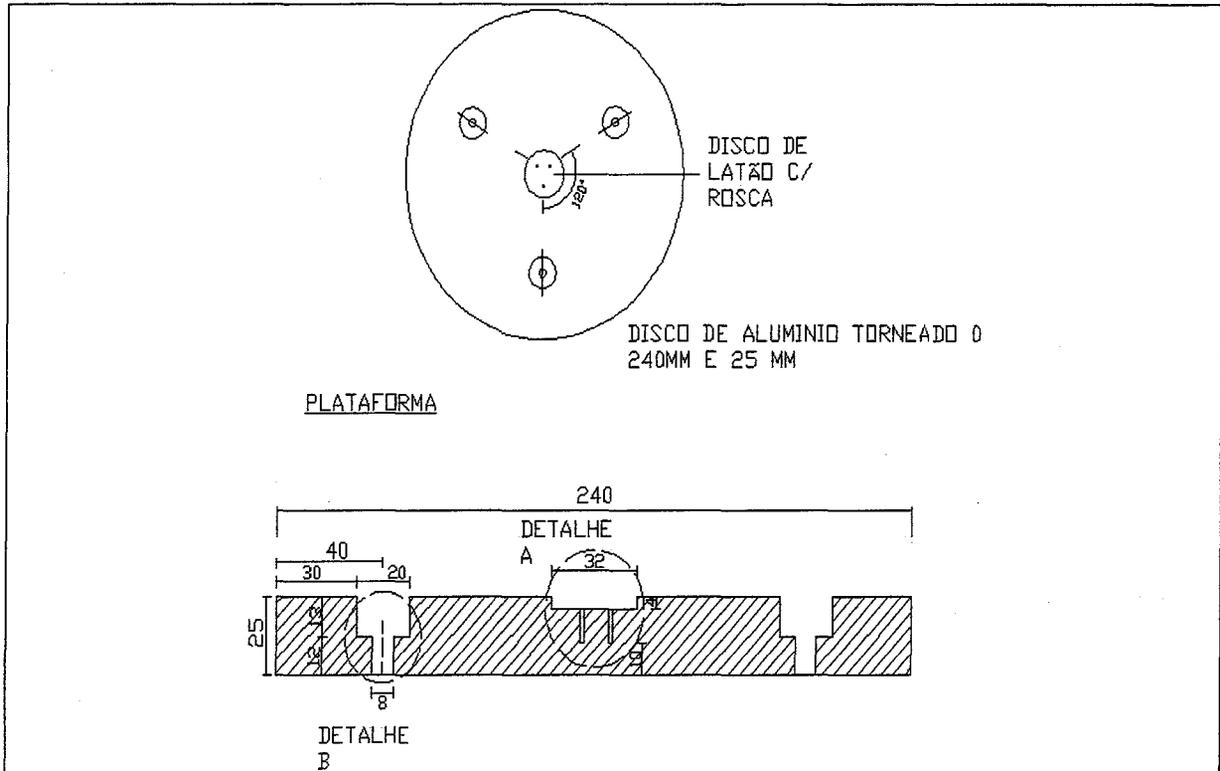


Figura 34 - Esquema do disco de alumínio.
Fonte: ITCG (1998)

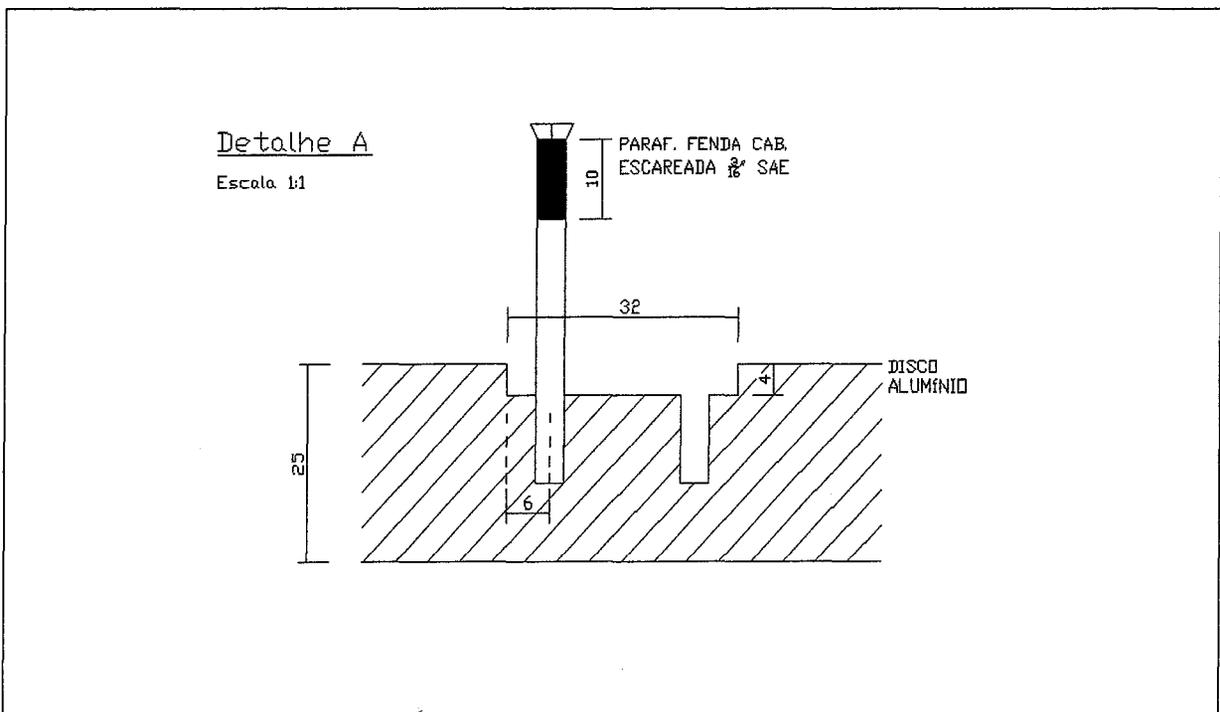


Figura 35 - Esquema de fixação da base de latão com rosca.
Fonte: ITCG (1998)

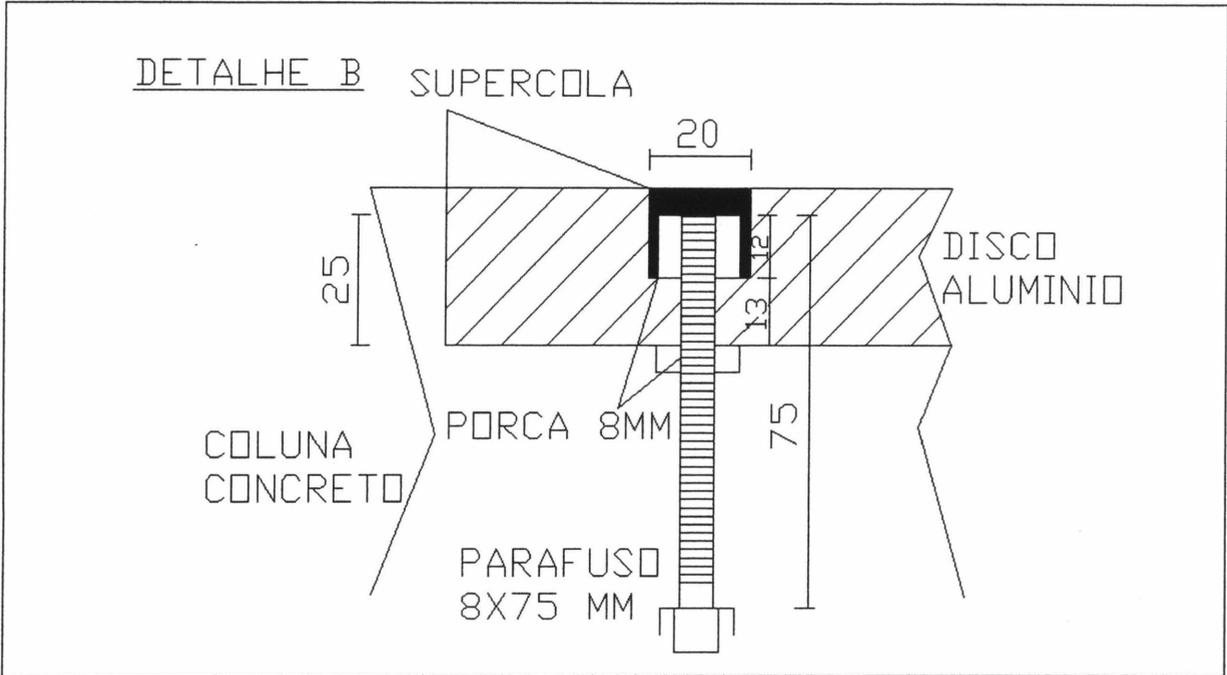


Figura 36 - Esquema de fixação da base de alumínio.
Fonte: ITCG (1998)

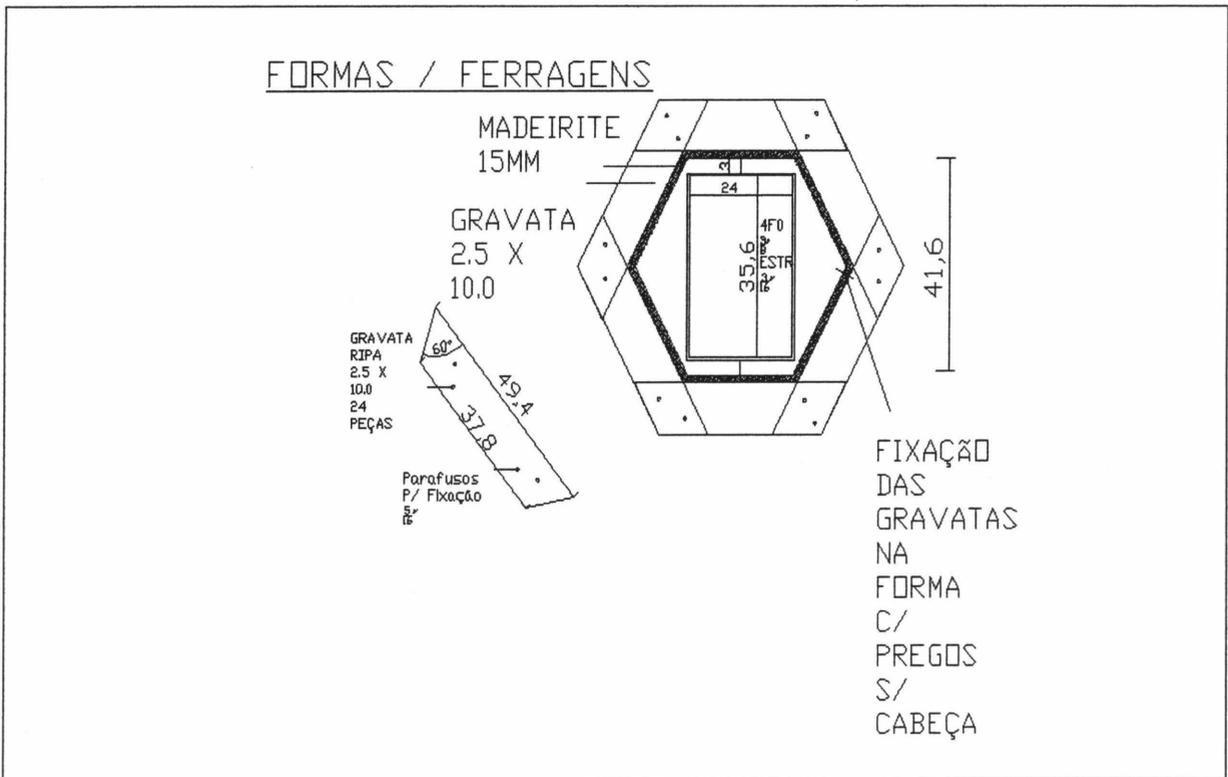


Figura 37 - Esquema das gravatas e ferragem.
Fonte: ITCG (1998)

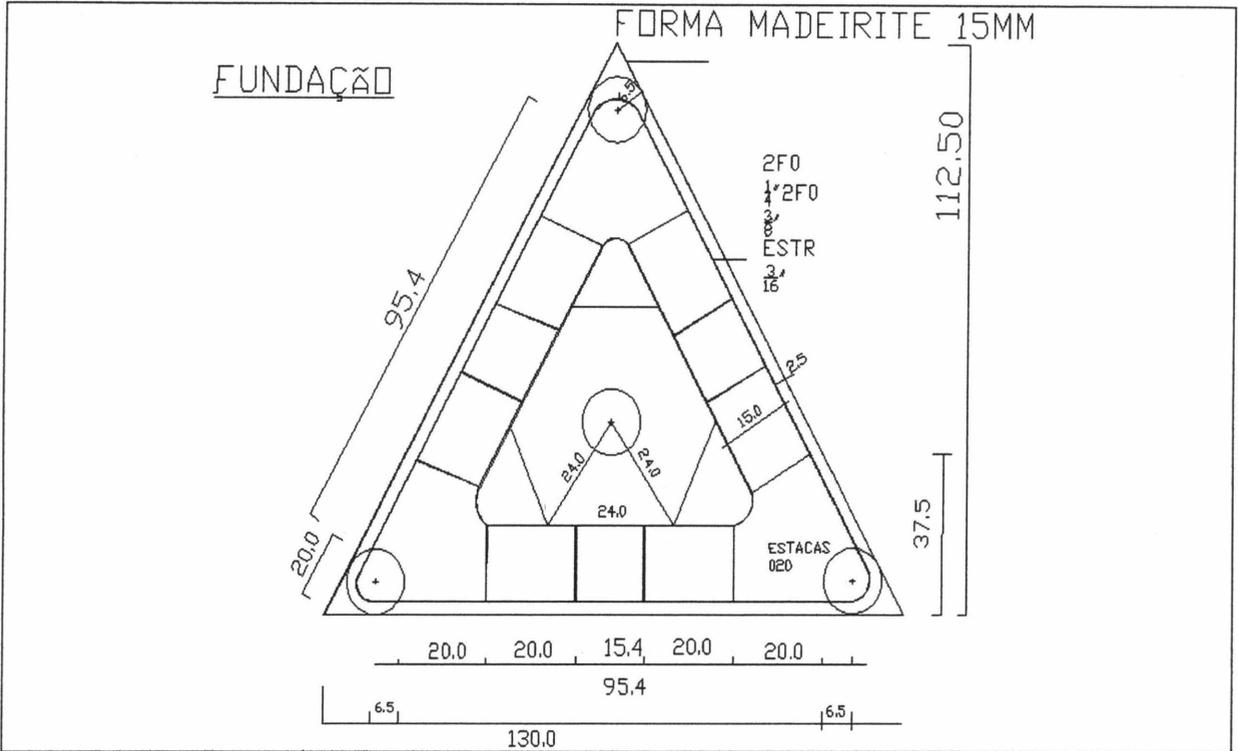


Figura 38 - Esquema da base triangular.
 Fonte: ITCG (1998)

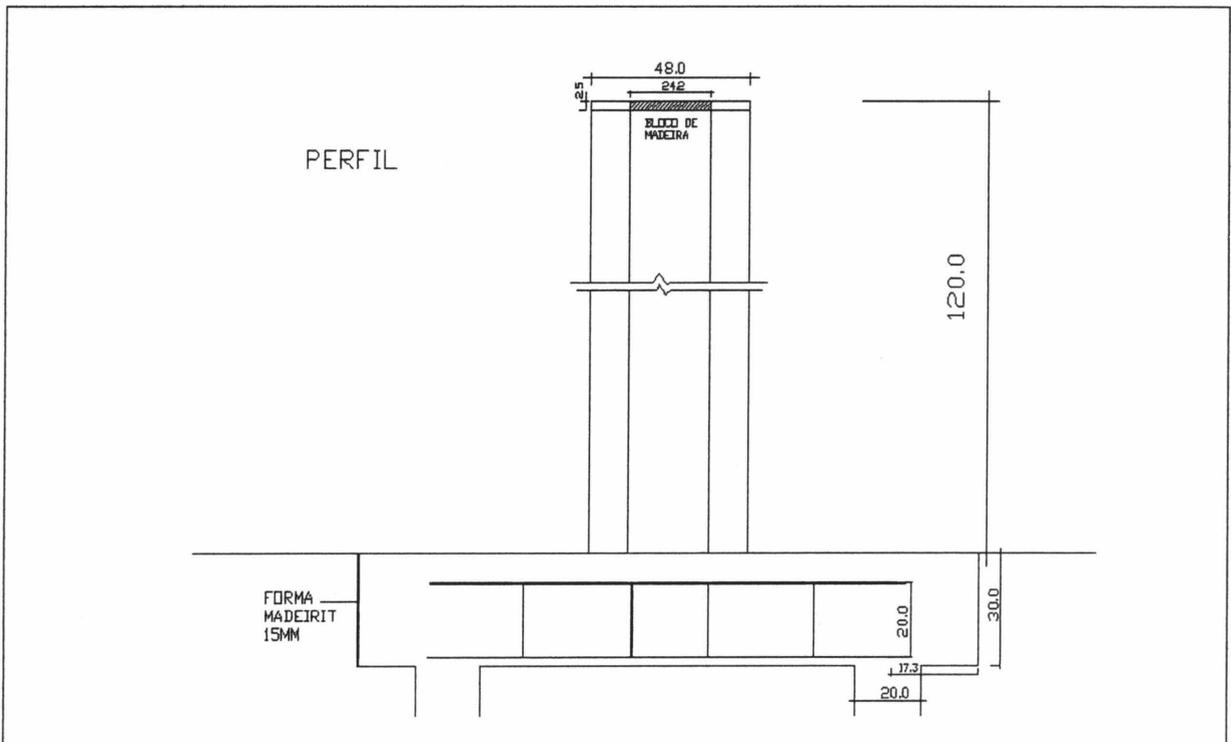


Figura 39 - Esquema do pilar com dispositivo centragem forçada.

Fonte: ITCG (1998)

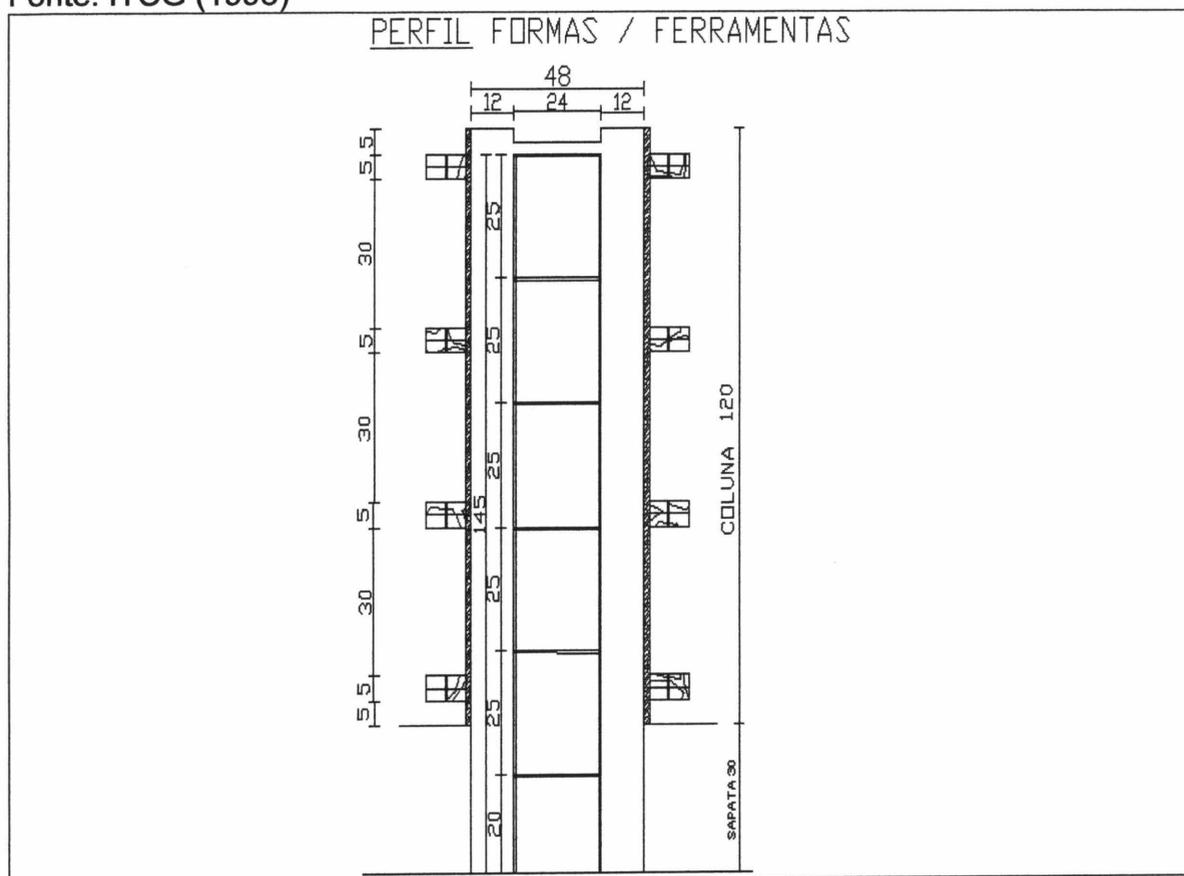


Figura 40 - Esquema do pilar com dispositivo centragem forçada.
Fonte: ITCG (1998)

f) Tonalidade

Deverá ser aplicado sobre o marco e a base retangular de proteção revestimento em tinta especial para cimentados na tonalidade laranja.

g) Dispositivo de Centragem Forçada

As figuras 41 e 42 possibilitam a visualização do dispositivo de centragem forçada padrão UFPR.



Figura 41 - Dispositivo de Centragem forçada padrão UFPR aberto.
Fonte: ITCG (1998)



Figura 42 - Dispositivo de Centragem forçada padrão UFPR fechado.
Fonte: ITCG (1998)

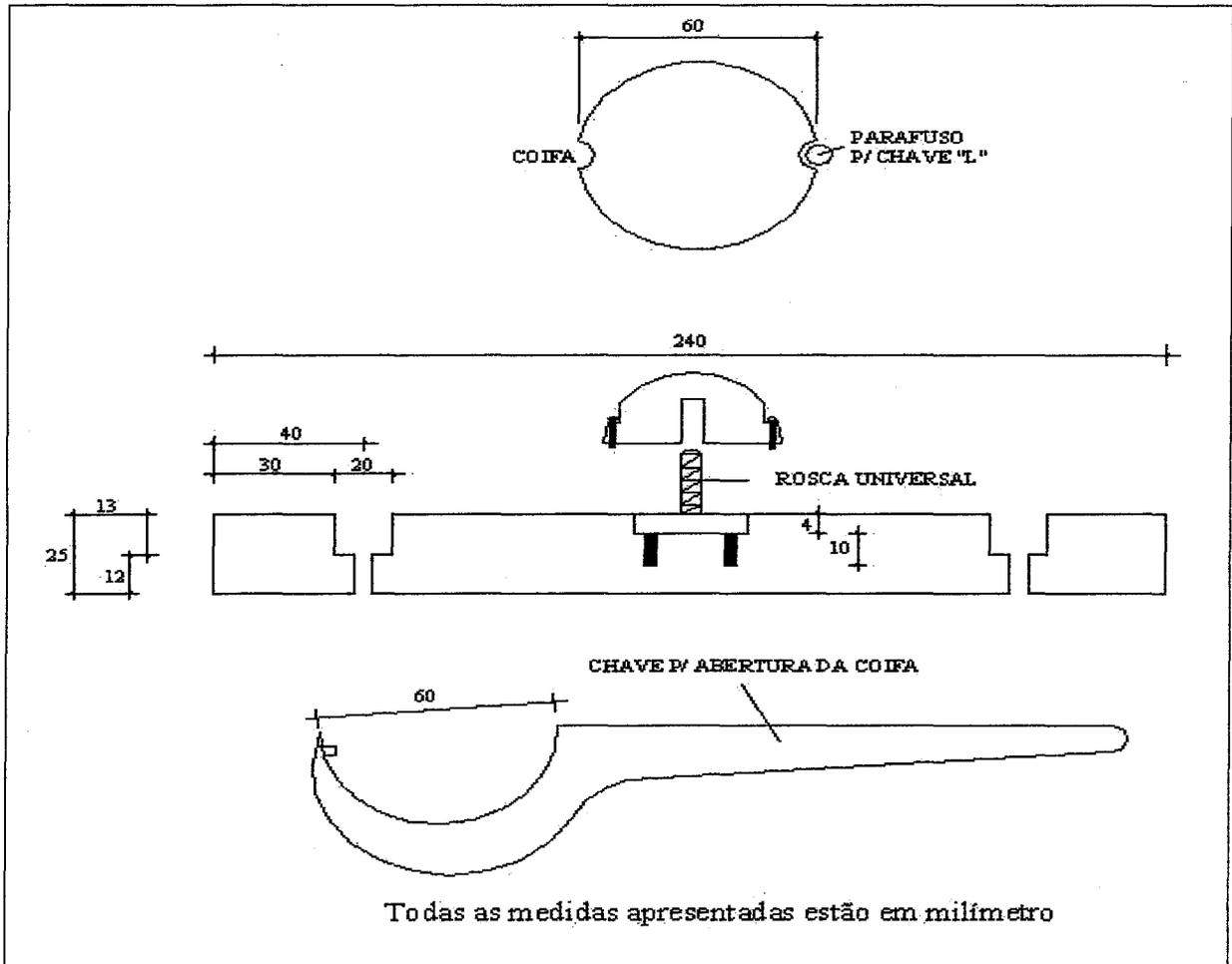


Figura 43 - Detalhamento do dispositivo de centragem forçada e chave.
Fonte: ITCG (1998)

2.9 REDE GPS DO ESTADO DO PARANÁ

2.9.1 Rede GPS de 1996

A implantação da Rede Geodésica de Alta Precisão do Estado do Paraná (GPS) iniciou no ano de 1993 em um convênio firmado entre a SEMA (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos) através da Coordenadoria de Terras Cartografia e Cadastro pertencente a Divisão de Cartografia, Geodésia e Cadastro Técnico Rural, com o IBGE, e em Fevereiro de 1994 iniciou a implantação da mesma, e suas observações feitas pelo IBGE, iniciaram-se em Agosto de 1995.

O objetivo foi suprir as deficiências da Rede Geodésica Fundamental ou de Primeira Ordem, há tempos já implantada e propiciar de maneira única e precisa, apoio aos trabalhos de topografia, agrimensura e todos que necessitassem de pontos de referencia de confiabilidade.

Estabelecer também uma rede geodésica de referência para posicionamento relativo com GPS, para uso geral e comum, isto por que, cerca de 50% dos marcos geodésicos implantados no território paranaense pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e pela DSG - Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército estava danificado, o que vinha comprometendo a qualidade e o grau de precisão na execução de trabalhos de levantamento topo-cartográfico, em seus mais diferentes níveis tecnológicos.

Aquela situação contribuía, sobremaneira, para o encarecimento dos custos de execução daqueles trabalhos, em razão da constante necessidade de confirmação de dados e de se buscar pontos de apoio muito distantes do local da sua execução.

A rede foi projetada e distribuída inicialmente de maneira muito estratégica possibilitando que qualquer região do Paraná contasse com um vértice a cada 100 Km² de abrangência.

Os vinte vértices foram implantados em locais protegidos contra eventuais ações de vandalismo e com acesso controlado, materializados em pilares de concreto armado de aproximadamente 1,20 m de altura (conjunto pilar e sapata), sextavados, com 48 cm de diâmetro e com sistema de centragem forçada. Dezenove dos marcos da rede de 1996 foram construídos e rastreados com definição de horizonte para as condições de não interferência dos sinais de GPS.

2.9.2 Adensamento da Rede GPS do Estado do Paraná ano 2007

As redes GPS estaduais implantadas até a presente data, procuram suprir as demandas atuais da sociedade que são cada vez mais ampliados devido à utilização das técnicas de posicionamento por satélites artificiais. Como exemplo de necessidades da sociedade, podemos citar a Lei Federal 10.267/01 que se refere ao georreferenciamento de todas as propriedades rurais existentes no país, tendo como referência o SGB (Sistema Geodésico Brasileiro).

O estado do Paraná já possuía uma estrutura geodésica precisa, compatível com as tecnologias atuais, mas que ainda não atendia completamente às exigências da sociedade, por não haver uma quantidade suficiente de marcos geodésicos em seu território.

A Rede GPS Paraná foi implantada em 1996 com a medição de 20 marcos, o que hoje não atende completamente o estado. A densificação da Rede GPS Paraná composta por 34 marcos geodésicos vem suprir essa demanda, inserindo marcos em regiões onde a informação posicional precisa, não existia, com isto somam-se 54 estações passivas, sendo que cada vértice abrange uma área do Estado de aproximadamente 60 Km².

Esse trabalho é fruto de um convênio feito entre o IBGE e o ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências do Estado do Paraná e parcerias entre as prefeituras correspondentes, onde todas participaram na construção das estações.

E como resultado deste projeto, a construção, medição, processamento e ajustamento das observações GPS realizadas em 34 marcos de concreto com dispositivo de centragem forçada igual à rede implantada em 1996.



Figura 44 - Densificação da Rede GPS do Estado do Paraná.
Fonte: IBGE/ITCG (2007)



Figura 45 - Rede GPS do Estado do Paraná 1996.
Fonte: IBGE/ITCG (2007)



Figura 46 - Rede GPS do Paraná 1995 + Densificação 2007
Fonte: IBGE/ITCG (2007)

a) Estrutura dos Marcos

As fotos a seguir apresentam a estrutura de algumas das estações pertencentes a densificação da Rede GPS do Estado do Paraná:



Figura 47 - SAT 96034 (Umuarama)
Fonte:ITCG (2007)

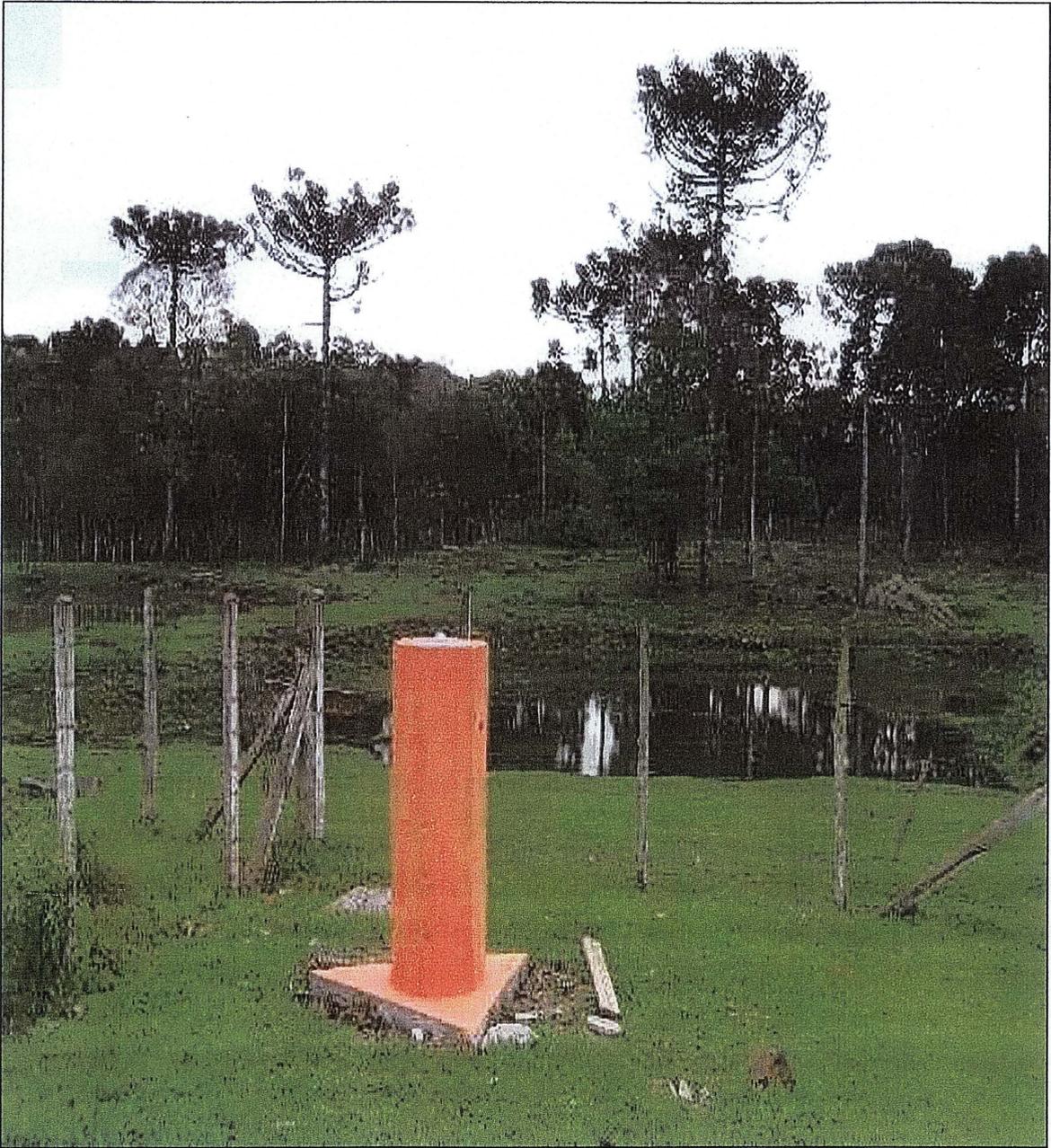


Figura 48 - SAT 96023 (Pinhão)
Fonte:ITCG (2007)

A identificação do marco é caracterizada por um código único estampado em uma chapa de bronze cravada na parte lateral do pilar de concreto conforme figuras 49 e 50. Além do código, a chapa possui a inscrição IBGE, Protegido por Lei e SAT, sendo esta última, caracterizando que o marco foi determinado a partir da tecnologia GPS.



Figura 49 - Identificação do Marco
Fonte: IBGE/ITCG (2007)

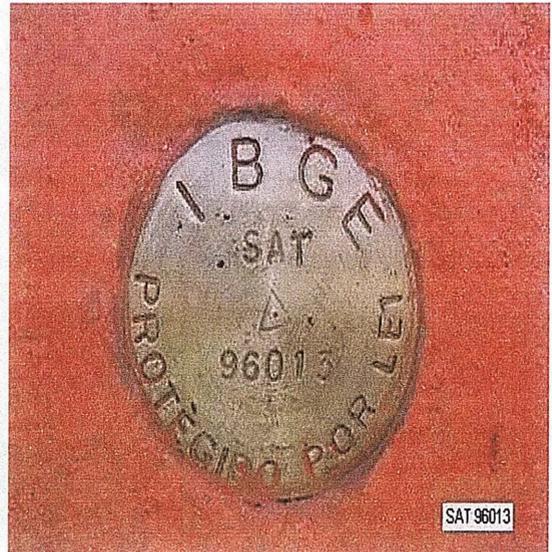


Figura 50 - Chapa identificadora
Fonte: IBGE/ITCG (2007)

A coordenada que estabelece a posição do marco é definida na base de alumínio sob o dispositivo de centragem forçada, conforme apresentado nas figuras 51 e 52.



Figura 51 - Referência do marco principal.
Fonte:ITCG /IBGE (2007)

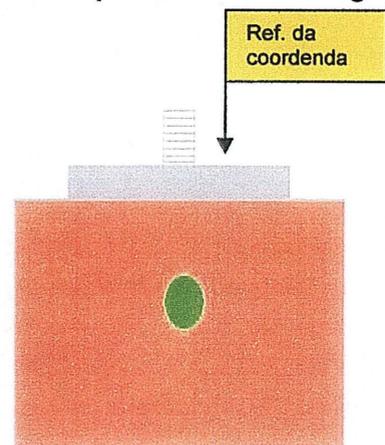


Figura 52 - Esquema ilustrativo
Fonte:IBGE (2007)

Fonte:ITCG /IBGE(2007)

As informações referentes ao marco geodésico como coordenadas planimétricas e altimétricas, descrição, localização, itinerário, são apresentadas no relatório geodésico da estação, e disponibilizadas no Banco de Dados Geodésicos do IBGE na internet através do seguinte endereço:

<http://mapas.ibge.gov.br/website/geodesia2/>

A implantação e manutenção de uma rede geodésica são de extrema importância para o desenvolvimento de um município, estado ou país. Ela fornece uma estrutura posicional precisa, capaz de apoiar a praticamente todas as atividades que utilizam tais informações, principalmente àquelas relacionadas à engenharia e regularização fundiária. Além disso, visa estabelecer uma estrutura referida aos atuais padrões de precisão do Sistema Geodésico Brasileiro com a adoção de um sistema de referência geocêntrico, o SIRGAS2000, dando suporte para que todos os trabalhos sejam referidos a esse sistema.

A densificação da Rede GPS do Estado do Paraná teve como objetivo, ampliar a já existente rede geodésica implantada em 1995, capaz de suportar boa parte dos trabalhos que necessitam de informação posicional de qualidade.

A parceria firmada entre o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e o Instituto de Terras, Cartografia e Geociências do Estado do Paraná – ITCG foi fundamental para que esse trabalho pudesse ser realizado de forma satisfatória e dentro do prazo estabelecido.

Tanto as equipes do IBGE, quanto às do ITCG trabalharam de forma integrada, seguindo procedimentos pré-estabelecidos, que atendessem aos padrões geodésicos. As 33 novas estações geodésicas que vieram integrar às 19 já existentes compõem a nova estrutura geodésica do estado do Paraná. Com ela, o estado se junta há outros estados no que diz respeito à Rede GPS Estadual altamente precisa e geograficamente bem distribuída.

3. METODOLOGIA DO TRABALHO

Neste item, apresenta-se a abordagem metodológica aplicada neste trabalho ;Área de Estudo; Rede Altimétrica no Brasil; Localização da Rede Altimétrica no Brasil; Localização da Rede Altimétrica no Paraná; Identificação das Estações em Campo, Custos do Levantamento Altimétrico.

A metodologia de pesquisa utilizada neste estudo é de natureza quantitativa, qualitativa e descritiva, de relevante importância na área da cartografia. Serão abordadas apenas as estruturas geodésicas chamadas RNs (referência de nível) do Estado do Paraná.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Neste item serão apresentadas informações sobre a área de estudo, que serviram para auxiliar e avaliar o estado de conservação das estruturas geodésicas (RNs), proporcionando aos usuários, economia de tempo e recursos.

As áreas de estudo, apresentada na figura 53, estão localizadas nas meso regiões do estado do Paraná, que são:

- a) Metropolitana de Curitiba
- b) Norte Central Paranaense
- c) Oeste Paranaense
- d) Centro Sul Paranaense

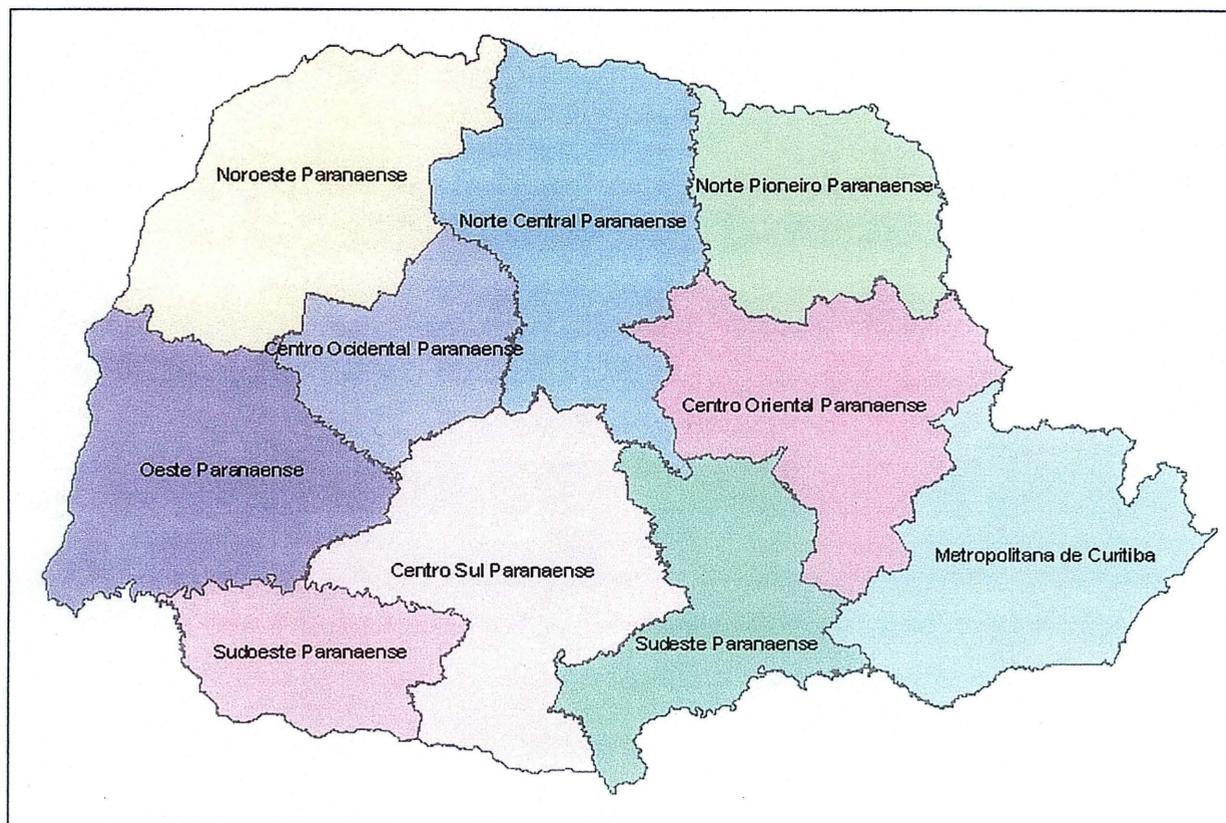


Figura 53 - Meso regiões do Paraná.
Fonte: ITCG (2003)

3.1.1 Rede Altimétrica no Brasil

Em 13 de Outubro de 1945, a Seção de Nivelamento (SNI) iniciava os trabalhos de Nivelamento Geométrico de Alta Precisão, dando partida ao estabelecimento da Rede Altimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). No Distrito de Cocal, Município de Urussanga, Santa Catarina, onde está localizada a Referência de Nível RN 1-A, a equipe integrada pelos Engenheiros Honório Bezerra, José Clóvis Mota de Alencar, Pérciles Sales Freire e Guarany Cabral de Lavôr efetuou a operação inicial de nivelamento geométrico no IBGE.

Em Dezembro de 1946, foi efetuada a conexão com a Estação Maregráfica de Torres, Rio Grande do Sul, permitindo, então, o cálculo das altitudes das Referências de Nível já implantadas. Concretizava-se, assim, o objetivo do Professor Allyrio de Mattos de dotar o Brasil de uma estrutura altimétrica fundamental, destinada a apoiar o mapeamento e servir de suporte às grandes obras de

engenharia, sendo de vital importância para projetos de saneamento básico, irrigação, estradas e telecomunicações.

Em 1958, quando a Rede Altimétrica contava com mais de 30.000 quilômetros de linhas de nivelamento, o Datum de Torres foi substituído pelo Datum de Imbituba, definido pela estação maregráfica do porto da cidade de mesmo nome, em Santa Catarina. Tal substituição ensejou uma sensível melhoria de definição do sistema de altitudes, uma vez que a estação de Imbituba contava na época com nove anos de observações, bem mais que o alcançado pela estação de Torres.

O final da década de 70 marcou a conclusão de uma grande etapa do estabelecimento da Rede Altimétrica. Naquele momento, linhas de nivelamento geométrico chegaram aos pontos mais distantes do território brasileiro, nos estados do Acre e de Roraima.

3.1.2 Localização da Rede Altimétrica no Brasil

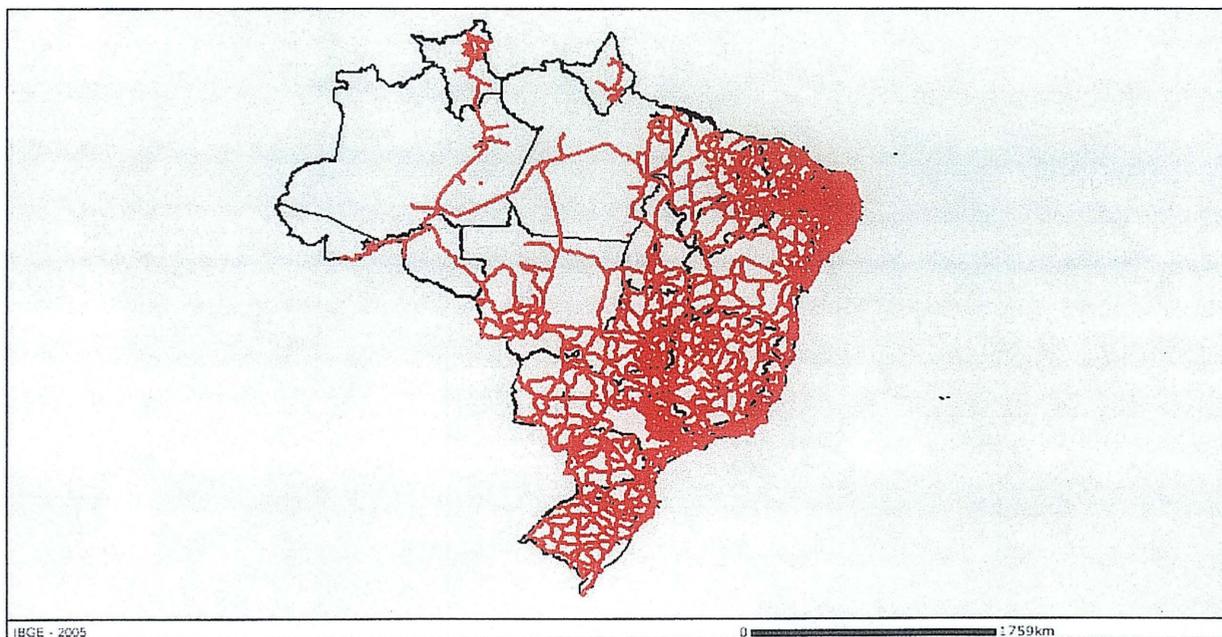


Figura 54 - Rede Altimétrica no Brasil
Fonte: IBGE (2004)

3.1.3 Localização da Rede Altimétrica no Paraná

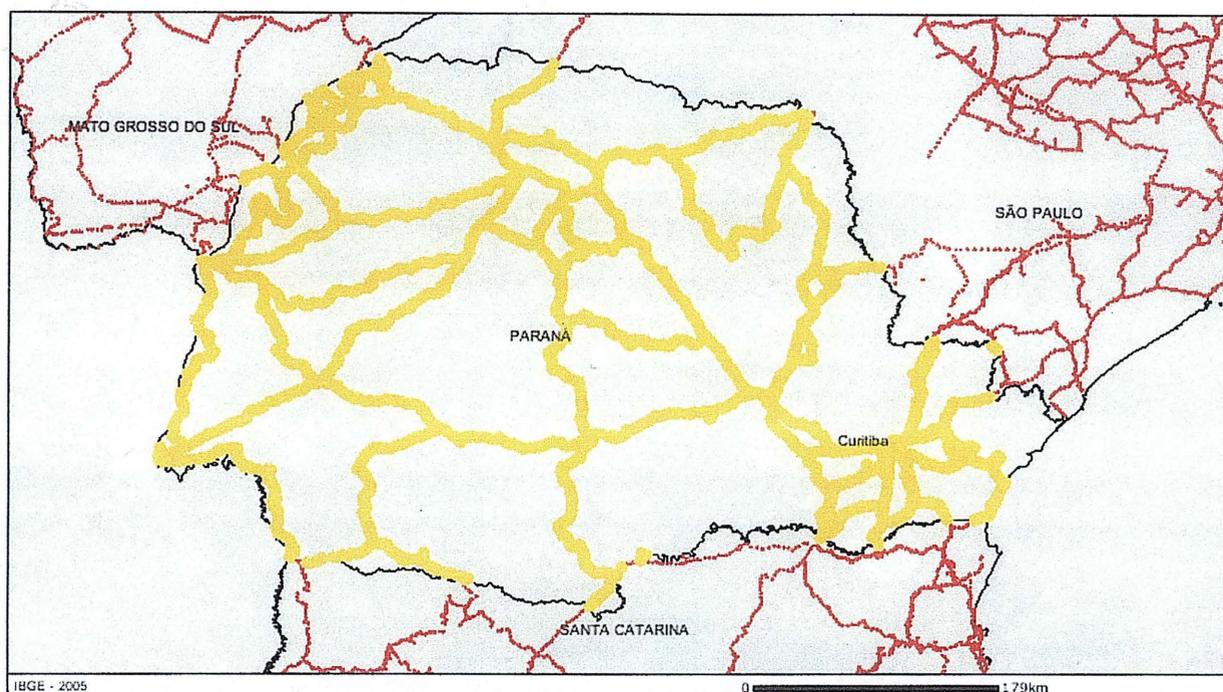


Figura 55 - Rede Altimétrica no Paraná
Fonte: IBGE (2004)

3.1.4 Identificação das Estações em Campo

O Paraná possui implantado em seu território 2762 referências de nível (RN) (Fonte IBGE, 2008), devido às grandes mudanças naturais e artificiais ocorridas principalmente nos centros urbanos muitos quando encontrados estão destruídos, o que dificulta e encarece os custos dos projetos que se valem dessas informações.

Para tanto, se utilizam como referência às estações geodésicas do IBGE, que compõem o SGB, criado a partir do Decreto- Lei no 243 de 1967. Esse decreto preceitua o estabelecimento de um sistema planialtimétrico (latitude, longitude e altitude) único de referência para todo o território nacional, de modo a suprir as necessidades da comunidade técnico científica com informações confiáveis:

**DECRETO-LEI Nº 243, DE 28 DE FEVEREIRO DE 1967
MARCOS, PILARES E SINAIS GEODÉSICOS**

Art. 13 - Os marcos, pilares e sinais geodésicos são considerados obras públicas, podendo ser desapropriadas, como de utilidade pública, as áreas adjacentes necessárias à sua proteção.

§ 1º - Os marcos, pilares e sinais conterão obrigatoriamente a indicação do órgão responsável pela sua implantação, seguida de advertência:

“PROTEGIDO POR LEI (Art. 161 do Código Penal e demais leis civis de proteção aos bens do patrimônio público).

§ 2º - Qualquer nova edificação, obra ou arborização, que a critério do órgão cartográfico responsável possa prejudicar a utilização do marco, pilar ou sinal geodésico, só poderá ser autorizada após prévia audiência desse órgão .

§ 3º - Quando não efetivada a desapropriação, o proprietário da terra será obrigatoriamente notificado, pelo órgão responsável, da materialização e sinalização do ponto geodésico, das obrigações que a lei estabelece para a sua preservação e das restrições necessárias a assegurar sua utilização.

§ 4º - A notificação será averbada gratuitamente, no Registro de Imóveis competente, por iniciativa do órgão responsável.

Art. 14 - Os operadores de campo dos órgãos públicos e das empresas oficialmente autorizadas, quando no exercício de suas funções técnicas, atendidas as restrições atinentes ao direito de propriedade e à segurança nacional, têm livre acesso às propriedades públicas e particulares.

TABELA 9 - Relação das estações RNs vistoriadas - Meso região Metropolitana de Curitiba.

| Estação | Município | UF | Geocodigo | Data da última visita | Situação do Marco |
|---------|-----------------------|----|-----------|-----------------------|-------------------|
| 2041M | Campo Largo | PR | 4104204 | 23/03/1983 | BOM |
| 2042X | Curitiba | PR | 4106902 | 15/12/1998 | BOM |
| 2043H | Colombo | PR | 4105805 | 03/05/1983 | NÃO ENCONTRADO |
| 2045S | Campina Grande do Sul | PR | 4104006 | 16/06/2008 | NÃO ENCONTRADO |
| 2053L | Curitiba | PR | 4106902 | 24/08/1983 | BOM |
| 21A | Curitiba | PR | 4106902 | 02/10/1947 | NÃO ENCONTRADO |
| 21C | Curitiba | PR | 4106902 | 02/10/1947 | BOM |
| 2113F | Adrianópolis | PR | 4100202 | 01/07/1983 | BOM |
| 2113P | Adrianópolis | PR | 4100202 | 15/07/1994 | DESTRUÍDO |
| 2119J | Barra do Turvo | SP | 3505401 | 11/06/2008 | NÃO ENCONTRADO |

TABELA 10 - Relação das estações RNs vistoriadas - Meso região Norte Central Paranaense

| | | | | | |
|-------|---------------------------|----|---------|------------|----------------|
| 1579E | Maringá | PR | 4115200 | 15/11/1981 | BOM |
| 1588S | Londrina | PR | 4113700 | 15/09/2001 | NÃO ENCONTRADO |
| 1589G | Rolândia | PR | 4122404 | 15/09/2001 | NÃO ENCONTRADO |
| 1589Z | Apucarana | PR | 4101408 | 15/09/2001 | NÃO ENCONTRADO |
| 2929V | São Sebastião da Amoreira | PR | 4126009 | 22/03/1988 | BOM |
| 2930E | São Sebastião da Amoreira | PR | 4126009 | 24/03/1988 | BOM |

| | | | | | |
|-------|-----------------------|----|---------|------------|-----------|
| 2930Z | São Jerônimo da Serra | PR | 4124707 | 29/04/1988 | BOM |
| 2937D | Jandaia do Sul | PR | 4112108 | 13/03/1989 | BOM |
| 1591E | Marialva | PR | 4114807 | 09/07/2008 | DESTRUÍDO |
| 1591J | Sarandi | PR | 4126256 | 09/07/2008 | DESTRUÍDO |

TABELA 11 - Relação das estações RNs vistoriadas - Meso região Oeste Paranaense

| | | | | | |
|-------|--------------------|----|---------|------------|-----------|
| 1722U | Cascavel | PR | 4104808 | 19/11/1980 | BOM |
| 1722X | Cascavel | PR | 4104808 | 20/11/1980 | BOM |
| 1725P | Quedas do Iguaçu | PR | 4120903 | 10/02/1981 | BOM |
| 1725R | Quedas do Iguaçu | PR | 4120903 | 11/02/1981 | BOM |
| 1725X | Cruzeiro do Iguaçu | PR | 4106571 | 15/03/1993 | DESTRUÍDO |
| 1730N | Medianeira | PR | 4115804 | 24/03/1981 | BOM |
| 1731R | Céu Azul | PR | 4105300 | 30/04/1981 | BOM |
| 1732B | Cascavel | PR | 4104808 | 15/05/1981 | BOM |
| 1736E | Cascavel | PR | 4104808 | 22/06/1981 | BOM |
| 1715S | Foz do Iguaçu | PR | 4108304 | 08/05/1998 | BOM |

TABELA 12 - Relação das estações RNs vistoriadas - Meso região Centro Sul Paranaense

| | | | | | |
|-------|--------------------|----|---------|------------|----------------|
| 1740V | Pinhão | PR | 4119301 | 13/07/1981 | NÃO ENCONTRADO |
| 1741B | Pinhão | PR | 4119301 | 14/07/1981 | NÃO ENCONTRADO |
| 1741C | Pinhão | PR | 4119301 | 15/07/1981 | BOM |
| 1732V | Laranjeiras do Sul | PR | 4113304 | 12/08/2004 | BOM |
| 1729A | Clevelândia | PR | 4105706 | 30/03/1981 | NÃO ENCONTRADO |
| 1729B | Clevelândia | PR | 4105706 | 30/03/1981 | BOM |
| 1729F | Clevelândia | PR | 4105706 | 15/03/1981 | NÃO ENCONTRADO |
| 1734J | Laranjeiras do Sul | PR | 4113304 | 14/05/1981 | DESTRUÍDO |
| 1735D | Candói | PR | 4104428 | 21/05/1981 | BOM |
| 1735U | Guarapuava | PR | 4109401 | 26/05/1981 | DESTRUÍDO |

TABELA 13 - Código da situação da estação:

| Situação | Código | Conceito | Observações |
|----------------------------|--------|---|---|
| Bom | 10 | A estação não pode estar visivelmente abalada torta, deslocada, mole e a chapa se mantém sem marcas de possível abalo, como grandes amassados ou rasgos. | |
| Destruído | 20 | Estação completamente destruída, tombada, confirmado por vestígios, pedaços da estação ou sofreu visível deslocamento. | Se a chapa ainda estiver lá e se for possível, deve ser retirada. Informar no relatório. Em locais onde for constatado, por algum motivo, o deslocamento da estação, deve-se avisar ao proprietário e / ou responsável do local que é obrigatório retirar a chapa ou destruir o marco. Caso a equipe seja impedida de fazê-lo, isso também deve ser informado no relatório. |
| Destruído s/ chapa | 21 | A chapa foi retirada, mas o local ou marco permanece sem sofrer visível deslocamento. | Informar no relatório de atividade. |
| Destruído chapa danificada | 22 | A chapa não mantém as condições ideais para nivelamento de alta precisão, porém o local ou marco permanece sem sofrer visível deslocamento. Ex.: chapa rasgada ou muito amassado. | Informar no relatório de atividade. |
| Não encontrado | 30 | O local ou a estação não foi encontrado depois de esgotadas todas as possibilidades. | Deve ser preenchido o questionário de investigação com duas ou mais pessoas do local. |
| Não visitado | 40 | Não havendo possibilidade de deslocamento até a estação pela necessidade de autorização prévia difícil acesso, ou riscos à integridade física dos técnicos. | Deve ser justificado no relatório. |

Fonte: IBGE (2008)

3.1.5 Custos do Levantamento Altimétrico

As especificações e Normas Gerais, destinada a regularizar a execução dos Levantamentos Geodésicos em território brasileiro, estabelecem que as tolerâncias

e critérios segundo os quais deverão ser conduzidos de maneira a serem aceitos como contribuição ao Sistema Geodésico Brasileiro.

Tais Especificações e Normas Gerais foram colocadas à disposição do público por intermédio do IBGE, atendendo assim, ao disposto no Capítulo VIII do Decreto-lei no 243, de 28 de fevereiro de 1967, Anexo à resolução – Pr nº 22 de 21/07/03 do IBGE, que determina a competência da Instituição quanto aos levantamentos geodésicos.

Portanto todo levantamento altimétrico de alta precisão, realizado no país, tem como executor o IBGE. A planilha representada pela tabela 14, elaborada pela Associação Profissional dos Engenheiros Agrimensores no Estado de São Paulo (APEAESP) deve ser utilizada como uma tabela de referência de preços. Ela está adequada as normas de topografia NBR 13.133/94 com validade a partir de 30/06/94.

A premissa básica adotada para a composição do preço unitário foi composta considerando os seguintes parâmetros:

- a) Obediência a norma NBR 13.133/94 da ABNT para levantamentos topográficos.
- b) Topografia da área com declividade média de até 15%.
- c) Cobertura vegetal abaixo de 1 metro de altura.
- d) Acessibilidade à área de trabalho, sem dificuldades.
- e) Deslocamento médio diário de até 100 km, somadas ida e volta da sede da empresa.
- f) Jornada de trabalho de 8:00 h, incluindo o deslocamento e respeitando o limite de 40 h semanais.
- g) Nos preços unitários compostos estão incluídos: Os trabalhos de campo, cálculos, desenhos, memoriais e relatório técnico.
- h) Os valores de equipamentos e veículos adotados nas planilhas de composição de preços médios de aluguéis de mercado.
- i) Pagamento à vista com medições mensais para trabalhos com duração maior que 30 dias.
- j) Os salários considerados nas planilhas de composição de preços apresentados, são os médios de mercado no Estado de São Paulo.
- l) Adotado, 17 (dezessete) dias de trabalho/mês, conforme demonstrado no item.
- m) Despesas fiscais de 17% (dezessete por cento).

n) BDI, bonificação e despesas indiretas de 28% (Vinte e oito por cento) sobre a somatória dos custos diretos.

O custo benefício em razão da quantidade de estações em relação ao vistoriado, não foi possível calcular.

TABELA 14 - Composição de preço unitário referencial de serviço de topografia de acordo com a Nbr 13133/94. Outubro/2006

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO DE PRECISÃO 4 mm V k

| Unidade: Equipe/dia | | | | |
|--|-------|--------|---------------------------------|------------------|
| 1. MÃO DE OBRA | UNID | COEF. | SALÁRIO BASE (R\$) | VALOR R\$ |
| 1.1. Campo | | | | |
| Coordenador | mês | 0,15 | 2.800,00 | 420,00 |
| Técnico | mês | 1,00 | 2.100,00 | 2.100,00 |
| Aux. de topografia | mês | 2,00 | 720,00 | 1.440,00 |
| Servente | mês | 2,00 | 550,00 | 1.100,00 |
| 1.2. Gabinete | | | | |
| Coordenador | mês | 0,1 | 2.400,00 | 240,00 |
| Calculista | mês | 0,3 | 1.800,00 | 540,00 |
| | | | SOMA | 5.840,00 |
| | | | ENCARGOS SOCIAIS 104,08% | 6.078,27 |
| | | | SOMA 1 | 11.918,27 |
| 2. LOCOMOÇÃO | UNID | COEF | CUSTOS (R\$) | VALOR (R\$) |
| 2.1 Coordenador de campo | | | | |
| Veículo (Gol) | mês | 0,15 | 1000,00 | 150,00 |
| Combustível (km/l x km/dia) | L | 36,00 | 2,60 | 93,60 |
| 2.2 Equipe de campo | | | | |
| Veículo (Kombi) | mês | 1,00 | 1.500,00 | 1500,00 |
| Combustível (km/l x km/dia) | L | 300,00 | 2,60 | 780,00 |
| | | | SOMA 2 | 2523,60 |
| 3. EQUIPAMENTOS | UNID. | COEF. | CUSTOS (R\$) | VALOR (R\$) |
| 3.1 Nível classe 4- N3 | mês | 1,00 | 450,00 | 450,00 |
| Miras Invar | mês | 1,00 | 150,00 | 150,00 |
| | | | SOMA 3 | 600,00 |
| | | | SUBTOTAL = 1+2+3 | 15041,87 |
| 4. DESPESAS GERAIS E MATERIAL DE CONSUMO 5% | | | | 752,09 |
| | | | SUBTOTAL = 1+2+3+4 | 15.793,97 |
| 5. BDI 28% | | | | 4.422,31 |
| 6. DESPESAS FISCAIS 17% | | | | 4.422,31 |
| 7. PREÇO MENSAL DA EQUIPE =1+2+3+4+5+6 | | | | 24.356,96 |
| 8. PREÇO UNITÁRIO POR DIA (17 DIAS/MÊS) | | | | 1.432,76 |

Uma equipe de campo consegue executar o nivelamento geométrico em média de 2 a 3 Km por dia o que significa apenas 2 RNs levantadas.

4. CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS

TABELA 15 - Número das estações RNs vistoriadas

| Meso região | nº de marcos vistoriados | Situação do marco | |
|---------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------|
| | | % destruída e não encontrado | % encontrada |
| Metropolitana de Curitiba | 10 | 50 | 50 |
| Norte Central Paranaense | 10 | 50 | 50 |
| Oeste Paranaense | 10 | 10 | 90 |
| Centro Sul Paranaense | 10 | 60 | 40 |

A tabela 15 mostra em porcentagem o estado em que se encontra a situação da estrutura vistoriada em campo, foram vistoriados apenas quarenta pontos, o que se pode notar é que 42,5% das mesmas não podem ser aproveitadas, colocando em risco na região as atividades na área de engenharia e geodésia.

Como se pode observar a soma das RNs não encontradas com as destruídas resulta em 42,5%, este índice leva a considerar que as linhas do nivelamento estão praticamente destruídas, pois em cada uma as RNs está aproximadamente 3 Km de distância entre si e que uma estação depende de outra para a continuação do nivelamento, existem trechos de até 50 Km em que não se localizaram RNs com condições de uso para os trabalhos de geodésia, limitando inclusive o uso de novas metodologias de determinação de altitudes, como por exemplo, o GPS.

Este não é um resultado conclusivo pois o número de estações visitadas é bem inferior ao de existente que são 2762 estações, não possibilitando um cálculo estatístico mais preciso, sendo necessário uma visita em um maior número de estações para se ter uma melhor precisão, mas demonstra uma tendência em algumas áreas, a destruição das mesmas, pois a vistoria não foi realizada em uma única região e sim em quatro meso regiões do Estado do Paraná.

4.1 PROPOSTA PARA CONSERVAÇÃO DAS ESTRUTURAS GEODÉSICAS

Como novas diretrizes propor vistoria das estruturas geodésicas seguindo a orientação do manual desenvolvido pelos técnicos do IBGE nas atividades de

Verificação da Realidade Física (VRF) das estações pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), buscando uniformizar os procedimentos no Paraná e em todo território nacional.

Com isto atualizando o Banco de Dados Geodésicos (BDG) do IBGE e verificando a existência de um quantitativo de estações que não foram visitadas desde sua implantação, e encontram-se ditas em “bom estado”, em virtude das grandes mudanças naturais e artificiais ocorridas principalmente nos centros urbanos, muitas quando encontradas estão destruídas, o que dificulta e encarece os custos dos projetos que se valem dessas informações.

Logo, para manter o BDG atualizado, o IBGE em conjunto com o estado do Paraná se ocuparia através do ITCG (Instituto de Terras Cartografia e Geociências) da atividade de Verificação da Realidade Física das estações do SGB, assumindo a responsabilidade pela visita e conservação dos marcos nas áreas territoriais que atuam, procurando desenvolver, com certa periodicidade, caracterizada através da visita, manutenção e avaliação do estado de conservação das mesmas, proporcionando aos usuários, economia de tempo e recursos, pois bastaria o usuário acessar o BDG do IBGE e verificar o estado de conservação das estruturas evitando o seu deslocamento até área para saber se a mesma esta em boas condições de uso.

Para realizar esta proposta a instituição faz uso de um programa desenvolvido pelo IBGE, denominado, Sistema de Inserção de Dados Geodésicos, (SIDGeo), com o objetivo de atualizar o BDG com informações relativas aos levantamentos geodésicos em geral, através do qual há inserção dos dados oriundos dos formulários preenchidos em campo, figura 56.

Este programa busca subsidiar as necessidades de coleta de dados referentes às atividades de Altimetria, Planimetria e Gravimetria. As empresas privadas também podem colaborar informando a conservação dos marcos, sempre que realizam a ocupação dos mesmos para referenciar novos projetos.

problemas de deslocamentos provocados pela força da massa d'água durante e após a obra?

Respondendo às questões acima, essas obras são de médio e grande porte e necessitam de projetos bem elaborados, apoiados em levantamentos que permitam o conhecimento do terreno, como por exemplo, medidas precisas de área e relevo, para que não causem danos futuros ou mesmo acarretem custos desnecessários.

Para preservar este valioso patrimônio do povo Brasileiro, buscar a efetivação da participação do Instituto de Terras Cartografia e Geociências e do IBGE na vistoria e conservação destas estruturas, contando com a divulgação através de folder explicativos a importância das mesmas, visitas periódicas nas instituições, principalmente as municipais, pois são as que mais danificam estas estruturas e parceria da sociedade civil, como empresas na área de cartografia e geodésia.

Como projeto para o futuro a possibilidade do ITCG/IBGE de realizar nivelamento geométrico de alta precisão e gravimétrico na rede GPS do estado, melhorando a carta geoidal do Estado do Paraná, para com isso os usuários de GPS possam transformar as altitudes geométricas fornecidas pelo GPS em altitudes ortométricas, que é a oficial do Brasil, com maior precisão, as quais são utilizadas em diversas aplicações na engenharia devido ao fato de serem dotadas de significado físico e não geométrico.

6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. F. P. N. de. Terminologia da avaliação dos trabalhos cartográficos. **Revista Brasileira de Cartografia**. N° 16., Rio de Janeiro, RJ, 1976.
- ANDRADE, D. F. P. N. de. **Avaliação da exatidão de documentos cartográficos**, **Revista Brasileira de Cartografia**, n° 44, Rio de Janeiro, RJ, 1991.
- COCAR: BRASIL, Decreto nº. 89.817 de 20 de junho de 1984. Dispõe sobre as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia Nacional, Cartografia e Aerolevanteamento Legislação, Brasília, DF, 1981.
- BRITO, J. L. N. Proposta de metodologia para a classificação de documentos cartográficos, **Revista Brasileira de Cartografia**, n° 41, Rio Janeiro , RJ, 1987.
- BURITY, E. F. **A carta cadastral urbana - Seleção de dados a partir da análise das necessidades dos usuários**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Cartográfica. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, 1999.
- CÊURIO DE OLIVEIRA, **Dicionário Cartográfico 4ª Edição**. IBGE, 1993.
- COCAR. Cartografia e aerolevanteamento. **Legislação, nº 01**. Brasília: IBGE, 1981.
- IBGE. **Evolução do sistema geodésico Brasileiro - Razões e Impactos com a Mudança do Referencial**. Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil, Rio de Janeiro, RJ, 2000.
- FREITAS, S.R. C de, LAZZAROTTO, D. R.; LUZ, R. T. **Avaliação da compatibilidade dos sistemas geodésicos de referência no Brasil**, Boletim Ciências Geodésicas. Artigos, Curitiba, PR, 2004.
- LOCH, R.E. NOGUEIRA. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.
- GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações, aplicações geodésicas**, Editora UFPR, Curitiba, PR, 1994.
- GALO, M.; CAMARGO, P. O. **Utilização do GPS no controle de qualidade de cartas**. Anais do 1º COBRAC - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, SC, 1994.
- LAZZAROTTO, D. R.; SLUTER, C. R.; QUINTINO, D. **Estudo sobre o uso de indicadores analíticos para projeto de bases cartográficas orientadas ao usuário**. Anais do III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. UFPR, Curitiba, PR, 2003.
- LEAL, E. da M.; DALMOLIN, Q. **Análise da qualidade posicional em base cartográficas Geradas em CAD**. Anais do GISBRASIL - Congresso e Feira para Usuários em Geoprocessamento da América Latina, Salvador, BA, 1999.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CONSULTAS À INTERNET

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Legislação**. Leis e Decretos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/decretos>. Acesso em: 19h45min, 3 Mai. 2007.

ROGIS, J. B. **Evolução da estrutura fundiária rural: o caso da região sul do Brasil e do sul da Mesopotâmia Argentina**. Disponível em: <http://www.geodesia.ufsc.br/geodesia-online/arquivo/1999/RR>>. Acesso em: 22h15min, 07 maio 2007.

ROGIS, J. B. **Evolução da estrutura fundiária rural: o caso da região sul do Brasil e do sul da Mesopotâmia Argentina.** Disponível em: <http://www.geodesia.ufsc.br/geodesia-online/arquivo/1999/RR>>. Acesso em: 22h15min, 07 maio 2007.

MEDINA, ALEX SORIA; FREITAS, SÍLVIO ROGÉRIO CORREIA. **Confiabilidade da Estrutura Altimétrica Realizada para o Sistema Geodésico Brasileiro.** Disponível em: www.ibge.gov.br . Acesso em: 8h:45min, 15 maio de 2009.

CARTOGRAFIA. **O que é mapas história, avanços.** Disponível em <http://www.suapesquisa.com/>. Acesso em: 14h:20min, 12 março de 2009.

IBGE. **Especificações e Normas para levantamentos GPS, preliminares,** Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 08h:10min, 10 março 2009.

IBGE. **Informativo 2 do PMRG - Resolução de São Paulo,** Disponível em www.ibge.gov.br . Acesso em 10h:20min, 10 março de 2009.

IBGE. **Proposta preliminar para a adoção de um referencial geocêntrico no Brasil,** Disponível em www.ibge.gov.br . Acesso em 17h:20min, 11 dezembro de 2008.

IBGE. **Geodésia.** Disponível em www.ibge.gov.br/. Acesso em 15h:10min, 11 dezembro de 2008.

IBGE Diretoria de geociências (Dgc). **Quem_somos/missão.** Disponível em <http://w3.dgc.ibge.gov.br/site>. Acesso em 10h:00min, de 11 dezembro de 2008.

IBGE Diretoria de geociências (Dgc). **Noções de cartografia.** Disponível em www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/indice.htm - 3k. Acesso em 08h:20min, de 10 dezembro de 2008.

IBGE. **Verificação da Realidade Física das Estações do sistema Geodésico Brasileiro/ Manual de procedimentos.** Disponível em www.ibge.gov.br . Acesso em 07h:45min, de 06 maio de 2009.

RODRIGUES, A.C., GUIMARÃES, V.M., LUZ, R.T., SILVA, M.P. **Manutenção Física dos Marcos do Sistema Geodésico Brasileiro.** XX Congresso Brasileiro de Cartografia - Pontifícia Universidade Católica. Disponível em www.ibge.gov.br . Acesso em 09h:10min, de 20 maio de 2009.

LEAL, PAULO ROBERTO. **Controle de Qualidade em Cartografia: Proposta Metodológica para Avaliação das Cartas Topográficas do Mapeamento Sistemático Nacional.** Disponível em www.ibge.gov.br . Acesso em 08h:30min, de 12 novembro de 2008

SANTIAGO, BASÍLIO. **Astronomia Geodésica I do curso de Engenharia Cartográfica da UFRGS.** Disponível em santiago@if.ufrgs.br. Acesso em 10h:00min, de 17 de Março de 2009.

7. ANEXO

7.1. ANEXO I - ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DE UM MARCO DA REDE GPS DO ESTADO DO PARANÁ



As fotos mostram o início da implantação do marco, com a escolha do lugar e a perfuração das estacas e sua concretagem.



As fotos mostram a colocação da forma de madeira, sendo observado o nivelamento com nível de pedreiro da base triangular e as ferragens das vigas e do pilar.



A base já concretada, com os ferros do pilar amarrados com arame recozido nos ferros de espera.

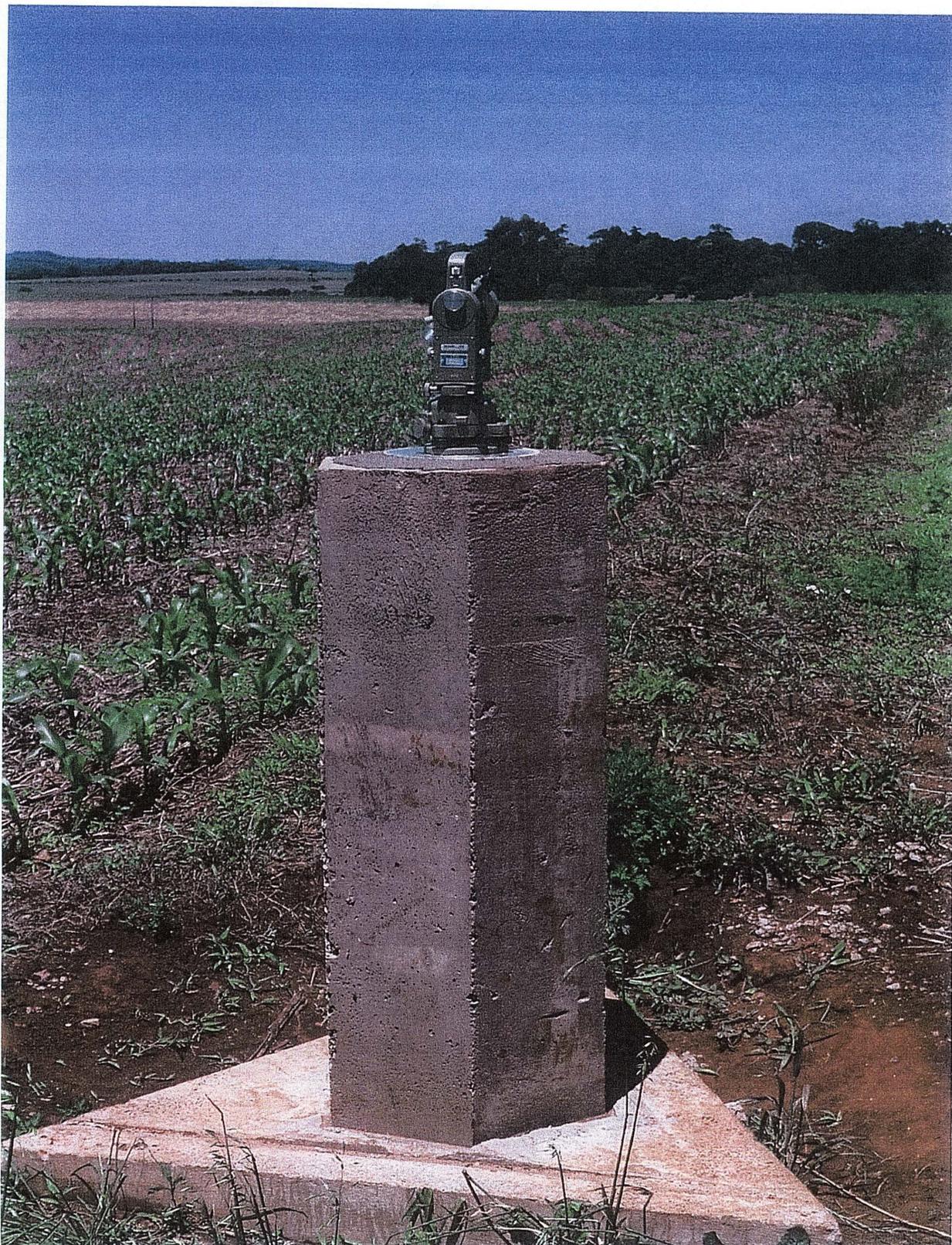
Verificação da verticalidade do pilar



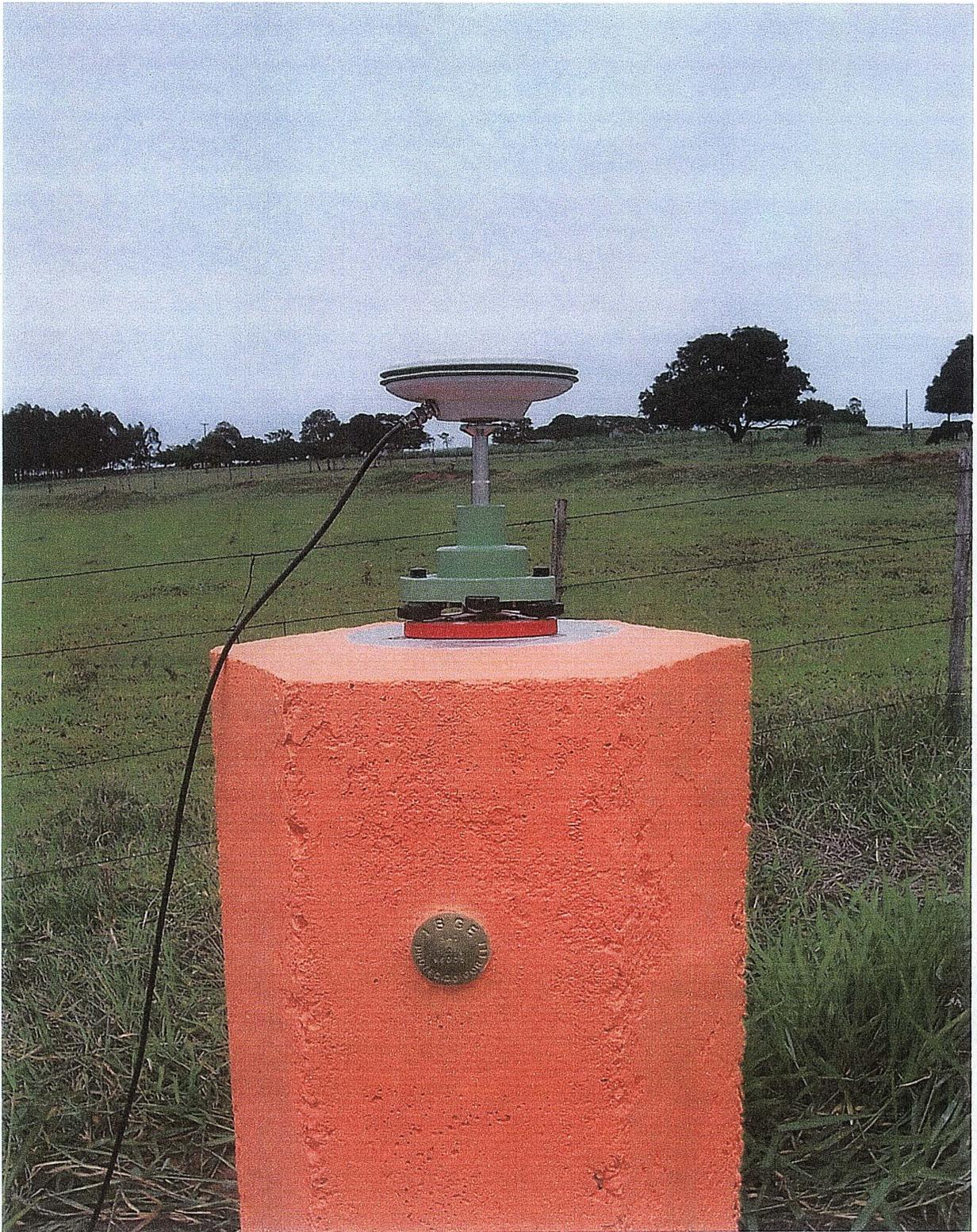
Colocação da forma do pilar, nivelada com prumo de pedreiro e escorada com ripas para não cederem quando da colocação do concreto.



Pilar concretado aguardando a cura.



Marco concluído padrão IBGE com equipamento de medição angular chamado teodolito.



Marco concluído padrão IBGE com uma antena de GPS.