

EDVALDO SIMÕES DA FONSECA JUNIOR

**ESTUDO E AVALIAÇÃO METODOLÓGICA
DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do
título de mestre em Engenharia.

São Paulo
MCMXCVI

EDVALDO SIMÕES DA FONSECA JUNIOR

**ESTUDO E AVALIAÇÃO METODOLÓGICA
DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do
título de mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia de Transportes

Orientador:
Prof. Dr. Denizar Blitzkow

São Paulo
MCMXCVI

Aos meus pais Edvaldo e Josefina

e meus irmãos Evaldo, Eneida, Edvan e Carmem

AGRADECIMENTOS

Ao orientador e amigo prof. Dr. Denizar Blitzkow, responsável por minha vinda para a Escola Politécnica e pelo incansável apoio e incentivo na minha formação científica;

Aos Prof. Dr. Jorge Pimentel Cintra e Prof. Dr. Nicola Paciléo Netto pelas sugestões e pelo apoio incondicional ao desenvolvimento deste trabalho;

Prof. Dr. João Francisco Galera Monico pelo fundamental apoio e pelas sugestões durante o meu estágio na Universidade de Nottingham, Inglaterra;

Aos integrantes do IESSG - Universidade de Nottingham, em especial prof. Dr. Alan Dodson e Dr. Mark Dumville;

À Prof^a. Eliane Valéria Napoli Blitzkow pela grande dedicação e auxílio no aprendizado da língua inglesa;

À Geógrafa Maria Antonieta Rubião Rito de Freitas, pela paciência, pelo fundamental apoio e pelo incentivo;

Ao amigo Eng^o. Ricardo Ernesto Schaal, companheiro de estudos e grande colaborador;

Aos amigos Prof. Jorge Luiz Alves Trabanco, Prof. Dr. Paulo Cesar Lima Segantine e Eng^o. Régis Fernandes Bueno, pelo incentivo e sugestões;

Aos amigos do IBGE / DEGED, em especial Eng^a. Kátia Duarte Pereira, Eng^o. Luiz Paulo Souto Fortes, Eng^o Roberto Teixeira Luz e Eng^a. Sonia Maria Alves Costa pelo auxílio constante;

Aos companheiros de pós-graduação em diferentes épocas, Prof. Mauro Issamu Ishikawa, Prof. Luiz Guimarães Barbosa, Prof. Leonardo Castro de Oliveira, Prof. Luiz

Felipe Ferreira Coutinho, Eng^o. Luis Augusto Koenig Veiga e Eng^o. Everton Valiati Hemerly;

À todos os professores e funcionários do PTR pelo apoio e incentivo, em especial Tec. Alonso Batista de Carvalho Neto e Tec. Arildo Fernandes de Moraes;

À todos os integrantes do CRAAE;

Aos amigos, Prof. Dr. Marcelo Carvalho dos Santos, Eng^a. Monica Fontes, Prof. Renato Fontes Guimarães, companheiros dos velhos e bons tempos de convivência no Observatório Nacional;

Ao Prof. Dr. Luiz Muniz Barreto do Observatório Nacional, primeira pessoa a me dar oportunidade na carreira científica;

Ao Prof. Dr. Wendelin Franz Lotze da CCMN/UFRJ, pelos inúmeros ensinamentos;

As senhoras bibliotecárias Ademir do Carmo Merlim Barroso (BEC), Maria Cristina Olaio Villela (BC) e Maria de Fátima da Silva Paiva (BEC) pela paciência e ajuda na revisão das referências bibliográficas;

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho.

SUMÁRIO

	Pág.
Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Sumário	iv
Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	ix
Lista de Abreviaturas	xii
Resumo	xvi
Abstract	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Histórico	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Desenvolvimento do Trabalho	3
2 REFERENCIAIS	5
2.1 Terno Cartesiano Geodésico	5
2.2 Serviço Internacional de Rotação da Terra	6
2.2.1 IERS: Estrutura Organizacional	7
2.2.2 Sistema de Referência IERS	9
2.2.2.1 Padrões IERS	9
2.2.2.2 Referenciais IERS	10
a) Referencial Celeste IERS	10
b) Referencial Terrestre IERS	10

	Pág.
c) Implantação do Referencial Terrestre ITRF93....	11
2.3 Sistema de referência WGS-84	11
2.4 Transformação de Sistemas	13
3 REDES	15
3.1 Rede Mundial IGS	15
3.2 Rede Continental Sul-americana	20
3.3 Rede Nacional GPS	24
3.4 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo	25
3.5 Redes Estaduais	27
4 PROGRAMA PARA PROCESSAMENTO DE DADOS GPS	29
4.1 Programa GAS	30
4.1.1 Pré-Processamento	31
a) Módulo FILTER	31
b) Módulo CON2SP3	33
c) Módulo PANIC (detecção de perdas de ciclo)	35
d) Módulo SLIPCOR	35
4.1.2 Processamento	35
4.1.3 Pós-Processamento com CARNET	36
5 REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO	37
5.1 Receptores Utilizados	38
5.2 Descrição das Campanhas de Observação	40
5.3 Dados das Estações Fiduciais	45
5.4 Efemérides Utilizadas	46

	Pág.
6 DIFERENTES PROCESSAMENTOS DA REDE GPS	48
6.1 Processamento 1	49
6.1.1 Coordenadas Provisórias	49
6.1.2 Opções de Processamento	50
6.1.3 Resultados do Processamento	51
6.1.4 Resultados do Pós-Processamento	56
6.2 Processamento 2	59
6.3 Processamento 3	60
6.4 Processamento 4	62
7 ANÁLISE DOS RESULTADOS	65
7.1 Análise do Processamento 1	65
7.1.1 Diferentes Efemérides	66
7.1.2 Efeito da Maré Terrestre	68
7.1.3 Fixação de Distintas Estações	70
7.2 Análise dos Diferentes Processamentos	72
7.3 Análise das Coordenadas do Vértice Chuá	76
8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	78
8.1 Conclusões	78
8.2 Recomendações	80
ANEXO A: PROGRAMA PARA TRANSFORMAÇÃO DE SISTEMAS	82
ANEXO B: MONOGRAFIA DAS ESTAÇÕES	89
ANEXO C: COMBINAÇÃO DE EFEMÉRIDES	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117

	Pág.
APÊNDICE I: PADRÕES ADOTADOS PELO IERS	I-1
APÊNDICE II: DADOS GPS NA INTERNET	II-1
APÊNDICE III: FORMATO RINEX	III-1
APÊNDICE IV: FORMATO SP3	IV-1

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1: Referencial Cartesiano	6
Figura 2.2: Sistemas Cartesianos	13
Figura 3.1: Estrutura Organizacional do Serviço IGS	18
Figura 3.2: Estações GPS da Rede IGS	19
Figura 3.3: Estações Integrantes do Projeto SIRGAS	22
Figura 3.4: Estações da Rede Nacional GPS	24
Figura 3.5: Esquema Atual da RBMC	26
Figura: 4.1: Diagrama de Fluxo do Módulo FILTER	32
Figura 4.2: Diagrama de Fluxo do Módulo CON2SP3	34
Figura 5.1: Especificações Técnicas do Receptor Trimble 4000 SST (básico)	39
Figura 5.2: Estações da rede GPS do Estado de São Paulo	40
Figura 5.3: Vértice Chuá, origem do Sistema Geodésico Brasileiro	42
Figura 5.4: Estações Ocupadas Durante a Campanha de Março	43
Figura 5.5: Estações Ocupadas Durante a Campanha de Novembro	44
Figura 5.6: Estações Fiduciais	46

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 2.1: Organização do IERS	8
Tabela 2.2: Resumo dos Parâmetros de Transformação entre os Principais Referenciais do IERS e WGS-84	14
Tabela 3.1: Resumo das Estações Integrantes do Projeto SIRGAS	22
Tabela 3.1 (cont): Resumo das Estações Integrantes do Projeto SIRGAS	23
Tabela 3.2: Estações Integrantes da RBMC (estado atual)	27
Tabela 5.1: Identificadores dos Pontos da Rede GPS do Estado de São Paulo	41
Tabela 5.2: Estações Ocupadas na Primeira Campanha (7 receptores)	42
Tabela 5.3: Estações Ocupadas na Segunda Campanha (4 receptores)	44
Tabela 5.4: Dados das Estações Fiduciais	45
Tabela 6.1: Coordenadas Cartesianas Preliminares	50
Tabela 6.2: Soluções Realizadas	51
Tabela 6.3: Vetores Observados - dia 069	52
Tabela 6.4: Vetores Observados - dia 070	52
Tabela 6.5: Vetores Observados - dia 071	52
Tabela 6.6: Vetores Observados - dia 072	52
Tabela 6.7: Vetores Observados - dia 073	53
Tabela 6.8: Vetores Observados - dia 074	53
Tabela 6.9: Vetores Observados - dia 075	53
Tabela 6.10: Vetores Observados - dia 076	53
Tabela 6.11: Vetores Observados - dia 327	54

	Pág.
Tabela 6.12: Vetores Observados - dia 328	54
Tabela 6.13: Vetores Observados - dia 329	54
Tabela 6.14: Vetores Observados - dia 332	54
Tabela 6.15: Vetores Observados - dia 333	55
Tabela 6.16: Vetores Observados - dia 334	55
Tabela 6.17: Vetores Observados - dia 335	55
Tabela 6.18: Vetores Observados - dia 337	55
Tabela 6.19: Coordenadas Cartesianas - Solução 08 - Sistema ITRF93	56
Tabela 6.20: Coordenadas Geodésicas - Solução 08 - Sistema ITRF93	57
Tabela 6.21: Coordenadas Cartesianas - Solução 02 - Sistema WGS-84	58
Tabela 6.22: Coordenadas Geodésicas - Solução 02 - Sistema WGS-84	58
Tabela 6.23: Coordenadas Geodésicas - Sistema WGS-84	60
Tabela 6.24: Coordenadas Cartesianas - Sistema ITRF93 (Época 01/07/1992) ...	61
Tabela 6.25: Coordenadas Geodésicas	61
Tabela 6.26: Coordenadas Geodésicas - Sistema SAD-69	63
Tabela 6.27: Coordenadas Geodésicas - Sistema WGS-84	64
Tabela 7.1: Comparação Entre Diferentes Efemérides (Maré Terrestre não Considerada)	66
Tabela 7.2: Comparação Entre Diferentes Efemérides (Maré Terrestre Considerada)	67
Tabela 7.3: Comparação Entre Diferentes Efemérides (Maré Terrestre não Considerada)	67

	Pág.
Tabela 7.4: Comparação Entre Diferentes Efemérides (Maré Terrestre Considerada)	67
Tabela 7.5: Influência do Efeito da Maré Terrestre	69
Tabela 7.6: Injunções: Chuá x Fiduciais	71
Tabela 7.7: Média Ponderada das Diferenças da Tabela 7.6	72
Tabela 7.8: Diferenças em Latitude (mm)	74
Tabela 7.9: Diferenças em Longitude (mm)	74
Tabela 7.10: Diferenças na Altura Geométrica (mm)	75
Tabela 7.11: Precisão do Vértice Chuá	76
Tabela 7.12: Recuperação de Santiago	76
Tabela B.1: Ordem de Apresentação das Estações	89

LISTA DE ABREVIATURAS

ASCII - **A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange

BIH - **B**ureau **I**nternational de l'**H**eur

BIPM - **B**ureau **I**nternational de **P**oids et **M**esures

BRASION - Estudo das observações GPS em áreas de grande perturbação ionosférica para análise e modelagem da Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul.

BTS - **B**IH **T**errestrial **S**ystem

C/A - **C**oarse / **A**cquisition code

CARNET - **C**ARtesian **N**ETwork Adjustment Software

CIO - **C**onventional **I**nternational **O**rigem referido a posição média do polo entre 1900 e 1905

COD - **C**enter for **O**rbital **D**etermination in **E**urope

CRAAE - **C**entro de **R**ádio **A**stronomia e **A**plicações **E**spaciais

CTP - **C**onventional **T**errestrial **P**ole

DEGED - Departamento de Geodésia

DMA - **D**efense **M**apping **A**gency - Estados Unidos

DOS - **D**isk **O**perating **S**ystem

DUT1 = UT1 - UTC sendo UT1 = tempo observado (UT0), corrigido do movimento do polo

ECEF - **E**arth **C**entered, **E**arth **F**ixed

EMR - **E**nergy, **M**ines and **R**esources, Canadá

EPOCH'92 - Campanha promovida pela IAG para verificar a viabilidade de implantação do Serviço IGS

EPUSP / PTR - Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia de

Transportes

ESA - European Space Agency

FAGS - Federation of Astronomical and Geophysical Data Analysis Service

FK5 - Catálogo de Estrelas Fundamentais número 5

FORTTRAN - contração composta das primeiras letras das palavras em inglês, *formula* e
translation

GAS - GPS Analysis Software

GFZ - GeoForschungsZentrum, Potsdam, Alemanha

GHOST - Geodetic adjustment using Helmert blocking Of Space and Terrestrial data,
desenvolvido pelo Geodetic Survey, Canadá

GIG'91 - Primeira Campanha Experimental GPS para Geodinâmica

GPS - Global Positioning System

GRS-80 - Geodetic Reference System 1980

IAG - International Association of Geodesy

IAG / USP - Instituto Astronômico e Geofísico / Universidade de São Paulo

IAU - International Astronomical Union

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICRF - IERS Celestial Reference Frame

IERS - International Earth Rotation Service

IESSG - Institute of Engineering Surveying and Space Geodesy

IGN - Institut Geographique National, Paris, França

IGS - International GPS Service for Geodynamics

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INTERNET - Rede de comunicação mundial composta de diversas redes pequenas

IPGH - Instituto Panamericano de Geografia e História

IPMS - **I**nternational **P**olar **M**otion **S**ervice

IRM - **I**ERS **R**eference **M**eridian

IRP - **I**ERS **R**eference **P**ole

ITRF - **I**ERS **T**errestrial **R**eference **F**rame

IUGG - **I**nternational **U**nion of **G**eodesy and **G**eophysics

J2000,0 - Referido ao meio dia de 1 de janeiro do ano 2000,0

JPL - **J**et **P**ropulsion **L**aboratory

L1: $154 \times f_0 = 1575,42 \text{ MHz}$ onde $f_0 = 10,23 \text{ MHz}$ (frequência fundamental)

L2: $120 \times f_0 = 1227,60 \text{ MHz}$

LLR - **L**unar **L**aser **R**anging

MAINE PAC - Programa de ajustamento desenvolvido pelo Dr. Alfred Leick da

Universidade do Maine, Estados Unidos

MB - **M**egabyte

NASA - **N**ational **A**eronautics and **S**pace **A**dministration

NAVSTAR - **N**avigation **S**atellite with **T**ime and **R**anging

NGS - **N**ational **G**eodetic **S**urvey - Estados Unidos

NNSS - **N**avy **N**avigation **S**atellite **S**ystem

NOAA - **N**ational **O**ceanic and **A**tmospheric **A**dministration - Estados Unidos

OMNI - Programa desenvolvido no NGS sob a supervisão do Dr. Gerard Mader

OSU - **O**hio **S**tate **U**niversity - Estados Unidos

P: **P**recision code

PANIC - **P**rogram for the **A**nalysis of **N**etwork using **I**nterferometric **C**arrier **P**hase

RAM - **R**andom-**A**ccess **M**emory

RINEX - **R**eceiver **I**ndependent **E**Xchange Format - version 2

SA - **S**elective **A**vailability

SAD-69 - **S**outh **A**merican **D**atum 1969

SIO - **S**cripps **I**nstitution of **O**ceanography, San Diego, Califórnia

SLPCOR **S**LIP **C**ORrection)

SLR - **S**atellite **L**aser **R**anging

SP3 - **N**GS **S**tandard **G**PS **F**ormat

TIMATION - **T**ime **N**avigation

TRIMVEC-PLUS - Programa comercial desenvolvido e comercializado pela Trimble
Navigation

TRRINEXN - Converte os dados obtidos com os receptores da TRIMBLE para o
formato RINEX

UNIX - Sistema operacional multiusuário desenvolvido originalmente pela empresa

AT & T

UT - **U**niversal **T**ime

UTC - **C**oordinated **U**niversal **T**ime

VLBI - **V**ery **L**ong **B**aseline **I**nterferometry

VME - Sistema operacional utilizado em computadores de grande porte (*mainframe*)

WGS - **W**orld **G**eodetic **S**ystem

RESUMO

O estudo e a avaliação metodológica da rede GPS do Estado de São Paulo tem como objetivos, a obtenção de coordenadas geodésicas definitivas para cada um dos vinte e quatro vértices que a compõem. Para isso foi necessário verificar a variação das coordenadas determinadas a partir de diferentes efemérides precisas, a influência do efeito da maré terrestre sobre as estações, a influência da mudança do ponto de junção sobre as coordenadas, a diferença dos resultados oriundos de diferentes processamentos. Ciente dos objetivos a serem alcançados realizou-se um estudo teórico para tratar dos referenciais e das redes mundiais. Posteriormente descreve-se os programas utilizados, primeiro o do processamento GAS e a seguir o de ajustamento CARNET. Após uma descrição da metodologia utilizada na observação da rede, passa-se para o processamento propriamente dito realizando dezesseis diferentes soluções. Na etapa seguinte, foram analisados os resultados sob o ponto de vista dos três primeiros objetivos. Posteriormente, a solução escolhida foi comparada com os três outros ajustamentos. Isto permitiu tirar conclusões sobre o uso de diferentes efemérides precisas, sobre o efeito da maré terrestre e sobre a mudança do ponto de junção além de uma avaliação das coordenadas do vértice Chuá.

ABSTRACT

The objectives of the processing and the analysis of the GPS network of the state of São Paulo are to derive definite geodetic coordinates for the 24 stations. For this purpose, the difference of coordinates using different precise ephemeris in the processing, the influence of the Earth tide correction, the influence of the constraint of several known coordinates and finally different processing softwares are analysed. This dissertation presents also a theoretical study of reference frames and a general description of international reference networks. A general description of the softwares used, GAS and CARNET, are presented. A general overview of the schedule for the observations of the network is outlined and a detailed description of the 16 alternatives carried out in the processing are presented. A comparison has been carried out between the best solution derived in this dissertation and three other initiatives of processing. Finally conclusions have been derived with respect to the precise ephemeris, to Earth tides correction, to different constraints in the adjustment.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Histórico

No dia 4 de outubro de 1957 foi lançado o primeiro satélite artificial, denominado SPUTNIK I, dando início à era espacial. Este fato, provocou um grande avanço em diferentes ciências e particularmente no posicionamento geodésico. A evolução não demorou a acontecer, e com isso os cientistas da Universidade John Hopkins desenvolveram o sistema NNSS¹ mais conhecido como TRANSIT que utilizou-se do efeito Doppler-Fizeau. [Esse sistema permite determinar a posição de um observador sobre a superfície da Terra a partir do conhecimento da órbita do satélite e da frequência Doppler do sinal emitido.] Em 1967 este sistema entrou em operação e funcionou até 1992. } Apesar das diversas restrições de uso teve aplicações em posicionamento geodésico e navegação marítima. Em função das restrições do antigo sistema, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos iniciou o desenvolvimento de um sistema mais moderno, com a fusão em 1973, de dois projetos distintos: 621B da força aérea e TIMATION² da marinha. Em 1978 foi lançado o primeiro satélite do novo sistema denominado de NAVSTAR³ / GPS⁴ (Leick, 1995). O marco da era GPS foi o dia 14 de fevereiro de 1989 com o lançamento do primeiro satélite do bloco II. O sistema GPS foi projetado para fornecer a posição instantânea e a velocidade, de um ponto sobre a superfície ou próximo a ela. Com o desenvolvimento de novos

¹ NNSS - Navy Navigation Satellite System

² TIMATION - Time Navigation

³ NAVSTAR - Navigation Satellite with Time and Ranging

⁴ GPS - Global Positioning System

equipamentos e a aplicação de diferentes técnicas estão cada vez mais se ampliando as possibilidades de aplicação deste sistema de posicionamento (Blitzkow, 1995).

Na Universidade de São Paulo a tecnologia GPS ganhou especial atenção desde o início com estudos e experimentos desenvolvidos pelo Prof. Dr. Denizar Blitzkow desde a década de 80 no IAG / USP⁵. Com a transferência do referido professor para o Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, teve início uma nova etapa. Essa etapa consistiu além da compra dos primeiros receptores GPS a idéia de se implantar uma rede piloto no Estado de São Paulo, passando a ser denominada de Rede GPS do Estado de São Paulo. A mesma foi projetada para que um usuário não esteja afastado mais de 120 km de cada vértice perfazendo um total de 24 pontos no estado.

1.2 Objetivos

Com a implantação dos 24 vértices da rede GPS do Estado de São Paulo e sua posterior observação com receptores GPS surgiu a necessidade do processamento para a determinação das coordenadas dos mesmos vértices da referida rede. Diferentes pesquisadores obtiveram resultados, o que tornava necessário uma comparação. Por outro lado, era necessário o estudo de algumas opções de processamento para a verificação do comportamento dos resultados. Assim sendo, este trabalho tem como objetivos:

- 1 - Verificar a influência do uso de diferentes efemérides precisas nos resultados;

⁵ IAG / USP - Instituto Astronômico e Geofísico / Universidade de São Paulo .

2 - Analisar o efeito da maré terrestre sobre as coordenadas da rede;

3 - Verificar a variação das coordenadas com diferentes injunções: fixação das coordenadas do vértice Chuá e fixação das coordenadas das estações fiduciais de Fortaleza, Kourou e Santiago;

4 - Comparar os quatro processamentos distintos realizados;

5 - Definir coordenadas finais para rede GPS do Estado de São Paulo que atendam aos trabalhos de engenharia;

1.3 Desenvolvimento do Trabalho

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para propiciar o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento desse trabalho.

No capítulo 2, estão descritos os conceitos sobre referenciais cartesianos tridimensionais dando maior ênfase ao referencial ITRF-93 e ao sistema WGS-84, utilizados no processamento. Além disso, faz-se uma consideração a respeito dos parâmetros de transformação entre ITRF e WGS-84.

O capítulo 3 trata das diferentes redes existentes, suas características e finalidades, partindo da rede mundial IGS, passando pela rede Brasileira de Monitoramento Contínuo e chegando finalmente nas redes locais como por exemplo, a Rede GPS do Estado de São Paulo.

No capítulo 4 foram abordados os temas inerentes ao programa de processamento das observações GPS denominado GAS e seus diversos módulos como

também o programa de ajustamento CARNET, ambos desenvolvidos na Universidade de Nottingham, Inglaterra.

O capítulo 5 contém a descrição detalhada dos procedimentos utilizados na coleta de dados para a determinação de coordenadas dos vértices integrantes da Rede GPS do Estado de São Paulo descrevendo ainda os equipamentos utilizados e as datas de observação, os pontos observados e o período de rastreamento.

O processamento da rede encontra-se descrito no capítulo 6, abordando as dificuldades encontradas em cada etapa do processamento e do ajustamento.

Os resultados obtidos após o ajustamento encontram-se no capítulo 7, sendo que foram analisados os seguintes aspectos: uso de diferentes efemérides precisas; influência do efeito da maré terrestre; uso do vértice Chuá ou de estações fiduciais como injeção.

No capítulo 8, é apresentada uma comparação dos resultados obtidos por quatro diferentes pesquisadores.

Finalmente, no capítulo 9 tem-se as conclusões obtidas ao término deste trabalho bem como, recomendações para melhoria de resultados e para desenvolvimento de novas pesquisas.

2 REFERENCIAIS

Os corpos celestes estão sujeitos a diversos movimentos que incluem rotação, translação, acelerações e deformações, mostrando que o Universo não é estático. A geodésia, a astronomia e a geofísica preocupam-se com o estudo da cinemática e da dinâmica destes corpos. Os efeitos da rotação da Terra, o movimento do pólo, a tectônica de placas, as marés terrestres e oceânicas, o campo gravitacional e o campo magnético são alguns dos fenômenos dinâmicos que o homem vem estudando e tentando compreender. O movimento e a posição dos corpos não são conceitos absolutos pois dependem de referências para serem descritos (Mueller *et al*, 1977; Kovalevsky *et al*, 1989). Assim sendo, faz-se necessário adotar um sistema de coordenadas que seja considerado estável dentro do que se pretende estudar.

Dentro deste contexto foram criados serviços de âmbito internacional para auxiliar nas pesquisas e fornecer referenciais cada vez mais precisos. O IGS¹ e o IERS² são exemplos daqueles serviços.

2.1 Terno Cartesiano Geodésico

Um terno cartesiano (cf. figura 2.1) corresponde a um sistema geodésico local e pode ser definido da seguinte forma (Gemael, 1981):

- origem coincidente com o centro geométrico do elipsóide;

¹ IGS - International GPS Service for Geodynamics

² IERS - International Earth Rotation Service

- eixo X (primário), contido no plano equatorial orientado em direção ao meridiano médio de Greenwich (longitude 0°);

- eixo Y (secundário), contido no plano equatorial orientado em direção a longitude $+ 90^\circ$, no sentido dextrógiro;

- eixo Z (terciário), coincidente com o eixo menor do elipsóide e paralelo ao eixo terrestre médio, orientado para o norte.

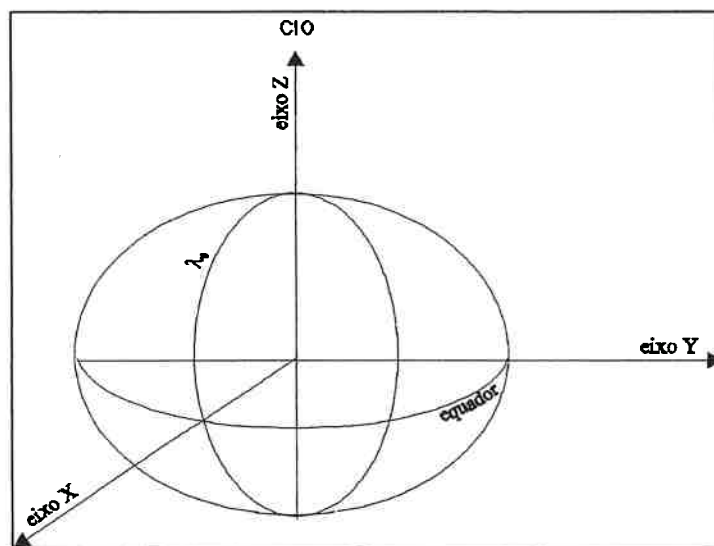


Figura 2.1: Terno Cartesiano Geodésico

2.2 Serviço Internacional de Rotação da Terra

O IERS foi estabelecido em 1987 pela IAU³ e pela IUGG⁴, começando a operar em 1º de janeiro de 1988. Esse serviço substituiu o IPMS⁵ - e a sessão de

³ IAU - International Astronomical Union

⁴ IUGG - International Union of Geodesy and Geophysics

⁵ IPMS - International Polar Motion Service

Rotação da Terra do BIH⁶. Porém, as demais atividades do BIH, continuaram de responsabilidade do BIPM⁷.

O IERS tem como objetivos (1991 IERS Annual Report, 1993):

- a) a definição e a manutenção de um sistema de referência convencional terrestre (ITRF) baseado em estações de observação que utilizam técnicas de alta precisão em geodésia espacial;
- b) a definição e a manutenção de um sistema de referência convencional celeste (ICRF) baseado em fontes de rádio extragaláticas, relacionando este e demais sistemas de referência celeste;
- c) a determinação dos parâmetros de orientação da Terra conectando estes sistemas, as coordenadas do pólo referidas ao sistema terrestre e celeste e o tempo universal;
- d) a organização das atividades operacionais para observação, análise, coleta e armazenamento dos dados e resultados;
- e) a disseminação dos resultados para os atuais e para os potenciais usuários.

2.2.1 IERS: Estrutura Organizacional

O serviço IERS foi planejado com uma estrutura organizacional que permitisse um rápido processamento dos dados. É mantido por diversas instituições que contribuem na tarefa de observação e processamento. O IERS é composto de uma

⁶ BIH - Bureau International de l'Heure

⁷ BIPM - Bureau International de Poids et Mesures

Agência Central, Sessões, Sub-agências e Centros de Coordenação para cada uma das principais técnicas de observação, como indicado na tabela 2.1.

Tabela 2.1: Organização do IERS

<i>Agência Central</i>	
Secções	de Referenciais Celestes
	de Referenciais Terrestres
	de Orientação da Terra
Sub-agências	para serviços rápidos e predições
	para atmosfera e momento angular
Centros	de Coordenação VLBI ⁸
	de Coordenação LLR ⁹
	de Coordenação SLR ¹⁰
	de Coordenação GPS

Os vários Centros de Coordenação são responsáveis pelo desenvolvimento e organização das atividades necessárias para cada técnica no propósito de cumprir os objetivos do IERS. A Agência Central realiza a combinação dos vários dados coletados e dissemina para a comunidade científica as informações apropriadas de orientação da Terra e os sistemas de referência terrestre e celeste, decide e divulga as mudanças de segundo no tempo UTC¹¹ e os valores de DUT1¹² a serem transmitidos com o sinal de tempo. Na estrutura organizacional, existem sub-agências para a realização de tarefas específicas.

⁸ VLBI - Very Long Baseline Interferometry

⁹ LLR - Lunar Laser Ranging

¹⁰ SLR - Satellite Laser Ranging

¹¹ UTC - Coordinated Universal Time

¹² DUT1 = UT1 - UTC sendo UT1 = tempo observado (UT0), corrigido do movimento do polo

A diretoria central é composta por representantes da IAU, IUGG, FAGS¹³, da Agência Central e de cada um dos Centros de Coordenação.

2.2.2 Sistema de Referência IERS

O Sistema de Referência IERS é composto de duas partes: os **Padrões IERS e os Referenciais IERS**. O primeiro composto por um conjunto de constantes e modelos utilizados pelos centros de análise de VLBI, LLR, SLR, GPS e pela Agência Central, enquanto que o Referencial IERS é constituído pelo Referencial Terrestre e pelo Referencial Celeste.

Analisa-se a seguir cada uma delas com mais detalhe, dada a sua importância.

2.2.2.1 Padrões IERS

Os padrões do IERS foram publicados no IERS - Technical Note n° 13 (McCarthy, 1992). Nessa publicação é apresentado um conjunto de constantes e de modelos usados pelos centros de análise (VLBI, LLR, SLR, GPS) e a combinação de resultados realizada pela Agência Central.

Os valores de algumas constantes foram definidos após análise recente e em alguns casos os valores diferem daqueles estabelecidos pela IAU e IAG¹⁴. Os modelos utilizados representam, em geral, o resultado das pesquisas mais recentes e que foram considerados confiáveis.

¹³ FAGS - Federation of Astronomical and Geophysical Data Analysis Service

¹⁴ IAG - International Association of Geodesy

No apêndice I encontram-se listadas todas as constantes adotadas pelo IERS como por exemplo: a velocidade da luz, achatamento terrestre, precessão, nutação, etc.

2.2.2.2 Referenciais IERS

Os Referenciais IERS consistem do ICRF¹⁵ e do ITRF¹⁶. Ambos foram materializados por uma série de estações fiduciais, sítios terrestres (VLBI) ou fontes compactas de rádio extragalática cujas coordenadas são definidas com precisão. O referencial terrestre começou a ser divulgado em 1988 e foi chamado de ITRF88. Desde então, o IERS vem divulgando anualmente diferentes versões do ITRF, sendo o último o ITRF-94 (1994 IERS Annual Report, 1995).

a) Referencial Celeste IERS

A implantação do ICRF foi descrita inicialmente por (Arias *et al*, 1988) e a origem do mesmo é o baricentro do sistema solar. A direção do eixo polar é dada para a época J2000,0¹⁷, com a precessão definida na reunião da IAU em 1976 e utilizando a teoria da nutação definida na reunião da IAU de 1980. A origem da ascensão reta é função de um ajuste com a do Catálogo FK5¹⁸, com incerteza de 0,01" (1993 IERS Annual Report, 1994).

b) Referencial Terrestre IERS

A origem, as direções de referência e a escala do ITRF estão implicitamente definidas pelas coordenadas adotadas para as estações terrestres. A origem do ITRF está

¹⁵ ICRF - IERS Celestial Reference Frame

¹⁶ ITRF - IERS Terrestrial Reference Frame

¹⁷ J2000,0 - Referido ao meio dia de 1 de janeiro do ano 2000,0

¹⁸ FK5 - Catálogo de Estrelas Fundamentais número 5

localizada no centro de massa da Terra com uma incerteza de 10 cm . O IRP¹⁹ e o IRM²⁰ são compatíveis com os correspondentes do BTS²¹ com uma diferença de 0,003". O Pólo de Referência do BIH foi ajustado ao CIO²² em 1967, com uma incerteza de 0,03" (1993 IERS Anual Report, 1994).

c) Implantação do Referencial Terrestre ITRF93

A sessão de Referenciais Terrestres apresentou uma nova versão do correspondente Referencial designada por ITRF93 juntamente com a taxa de variação das coordenadas com o tempo.

A versão do ITRF93 foi dividida em três partes: a primeira relativa ao conjunto de coordenadas das estações referenciadas à época 1988,0, a segunda relacionada ao conjunto de coordenadas das estações referenciadas à época 1993,0 e a última, relacionada com a taxa de variação das coordenadas, ou seja, a velocidade de deslocamento das estações consistente com os dois conjuntos acima (Boucher *et al*, 1994).

Todas as informações divulgadas pelo IERS estão disponíveis de forma fácil para os usuários da INTERNET²³ (Black Box, 1994) (cf. apêndice II).

2.3 - Sistema de Referência WGS-84

O DMA²⁴ vem, nos últimos 35 anos, produzindo uma série de produtos nas áreas de cartografia, de geodésia, de gravimetria, etc., para atender às necessidades do

¹⁹ IRP - IERS Reference Pole

²⁰ IRM - IERS Reference Meridian

²¹ BTS - BIH Terrestrial System

²² CIO - Conventional International Origin referido a posição média do polo entre 1900 e 1905

²³ INTERNET - Rede de comunicação mundial composta de diversas redes pequenas

Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Com o crescente número de produtos e com atuação em diferentes países, o DMA decidiu desenvolver um sistema único para referir todos os seus produtos. Ao longo das últimas três décadas o DMA definiu sistemas geocêntricos globais como por exemplo o WGS²⁵ 60, o WGS 66 e o WGS 72 (Estados Unidos, 1988), (Bueno, 1995). A quarta versão, denominada WGS 84 é a última da série (Malys *et al.*, 1994). Esta versão de um sistema convencional terrestre provê um coerente conjunto de modelos globais e definições tendo como parâmetros:

Origem: centro de massa da Terra;

Eixo X: Intersecção do Plano Meridiano de Referência do WGS 84 e o plano do Equador (CTP²⁶); o Meridiano de Referência é paralelo ao Meridiano Zero definido pelo BIH com base nas coordenadas das estações adotadas pelo BIH;

Eixo Y: Completa o sistema dextrógiro, (ECEF²⁷) sistema ortogonal de coordenada, medido sobre o plano do Equador (CTP), 90° a este do eixo X.

Eixo Z: Paralelo à direção do Pólo Terrestre Convencional, como definido pelo BIH com base nas coordenadas das estações adotadas pelo BIH.

Parâmetros do Elipsóide:

semi-eixo maior: $a = 6378137 \pm 2$ metros

achatamento: $f = 1 / 298,257223563$

²⁴ DMA - Defense Mapping Agency - Estados Unidos

²⁵ WGS - World Geodetic System

²⁶ CTP - Conventional Terrestrial Pole

²⁷ ECEF - earth centered, earth fixed

2.4 Transformação de Sistemas

Com a grande diversidade de sistemas de referência os geodestas se viram obrigados ao cálculo de parâmetros de transformação. Tais parâmetros representam a translação de um elipsóide para o outro ou, em outras palavras, tendo as coordenadas do centro do elipsóide antigo, referidas ao novo (Gemael, 1981). Estes parâmetros devem ser aplicados às coordenadas cartesianas.

Sejam dois sistemas cartesianos o primeiro x_1, y_1, z_1 com origem o_1 e o segundo x_2, y_2, z_2 com origem o_2 (Figura 2.2.)

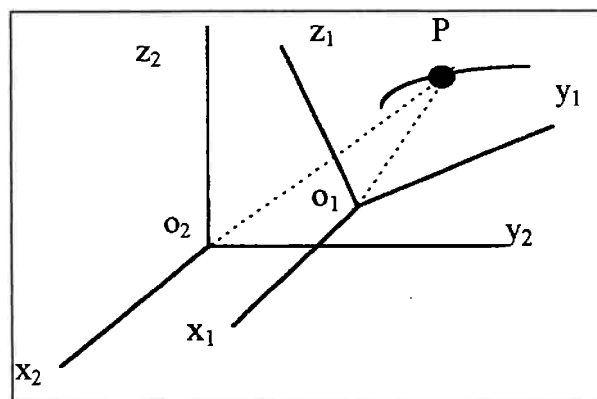


Figura 2.2: Sistemas Cartesianos

Se os ângulos de rotação forem pequenos, o que ocorre na maioria dos casos, a transformação entre os sistemas pode ser feita através da seguinte expressão simplificada:

$$\begin{Bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} T1 \\ T2 \\ T3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} D & -R3 & R2 \\ R3 & D & -R1 \\ -R2 & R1 & D \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{Bmatrix}$$

onde:

x_2, y_2 e z_2 são as coordenadas transformadas (sistema destino o_2);

x_1, y_1 e z_1 são as coordenadas originiais (sistema origem o_1);

$T1, T2$ e $T3$ são os parâmetros de translação de o_2 para o_1 segundo os três eixos;

$R1, R2$ e $R3$ são os parâmetros de rotação diferencial em torno dos eixos x_1, y_1 e z_1 , respectivamente, necessários para estabelecer o paralelismo com os eixos x_2, y_2 e z_2 (por convenção a rotação é positiva no sentido horário);

D é o fator de escala.

Com a fórmula apresentada e os parâmetros de transformação descritos na tabela 2.2, desenvolveu-se especificamente para este trabalho um programa na linguagem FORTRAN²⁸ (Hehl, 1987) (cf. anexo A) que realiza os cálculos de transformação entre os diversos sistemas adotados pelo IERS e o sistema WGS-84. Isso possibilitou comparações entre os cálculos realizados neste trabalho e os que foram realizados anteriormente, referidos a outros sistemas.

Tabela 2.2: Resumo dos Parâmetros de Transformação entre os Principais Referenciais do IERS e WGS-84

<i>DE ⇨ PARA</i>	<i>T1</i> cm	<i>T2</i> cm	<i>T3</i> cm	<i>D</i> 10^{-8}	<i>R1</i> .001"	<i>R2</i> .001"	<i>R3</i> .001"
IRTF90 ⇨ WGS84 +/-	6.0	-51.7	-22.3	-1.1	18.3	-0.3	-7.0 ¹
IRTF90 ⇨ ITRF91 +/-	-0.1 0.3	0.4 0.3	1.6 0.2	-0.03 0.03	0.0 0.1	0.0 0.1	0.0 0.1 ²
ITRF91 ⇨ ITRF92 +/-	-1.1 0.2	-1.4 0.2	0.6 0.2	-0.14 0.03	0.0 0.07	0.0 0.07	0.0 0.07 ³
ITRF93 ⇨ ITRF92 +/-	0.2 0.1	0.7 0.1	0.7 0.1	-0.12 0.02	0.39 0.06	-0.80 0.05	0.96 0.04 ⁴

Fontes: adaptado de:

- ¹ - McCarthy, 1992 - pag. 18
- ² - Boucher *et al.*, 1992 - pag. 32
- ³ - Boucher *et al.*, 1993 - pag. 44
- ⁴ - 1993 IERS - Annual Report, 1994 - pag. II.52

²⁸ FORTRAN - contração composta das primeiras letras das palavras em inglês, *formula e translation*

3 REDES

Nos últimos anos, a tecnologia GPS provocou uma revolução nos métodos de determinação de coordenadas e fez com que as ciências geodésicas tomassem um novo impulso provocando pesquisas inéditas que alcançaram resultados importantes. A disseminação desta nova tecnologia se deu de forma extremamente rápida devido ao surgimento de diversas técnicas que permitiram agilidade e alta precisão no posicionamento, no estudo de geodinâmica, no monitoramento de estruturas, na navegação e em tantas outras áreas.

Por outro lado, os geodestas se viram diante de uma ferramenta que poderia, finalmente, integrar de forma homogênea a geodésia de todos os continentes. Dessa forma surgiram diversas redes: mundial, continental, nacional, etc.

3.1 Rede Mundial IGS

Em 1989 se pensou pela primeira vez na criação do que hoje se denomina IGS. A idéia era atender à demanda de usuários do sistema GPS, pertencentes à comunidade geofísica e que haviam comprado uma grande quantidade de receptores que eram usados mais ou menos como módulos não transparentes ao usuário. Os programas utilizados não eram completamente compreendidos, as análises dos resultados das observações não estavam referidas ao mesmo padrão, tornando não confiáveis as interpretações geodinâmicas. Outra motivação foi a geração de efemérides precisas, parâmetros de orientação da Terra e informações dos relógios GPS (IGS CENTRAL BUREAU, 1995).

No mesmo ano, no encontro geral da IAG em Edimburgo, o serviço foi discutido e se criou o Comitê de Planejamento do IGS. Após vários encontros o grupo foi formalizado em 1º de fevereiro de 1991. Mais de 100 instituições científicas e governamentais se mostraram interessadas em participar com estações de observação, centro de análise ou centro de dados. Foi proposto como agência central o JPL¹ da NASA² e como coordenador dos centros de análises a OSU³. Na 20ª Assembléia Geral da IUGG, em Viena, o Comitê de Planejamento do IGS foi reestruturado e renomeado para Comitê de Campanha IGS. Este comitê começou a organizar os eventos programados para 1992: Campanha de Testes IGS 1992 e EPOCH'92, além de dois Simpósios (IGS CENTRAL BUREAU, 1995).

A campanha de testes do IGS teve como finalidade o estudo das rotinas de determinação de órbitas de alta precisão e os parâmetros de rotação da Terra. A campanha denominada EPOCH'92 serviu como a primeira tentativa para verificar se as estações propostas permitiam uma cobertura mundial. Foi ainda testada a forma de transferir os dados das diversas estações para o centro de coordenação. Os resultados obtidos foram melhores que os esperados (IGS CENTRAL BUREAU, 1995).

Após a campanha de testes, ocorreu o 3º Encontro do Comitê de Campanha IGS, quando ficou definido o seu futuro. Formalmente estabeleceu-se o Serviço Piloto IGS que serviu como uma ponte entre a campanha de testes e o início oficial do referido serviço.

¹ JPL - Jet Propulsion Laboratory

² NASA - National Aeronautics and Space Administration

³ OSU - Ohio State University - Estados Unidos

Em função do sucesso da campanha de testes e do Serviço Piloto do IGS o Comitê de Campanha IGS, no seu quarto encontro em Berna, decidiu pelo estabelecimento oficial do serviço a partir de 1º de janeiro de 1994.

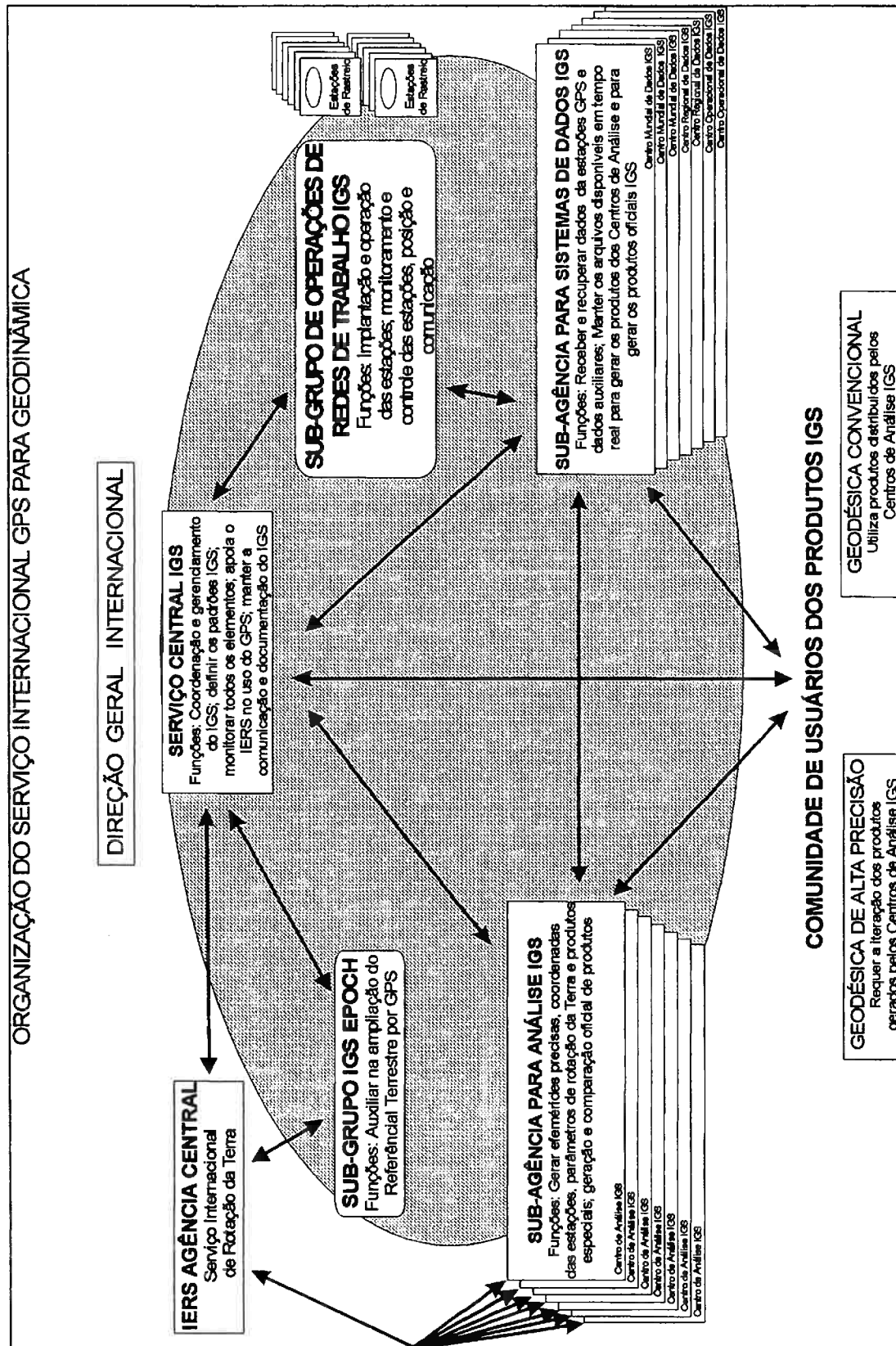
O IGS é composto por uma Agência Central, um Centro coordenador das análises, oito Centros de Análise, um Centro Global de Dados e sete Centros Regionais de Dados e Operação (IGS CENTRAL BUREAU, 1994).

Atualmente a rede IGS (cf. figura 3.1) é composta por 75 estações espalhadas pelo mundo e que rastreiam durante as 24 horas do dia, sendo que em algumas existem problemas de comunicação que dificultam a transmissão dos dados de forma segura e ágil. Além destas existem várias outras planejadas.

O IGS coleta, arquiva e distribui produtos GPS com acurácia suficiente para atender uma grande gama de aplicações e experimentos. Esses conjuntos de dados são usados pelo IGS para gerar os seguintes produtos: Efemérides precisas, parâmetros de rotação da Terra, coordenadas e velocidades de deslocamento das estações IGS, informações dos relógios dos satélites e informações ionosféricas.

A exatidão desses produtos atende aos seguintes objetivos científicos:

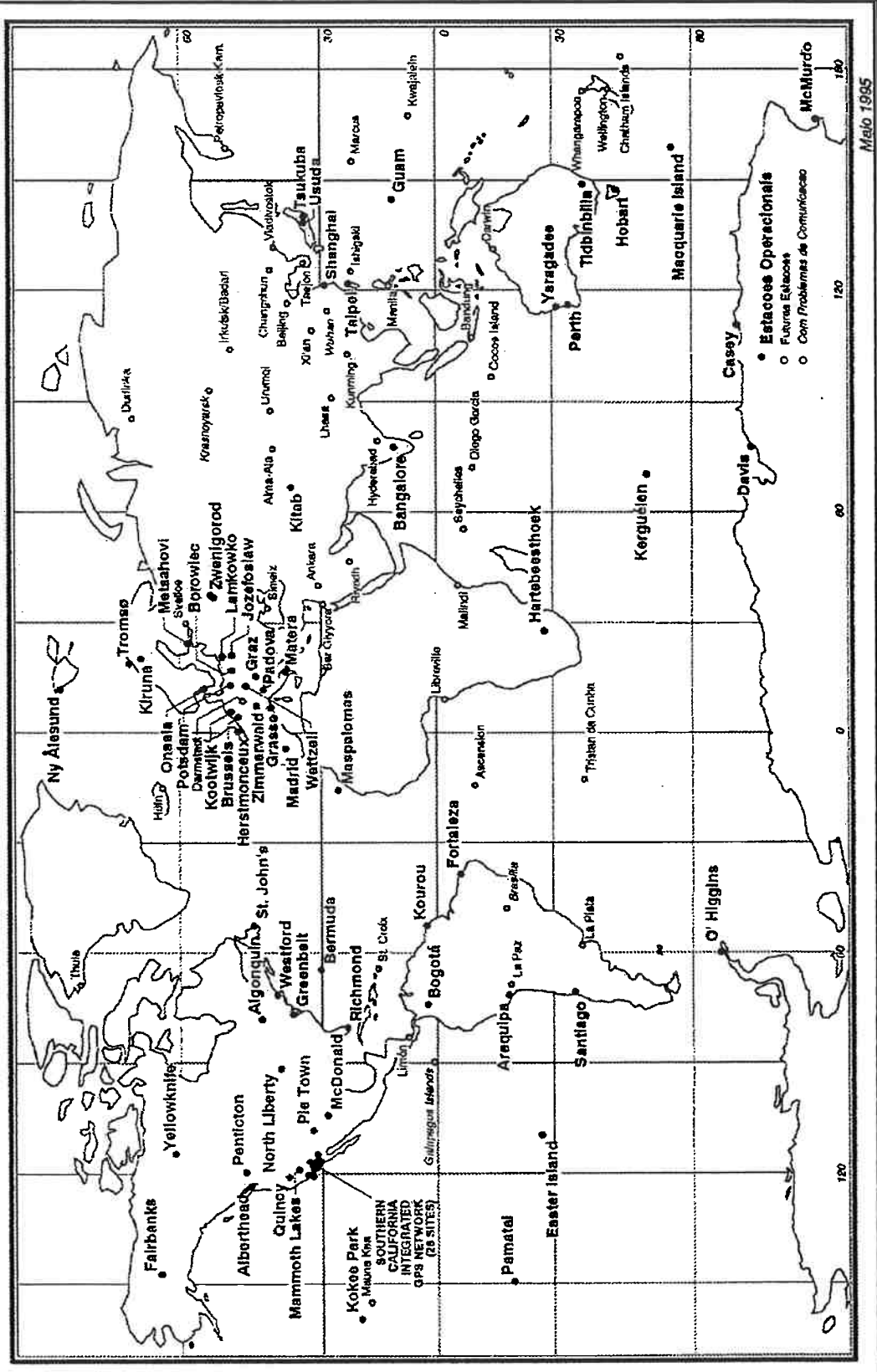
- Melhorar o ITRF,
- Monitorar as deformações da terra sólida,
- Monitorar a rotação da terra,



Fonte: IGS CENTRAL BUREAU, 1994 (modificado)

Figura 3.1: Estrutura Organizacional do Serviço IGS

**ESTACOES DE RASTREIO DO SERVICO INTERNACIONAL GPS PARA GEODINAMICA - IGS
ESTACOES OPERACIONAIS E PLANEJADAS**



Maio 1995

Fonte: IGS CENTRAL BUREAU, 1995 (modificado)

Figura 3.2: Estações GPS da Rede IGS

- Monitorar as variações do nível dos oceanos, das camadas de gelo, etc,
- Calcular efemérides precisas,
- Monitorar a ionosfera.

3.2 Rede Continental Sul-americana

O Projeto para implantação do Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul - SIRGAS, foi criado durante a Conferência Internacional para definição de um datum Geocêntrico para a América do Sul, ocorrida em outubro de 1993, em Assunção, Paraguai, sob o patrocínio da IAG, IPGH⁴ e DMA, com a participação de representantes de quase todos os países sul-americanos. Nesta reunião foram criados dois grupos de trabalho denominados: I - Sistema de Referência e II - Datum Geocêntrico. Definiu-se igualmente os objetivos do projeto (Boletim Informativo SIRGAS, 1994a):

- definir um sistema de referência para a América do Sul;
- estabelecer um datum geocêntrico;
- implantar e manter uma rede de referência;
- criar centros de processamento e centros de armazenamento de dados.

⁴ IPGH - Instituto Panamericano de Geografia e História

Ao final da reunião do grupo foram estabelecidos os seguintes princípios:

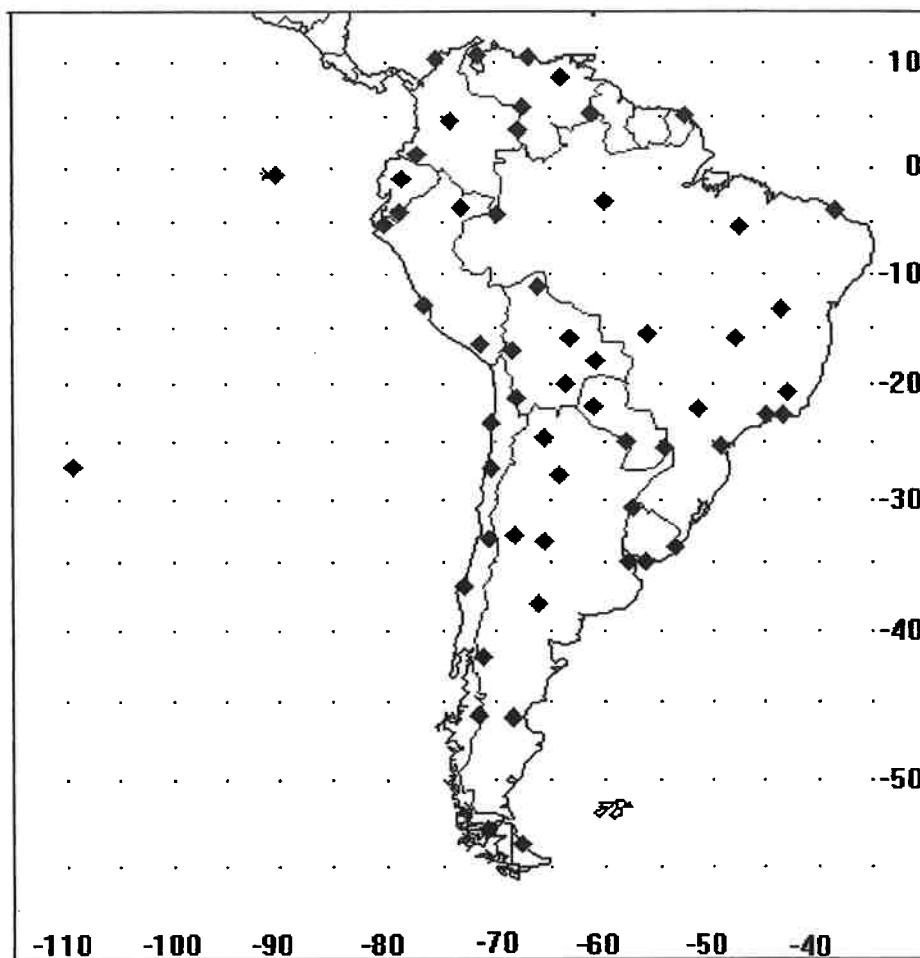
- . sistema de referência SIRGAS: ITRF
- . datum geocêntrico: Eixos coordenados baseados no sistema de referência SIRGAS e parâmetros do elipsóide GRS-80⁵.

Em abril de 1995, na cidade de Santa Fé de Bogotá, Colômbia, foi realizada a primeira reunião do grupo de trabalho II onde foram discutidos aspectos ligados à integração das redes clássicas ao sistema SIRGAS e a conexão das redes dos diversos países.

Em outubro de 1995, em La Plata, Argentina (Boletim Informativo SIRGAS, 1994b), ocorreu a primeira reunião do grupo de trabalho I e a segunda reunião do grupo de trabalho II. Ao final do encontro foram definidas as 57 estações integrantes da rede SIRGAS (cf. figura 3.3); os centros de processamento e de dados, IBGE - Brasil e DGFII - Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Munique - Alemanha, e a data da primeira campanha GPS para estabelecer a rede de referência. Esta foi realizada entre os dias 26 de maio de 1995 (0 hora UT⁶) e 4 de junho de 1995 (24 horas UT). Todas as 58 estações (cf. tabela 3.1) rastreamos durante 24 horas por dia ao longo de 10 dias consecutivos (Boletim Informativo SIRGAS, 1995).

⁵ GRS-80 - Geodetic Reference System 1980

⁶ UT - Universal Time



Fonte: Boletim Informativo SIRGAS, 1995

Figura 3.3: Estações Integrantes do Projeto SIRGAS

Tabela 3.1: Resumo das Estações Integrantes do Projeto SIRGAS

Seq.	País	Estação	Ident.	Latitude	Longitude	Alt. geom.	Apar.
01	Argentina	Salta	UNSA	-24° 43' 39"	-65° 24' 27"	1303 m	T
02		Puerto Iguazu	IGUA	-25° 36' 43"	-54° 33' 40"	266 m	A
03		Villa Robles	RBLS	-27° 54' 41"	-64° 07' 08"	180 m	A
04		Cricyt	CRIC	-32° 53' 37"	-68° 52' 36"	875 m	T
05		Morro	MORR	-33° 16' 08"	-65° 28' 36"	1046 m	A
06		La Plata	LPGS	-34° 54' 21"	-57° 55' 55"	53 m	R
07		Lote 24	LOTE	-32° 49' 16"	-69° 55' 20"	2762 m	A
08		El Maiten	MAII	-42° 00' 51"	-71° 12' 18"	918 m	T
09		Lote 10B	LO10	-46° 02' 33"	-68° 28' 18"	903 m	T
10		Rio Grande	RIOG	-53° 47' 08"	-67° 45' 03"	22 m	R

Legenda - Apar (aparelhos): A - Ashtech R - Rogue T - Trimble W - Wild / Leica

Fonte: comitê SIRGAS

Tabela 3.1 (cont): Resumo das estações integrantes do Projeto SIRGAS

Seq.	País	Estação	Ident.	Latitude	Longitude	Alt. geom.	Apar.
11	Bolívia	Ríberalta	RIBE	-11° 00' 51"	-66° 04' 10"	3577 m	T
12		Clara	CLAR	-15° 49' 07"	-63° 11' 11"	404 m	T
13		Huichuraya	HUIC	-17° 02' 18"	-68° 28' 43"	4329 m	T
14		S.J. de Chuiquitos	CHIQ	-17° 52' 23"	-60° 46' 09"	480 m	T
15		Camiri	CAMI	-20° 02' 54"	-63° 33' 52"	1770 m	T
16		Ollague	OLLA	-21° 21' 07"	-68° 02' 25"	4257 m	T
17	Brasil	Manaus	MANA	-03° 06' 58"	-60° 03' 21"	43 m	A
18		Fortaleza	FORT	-03° 52' 39"	-38° 25' 32"	-12 m	R
19		Imperatriz	IMPZ	-05° 29' 30"	-47° 29' 50"	151 m	A
20		B. Jesus Lapa	BOMJ	-13° 15' 20"	-43° 25' 18"	443 m	A
21		Cuiabá	CUIB	-15° 33' 19"	-56° 04' 12"	238 m	A
22		Brasília	BRAZ	-15° 56' 51"	-47° 52' 40"	1106 m	R
23		Viçosa	VICO	-20° 45' 41"	-42° 52' 12"	646 m	A
24		Pres. Prudente	UEPP	-22° 07' 12"	-51° 24' 31"	438 m	T
25		Cach. Paulista	CACH	-22° 41' 13"	-44° 59' 03"	621 m	T
26		Rio de Janeiro	RIOD	-22° 49' 05"	-43° 18' 22"	2 m	A
27		Paraná	PARA	-25° 26' 54"	-49° 13' 52"	940 m	T
28	Chile	Antofagasta	ANTO	-23° 41' 45"	-70° 25' 06"	157 m	R
29		A. Chamohate	CHAM	-27° 17' 52"	-70° 24' 51"	344 m	A
30		Isla de Pascua	EISL	-27° 08' 54"	109° 23' 00"	115 m	R
31		Santiago	SANT	-33° 09' 00"	-70° 40' 06"	673 m	R
32		Carriel Sur	CASU	-36° 46' 38"	-73° 03' 53"	-36 m	A
33		Balmaceda	BLMC	-46° 50' 55"	-72° 30' 35"	8335 m	A
34		A. Carlos Ibanez	IBAN	-33° 25' 38"	-70° 37' 28"	545 m	A
35	Colômbia	Cartagena	CART	+10° 23' 22"	-75° 31' 53"	0 m	W
36		Bogotá	BOGT	+04° 38' 24"	-74° 04' 53"	2610 m	R
37		Pto. Inirida	INIR	+03° 50' 43"	-67° 54' 18"	98 m	W
38		Pasto	PAST	+01° 23' 12"	-77° 17' 35"	1824 m	W
39		Leticia	LETI	-04° 11' 47"	-69° 56' 36"	129 m	W
40	Equador	Galapagos	GALA	+00° 27' 41"	-90° 15' 30"	-81 m	A
41		Latacunga	LATA	-05° 49' 51"	-75° 26' 48"	8664 m	A
42		Zamora	ZAMO	-04° 03' 17"	-78° 55' 57"	950 m	A
43	Guiana Fr.	Kourou	KOUR	+05° 15' 08"	-52° 48' 21"	-20 m	R
44	Paraguai	M. Estigarribia	ESTI	-22° 29' 32"	-61° 19' 58"	8190 m	A
45		Asuncion	ASUN	-25° 16' 44"	-57° 36' 49"	38 m	A
46	Peru	Iguitos	IQUI	-03° 44' 05"	-73° 14' 25"	116 m	W
47		Piura	PIUR	-05° 11' 51"	-80° 37' 38"	18 m	W
48		Lima	LIMA	-12° 06' 11"	-77° 01' 02"	298 m	W
49		Arequipa	AREQ	-16° 27' 56"	-71° 29' 34"	2494 m	R
50	Uruguai	Yacare	YACA	-30° 35' 53"	-57° 25' 03"	143 m	A
51		Cerro Vigia	VIGI	-33° 42' 41"	-53° 34' 42"	1223 m	A
52		Montevideo	MONT	-34° 53' 18"	-56° 15' 35"	198 m	A
53	Venezuela	Maracaibo	MARA	+10° 40' 26"	-71° 37' 27"	62 m	T
54		Junquito	JUNQ	+10° 27' 38"	-67° 05' 29"	2022 m	T
55		La Canoa	CANO	+08° 34' 05"	-63° 51' 41"	148 m	T
56		Agua Linda	AGUA	+05° 53' 15"	-67° 27' 22"	87 m	T
57		Kama	KAMA	+05° 23' 20"	-61° 12' 33"	1184 m	W
58	Antartica	Ohiggins	OHIG	-63° 19' 14"	-57° 54' 01"	29 m	R

Legenda - Apar (aparelhos): A - Ashtech R - Rogue T - Trimble W - Wild / Leica

Fonte: comitê SIRGAS

3.3 Rede Nacional GPS

O IBGE estabeleceu uma rede nacional se aproveitando dos dados de diversas campanhas nacionais e internacionais em que esteve envolvido durante os anos de 1991 e 1992 (Pereira, 1993). Esta rede é constituída pelas seguintes estações: Brasília, Chuá, Cuiabá, Fortaleza, Imbituba, Paraná, Presidente Prudente, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo (cf. figura 3.4). A estação de referência escolhida para a rede foi Chuá, coincidente com o vértice de triangulação de mesmo nome e ponto origem do sistema SAD-69 (Blitzkow *et al*, 1993).



Fonte: IBGE (Pereira, 1993)

Figura 3.4: Estações da Rede Nacional GPS

3.4 Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

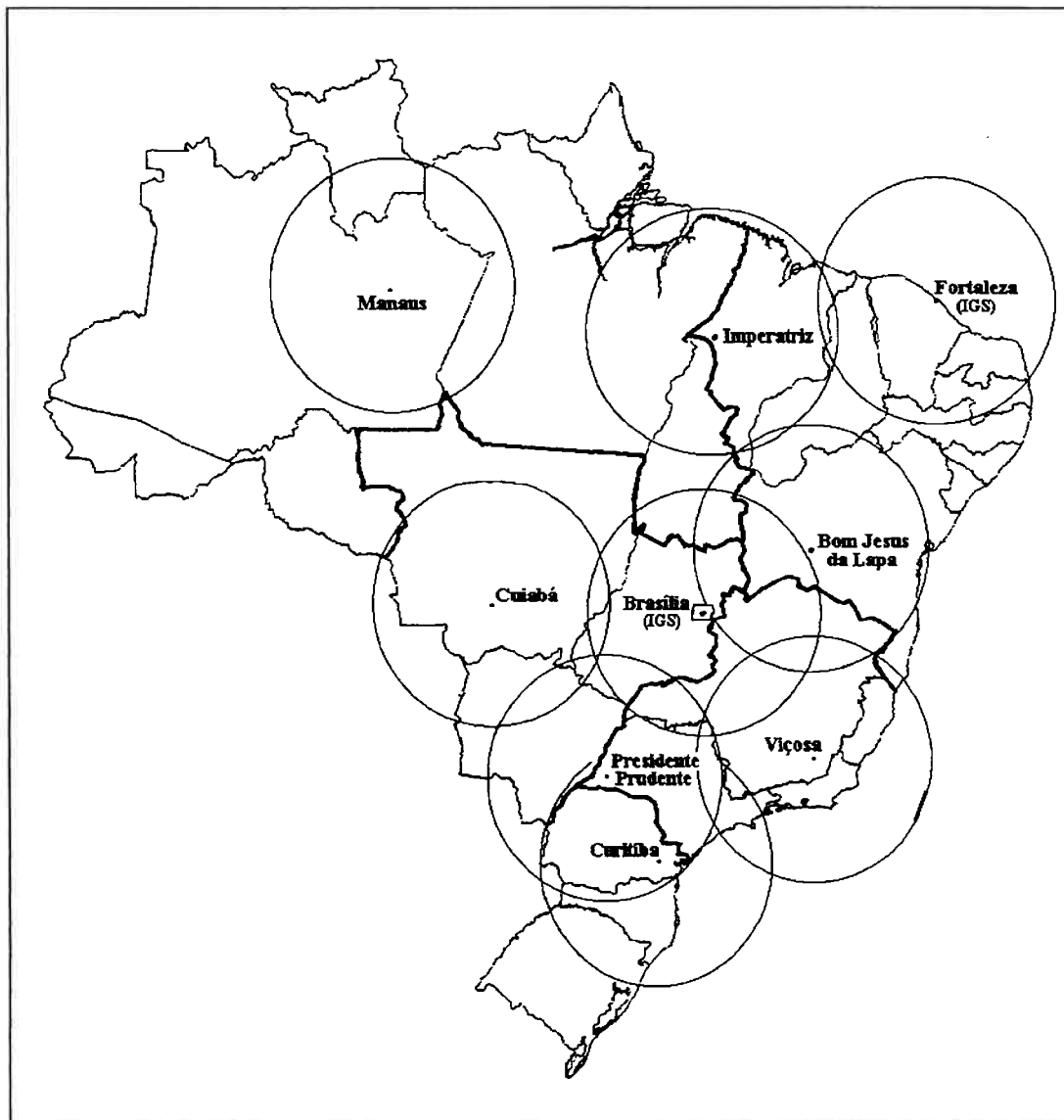
Desde 1991, o IBGE⁷ vem desenvolvendo o projeto para implantação da RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS. Isso visa cumprir sua missão institucional referente à geodésia que compreende o estabelecimento e manutenção das estruturas referentes ao SGB - Sistema Geodésica Brasileiro. A concepção inicial foi descrita por (Fortes *et al.*, 1991) e posteriormente sofreu modificações, conforme (Fortes, 1993) tendo hoje a participação da EPUSP / PTR⁸. O projeto encontra-se em fase de aquisição dos equipamentos e espera-se que o mesmo seja operacionalizado durante o ano de 1996 (Fortes, 1995).

No momento a rede prevê o estabelecimento de nove estações (cf. figura 3.5). Para sua implantação foram escolhidos locais em dependências de instituições públicas. Cada estação foi materializada por um pilar provido com um dispositivo de centragem forçada desenvolvido pelo próprio IBGE especialmente para a RBMC. Nesta escolha (cf. tabela 3.2) foram consideradas as especificações e normas gerais para levantamentos GPS, (IBGE, 1994a e IBGE, 1994b), dentre as quais pode-se destacar: ausência de obstruções acima de 10° do plano do horizonte; ausência de superfícies que possam causar multicaminhamentos; ausência de fontes geradoras de ondas eletromagnéticas com frequências semelhantes às utilizadas pelo sistema GPS. Por outro lado, foram observados alguns requisitos de caráter estrutural e logístico para garantir a estabilidade da estação; o acesso restrito; a segurança permanente; a disponibilidade de uma sala próxima provida de energia elétrica e linha telefônica para

⁷ IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

⁸ EPUSP / PTR - Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia de Transportes

a transmissão dos dados e controle remoto do receptor a partir do centro de controle que ficará sediado nas dependências do IBGE, na cidade do Rio de Janeiro.



Fonte: IBGE (Fortes, 1995)

OBS: O círculo em torno de cada estação tem raio de 500 km.

Figura 3.5: Esquema Atual da RBMC

As estações de Fortaleza e de Brasília, pertencentes à rede mundial do serviço IGS, já se encontram em operação. A primeira está implantada nas dependências do INPE⁹, no município de Eusébio, no Estado do Ceará, em função de

⁹ INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

um convênio de cooperação entre o CRAAE¹⁰, o NGS¹¹ / NOAA¹² e o IBGE. A segunda está implantada nas dependências do IBGE, na Reserva Ecológica do Roncador, no Distrito Federal, em cooperação com o JPL / NASA. Nestas estações, estão sendo utilizados receptores GPS Turbo Rougue, rastreando L1, L2, P1 e P2, durante as 24 horas do dia. As estações de Curitiba e de Presidente Prudente funcionam em caráter preliminar operando com receptores Trimble 4000 SST pertencentes à UFPr e à EPUSP / PTR respectivamente, e que serão substituídos quando da aquisição dos equipamentos definitivos, (Fortes, 1993).

Caso surjam aplicações e necessidades específicas em uma determinada região, como por exemplo o oeste do Amazonas, no Amapá, etc. a RBMC poderá ser ampliada.

Tabela 3.2: Estações integrantes da RBMC (estado atual)

<i>Estação</i>	<i>Operacional</i>	<i>Local / Unidade da Federação</i>
Bom Jesus da Lapa	Não	Agência da Capitania dos Portos / BA
Brasília	Sim	Reserva Ecológica do Roncador - IBGE / DF
Cuiabá	Não	Centro de Rastreamento e Controle de Satélites - INPE / MT
Curitiba	Sim	Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná / PR
Fortaleza	Sim	Rádio Observatório do Nordeste - INPE / CE
Imperatriz	Não	Centro Federal de Educação Tecnológica Unidade Descentralizada de Imperatriz / MA
Manaus	Não	4ª Divisão de Levantamento Diretoria do Serviço Geográfico do Exército / AM
Presidente Prudente	Sim	Universidade Estadual Paulista / SP
Viçosa	Não	Universidade Federal de Viçosa / MG

Fonte: IBGE (Fortes, 1995)

3.5 Redes Estaduais

Com a revolução provocada pelo sistema GPS, diferentes instituições brasileiras iniciaram o estudo da nova tecnologia. A EPUSP / PTR, uma das pioneiras e

¹⁰ CRAAE - Centro de Rádio Astronomia e Aplicações Espaciais

¹¹ NGS - National Geodetic Survey - Estados Unidos

¹² NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration - Estados Unidos

ciente de falta de informações geodésicas confiáveis no estado, tomou a iniciativa de implantar uma rede piloto no Estado de São Paulo, baseada na experiência adquirida e utilizando-se dos equipamentos adquiridos. Outros estados também implantaram, estão em fase de implantação ou pretendem implantar redes, como por exemplo: Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul. A rede do estado de São Paulo, que faz parte do escopo deste trabalho, será abordado com mais detalhes no capítulo 5.

4 PROGRAMA PARA PROCESSAMENTO DE DADOS GPS

Diferentes modelos matemáticos para processamento de dados GPS foram desenvolvidos e, em consequência disto, surgiram vários programas de processamento de dados com uma multiplicidade de aplicações. Os que foram desenvolvidos para aplicações científicas consistem normalmente de vários sub-programas e permitem diferentes usos, como por exemplo: as investigações geodinâmicas, os levantamentos de alta precisão, etc.

De uma forma geral pode-se dividir estes programas de processamento em três partes principais:

- . pré-processamento,
- . processamento,
- . pós-processamento.

Entre os programas existentes podem ser citados: BERNESE, GEONAP, GIPSY, OMNI, DIPOP e GAS. Neste trabalho utilizou-se programa GAS¹ para o processamento da rede GPS do Estado de São Paulo. Para isso o autor esteve trabalhando durante 2 meses na Universidade de Nottingham, no período 3 de maio a 30 de junho de 1995.

¹ GAS - GPS Análisis Software

4.1 Programa GAS

O programa GAS vem sendo desenvolvido ao longo dos últimos 10 anos pelo IESSG² da Universidade de Nottingham, Inglaterra (Stewart *et al*, 1994). A versão 2.2, utilizada nesta pesquisa, permite o processamento de estações múltiplas pelo método estático e com ajustamento em rede das estações observadas simultaneamente, usando a dupla diferença de fase. No caso de uma rede de m estações, ajusta-se simultaneamente $m-1$ vetores independentes, proporcionando as coordenadas ajustadas. Para o seu funcionamento, o programa requer 8 MB³ de espaço em disco para instalação e mais 20 MB para serem utilizados como memória virtual e armazenar arquivos temporários. Caso seja disponível memória RAM⁴, haverá redução no tempo de processamento. O programa é formado por módulos, sendo que cada um executa uma fase distinta do processamento. Todas as opções podem ser definidas pelo usuário e são gravadas em um arquivo de controle no formato ASCII⁵.

O GAS foi desenvolvido em diferentes versões para diversos sistemas operacionais, como por exemplo: DOS⁶, UNIX⁷ e VME⁸. Neste trabalho, todo o processamento foi realizado em ambiente UNIX, em uma estação de trabalho da Silicon Graphics.

² IESSG - Institute of Engineering Surveying and Space Geodesy

³ MB - Megabyte

⁴ RAM - Random-Access Memory

⁵ ASCII - American Standart Code for Information Interchange

⁶ DOS - Disk Operating System

⁷ UNIX - Sistema operacional multiusuário desenvolvido originalmente pela empresa AT & T

⁸ VME - Sistema opercional utilizado em computadores de grande porte (*mainframe*)

4.1.1 Pré-Processamento

O pré-processamento tem como finalidade preparar os dados para serem utilizados nos diferentes módulos do programa GAS.

A primeira operação de pré-processamento não é executada com os programas do IESSG. Foi utilizado o programa TRRINEXN⁹ V 1.1, desenvolvido pelo Instituto Astronômico da Universidade de Berna - Suíça em 1991, para conversão dos arquivos gerados pelos receptores da marca TRIMBLE para o formato RINEX¹⁰ (cf. apêndice III), mundialmente aceito para o intercâmbio de dados GPS.

Dois módulos fazem parte do pré-processamento do programa GAS; o módulo FILTER e o módulo CON2SP3.

a) Módulo FILTER

Este módulo converte os dados de RINEX para o formato usado pelo programa GAS, denominado NOT, acrônimo da palavra Nottingham. Os arquivos com extensão NOT são utilizados em todas as outras etapas do pré-processamento e do processamento. Durante a conversão o módulo FILTER detecta e corrige as grandes perdas de ciclo por comparação da mudança da fase e da pseudodistância medidas nas mesmas épocas. Além dessas, estão disponíveis neste módulo opções adicionais como por exemplo:

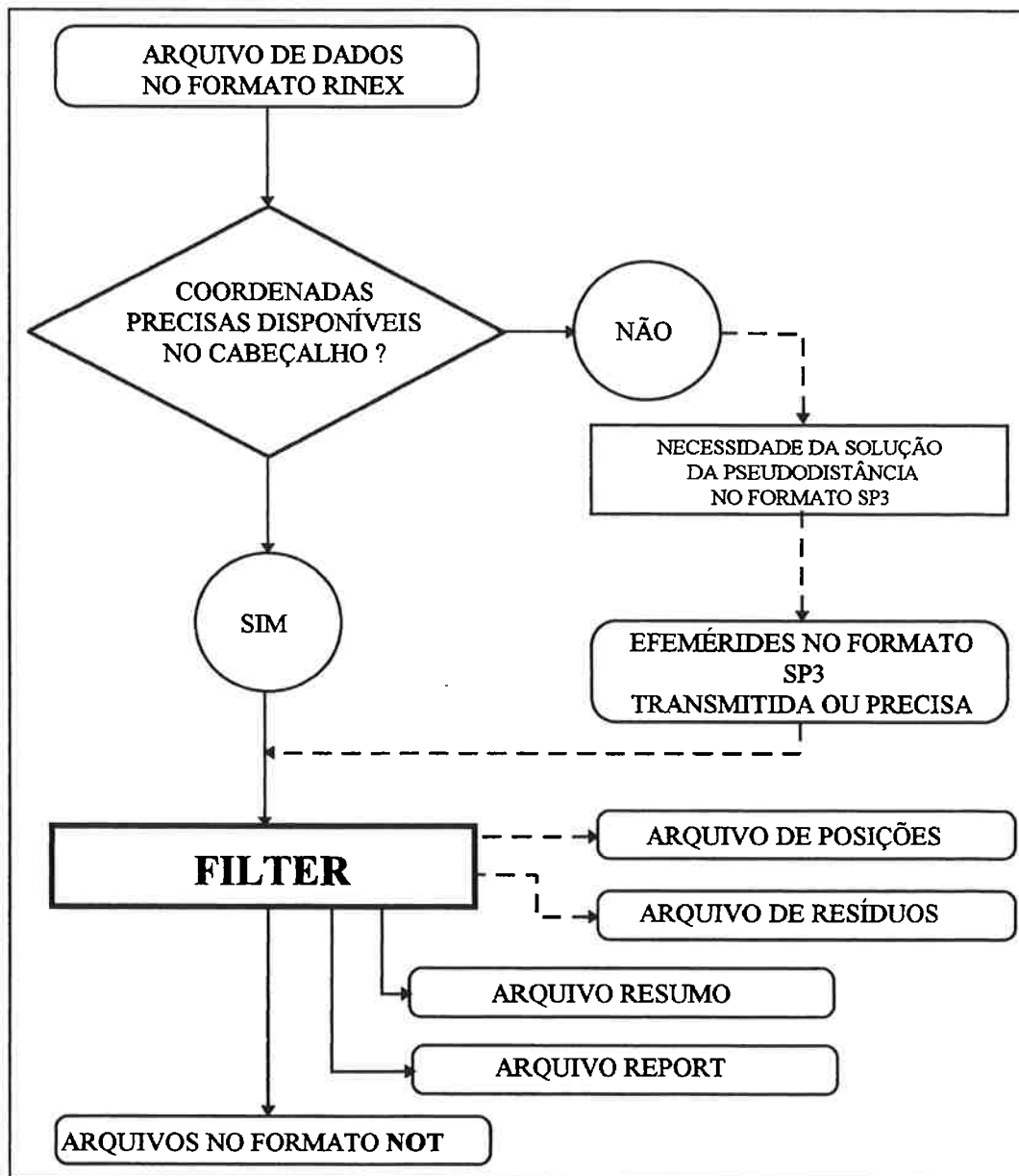
- . seleccionar um novo intervalo de tempo;
- . mudar o horário de início e término de cada sessão;

⁹ TRRINEXN - Converte os dados obtidos com os receptores da TRIMBLE para o formato RINEX

¹⁰ RINEX - Receiver INdependent EXchange Format - version 2

- . descartar épocas que contenham menos satélites que o desejado;
- . retirar os dados de satélites não saudáveis.

O diagrama de fluxo do módulo FILTER (cf. figura 4.1) mostra como são gerados os arquivos de dados no formato NOT a partir do formato RINEX.



Fonte: Manual do programa GAS

Figura: 4.1: Diagrama de Fluxo do Módulo FILTER

b) Módulo CON2SP3

O módulo CON2SP3 (Convert to SP3 format), foi desenvolvido para realizar as seguintes funções:

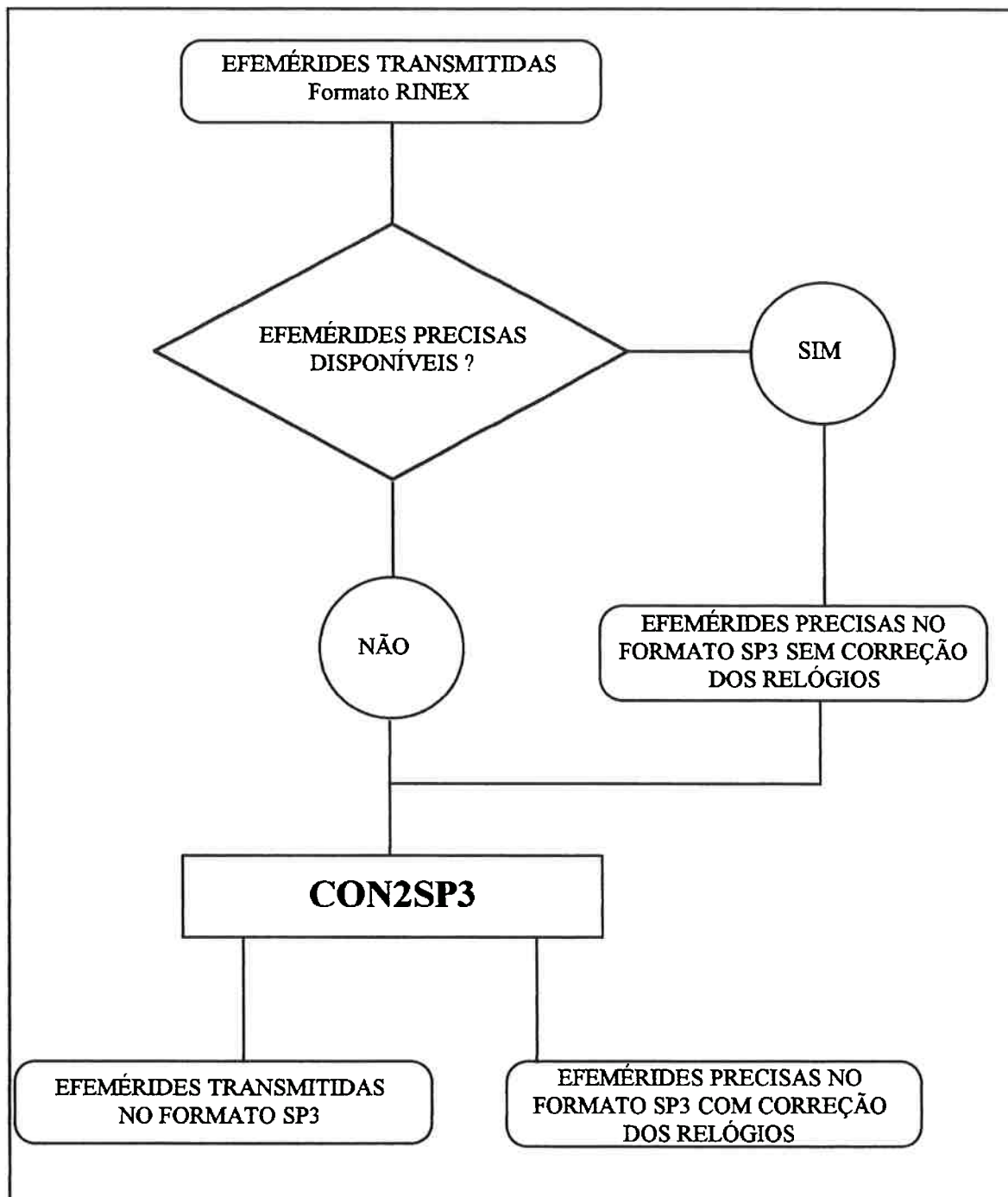
a) Converter os arquivos de efemérides transmitidas, no formato RINEX para o formato SP3¹¹ (cf. apêndice IV). Este formato é usado pelo NGS para distribuição das efemérides precisas.

b) Introduzir no arquivo de efemérides precisas o valor da correção do relógio dos satélites, retirado do arquivo de efemérides transmitidas.

Este módulo só foi utilizado para introduzir o valor da correção do relógio dos satélites no arquivo de efemérides precisas divulgados pelo NGS, já que todas as outras efemérides utilizadas dispunham das correções dos relógios. Atualmente, todas as efemérides precisas são fornecidas com a referida correção tornando dispensável esta etapa do pré-processamento.

O diagrama de fluxo do módulo CON2SP3 (cf. figura 4.2) indica a sequência para a criação de arquivos de efemérides transmitidas ou precisas, no formato SP3 a partir de arquivos no formato RINEX.

¹¹ SP3 - NGS Standard GPS Format



Fonte: Manual do programa GAS

Figura 4.2: Diagrama de Fluxo do Módulo CON2SP3

c) Módulo PANIC (opção para detecção de perdas de ciclos)

No módulo PANIC¹², realiza-se o processamento individual de cada vetor e a detecção das perdas de ciclo. Para cada linha de base processada, é gerado um arquivo indicando as perdas, e que é conhecido como arquivo 'slip file'.

d) Módulo SLIPCOR

No módulo SLIPCOR¹³ o arquivo gerado pelo módulo PANIC, chamado de 'slip file', é utilizado para fazer as correções necessárias. Tal processo ocorre de forma iterativa ou seja, detecta-se com o módulo PANIC e corrige-se com o módulo SLIPCOR, até não existirem mais perdas de ciclo. Este procedimento é demasiado lento uma vez que é necessário realizar de forma manual a correção de cada perda de ciclo.

4.1.2 Processamento

O mesmo módulo, denominado PANIC, executa tanto o ajustamento de uma única linha de base ou de um conjunto de pontos observados simultaneamente. Na verdade estas duas tarefas contam com um grande número de opções, e entre elas podem ser citadas: a solução através da consideração da pseudodistância ou da fase da portadora; a solução por combinação das frequências L1 e L2; o uso de diversos modelos para correção do efeito da troposfera e correção do efeito de marés terrestres, do centro de fase da antena, etc.

¹² PANIC - Program for the Analysis of Network using Interferometric Carrier Phase

¹³ SLIPCOR SLIP CORrection)

4.1.3 Pós - Processamento com CARNET

O pós-processamento permite a obtenção de uma solução única e, no caso da rede São Paulo utilizou-se do programa de ajustamento de redes denominado CARNET¹⁴, versão 3.13 (Lowe, 1994), desenvolvido no IESSG - Universidade de Nottingham. A versão para DOS necessita de 8 MB de espaço para ser instalado em disco e mais 20 MB para memória virtual e arquivos temporários. Este programa permite a solução conjunta de diversos tipos de observações convencionais com GPS e outras técnicas de geodésia espacial (Lowe, 1994). Com o uso do módulo PANIC são obtidas as coordenadas cartesianas após o processamento dos vetores e o ajustamento de cada sessão de observação, sendo estes os dados de entrada para o programa de pós-processamento CARNET. Estas, por sua vez, são combinadas para produzir após o ajustamento vetorial uma solução tridimensional, homogênea e única. O resultado inclui, além das coordenadas cartesianas e geodésicas, o respectivo erro médio quadrático, bem como informações necessárias à análise da qualidade do processamento.

¹⁴ CARNET - CARtesian NETwork Adjustment Software

5 REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

A Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, através do Departamento de Engenharia de Transportes, vem trabalhando para a implantação da rede GPS no Estado de São Paulo desde 1991 (Cintra *et al.*, 1991). No planejamento para a implantação de uma rede GPS deve-se ter em mente os diferentes aspectos envolvidos no projeto e entre eles, pode-se citar os locais onde serão implantados os marcos, considerando o acesso, a preservação, a estabilidade do solo e as restrições do próprio sistema GPS como, por exemplo, obstrução dos sinais. Com o local escolhido passa-se à fase de construção do pilar. No caso da rede de São Paulo foram construídos pilares estáveis providos de dispositivo de centragem forçada (Paciléio Netto, 1990). Já, na fase de observação deve-se considerar quais os receptores a serem utilizados, escolha do número de equipes, o tempo de rastreamento por estação, intervalo de medições, a época mais adequada para realizar as observações, a logística envolvida, entre outros fatores. Além destes cuidados, deve-se estar alerta para problemas que por ventura ocorram com os satélites e que devem ser verificados para que seja evitado o processamento com satélites não saudáveis. A utilização de efemérides precisas auxiliam na melhoria dos resultados, pois, as mesmas já estão corrigidas dos desvios causados nas órbitas dos satélites por diferentes fatores. Considerando-se todas as variáveis adequadamente, espera-se que na avaliação final da mesma o resultado indique uma rede com qualidade igual ao especificado no planejamento.

Este projeto, coordenado pela EPUSP, envolveu diversas instituições públicas como: SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, CESP - Centrais Elétricas do Estado de São Paulo, UNESP - Universidade Estadual

Paulista, PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A., UFPr - Universidade Federal do Paraná; INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Destaca-se a participação ativa e fundamental do IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a qual ocorreu tanto na fase de construção de alguns pilares como em todas as campanhas de observação. Também deve-se destacar que um dos receptores utilizados foi adquirido pela EPUSP através de financiamento concedido pela FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

5.1 Receptores Utilizados

Para a implantação da rede geodésica do Estado foram utilizados receptores da marca Trimble, série 4000 SST. Na primeira campanha, participaram sete receptores sendo que, cinco deles, com as frequências $L1^1$ e $L2^2$ e o código CA^3 e dois com as frequências $L1$ e $L2$ e os códigos CA e P^4 . Na segunda, foram usados cinco receptores, porém apenas um com as frequências $L1$ e $L2$ e os códigos CA e P . Na figura 5.1, estão descritas as características técnicas do receptor Trimble 4000 SST (Trimble Navigation, 1989).

¹ $L1: 154 \times f_0 = 1575,42 \text{ MHz}$ onde $f_0 = 10,23 \text{ MHz}$ (frequência fundamental)

² $L2: 120 \times f_0 = 1227,60 \text{ MHz}$

³ C/A: Coarse / Acquisition code

⁴ P: Precision code

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Tempo de Armazenamento de Dados:

0,5 MB RAM

8 horas com 5 satélites, apenas L1 e taxa de coleta de 15 segundos

6 horas com L1/L2 (Opcionais 1,0 e 4,0 MB RAM)

Tempo de Operação:

8 horas com a bateria de 2,7 kg

Até 1 mês no modo sleep (espera)

6 horas de operação em L1/L2

Tempo de Descarga de Dados:

2 minutos para descarregar 1 hora de rastreamento com 5 satélites - L1 e velocidade de transferência de 19200 baud.

Peso:

Receptor / gravador de dados 7,2 kg

c/ bateria / 8 horas com sacola e cabo 2,7 kg

Antena cinemática opcional 1,4 kg

Bateria para 16 horas 5,9 kg

Antena geodésica com cabos (opcional) 3,2 kg

Alimentação:

11-18 VCC, 8 watts - para a unidade básica

100 / 120 / 220 / 240 VDC, 50-60 Hz usando o módulo de escritório

Dimensões:

Receptor / gravador de dados e antena 30 x 35 x 13 cm

Antena cinemática opcional 4,9 cm

Antena geodésica opcional com plano terra 48,26 cm (diâmetro)

10,16 cm (altura)

Condições de Operação:
Temperatura

Receptor / gravador de dados / antena

operação: -20° até +55° C

armazenado: -30° até +75° C

Antena Remota:

operação: -40° até +65° C

armazenado: -55° até +75° C

Humidade:

100 %

Figura 5.1: Especificações Técnicas do Receptor Trimble 4000 SST (básico)

5.2 Descrição das Campanhas de Observação

A rede GPS do Estado de São Paulo foi implantada gradativamente, ao longo dos últimos anos, devido a dificuldades na escolha dos locais e na construção dos pilares. Durante este período alguns pontos da rede foram ocupados em campanhas internacionais e nacionais, como por exemplo: GIG'91⁵ (Campos *et al.*, 1991), BRASION'91⁶, EPOCH'92⁷, BRASION'92 (Wanninger *et al.*, 1993) ou por algumas campanhas dedicadas à observação de sub-conjuntos de pontos da rede. Contudo, em 1993, foram realizadas duas grandes campanhas, nos meses de março e novembro, onde foram ocupados todos os 24 pontos da rede (cf. figura 5.2) e também o vértice CHUÁ, origem do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB (cf. figura 5.3).

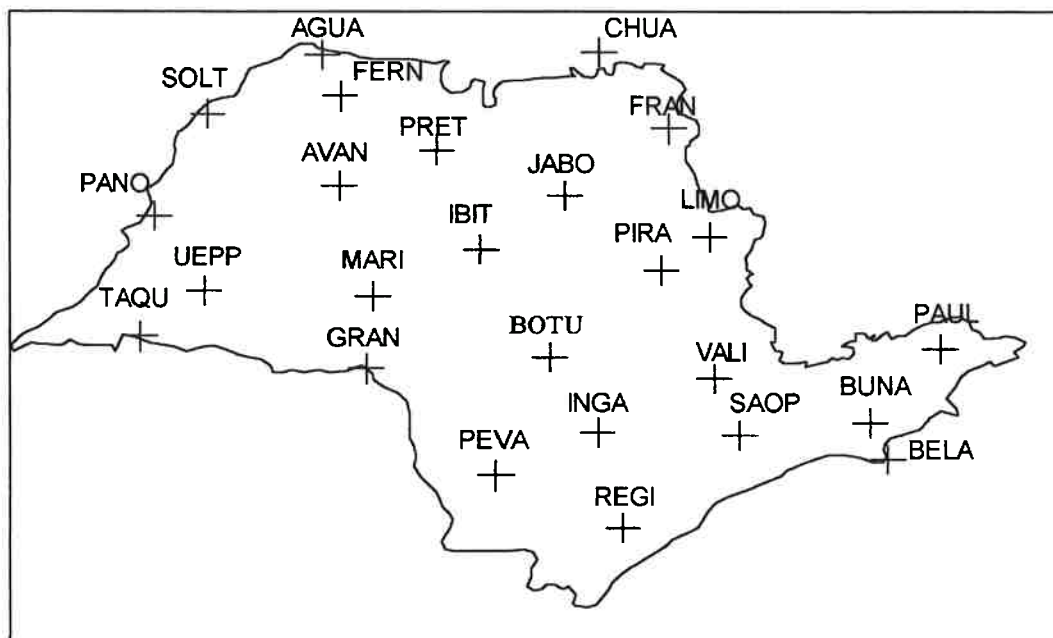


Figura 5.2: Estações da Rede GPS do Estado de São Paulo

⁵ GIG'91 - Primeira Campanha Experimental GPS para Geodinâmica

⁶ BRASION - Estudo das observações GPS em áreas de grande perturbação ionosférica para análise e modelagem da Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul.

⁷ EPOCH'92 - Campanha promovida pela IAG para verificar a viabilidade de implantação do Serviço IGS

A rede é constituída de 24 estações, identificadas das seguinte forma: um número seguindo a nomenclatura do IBGE, que corresponde ao código internacional da estação; um nome que está normalmente relacionado à localidade da estação; uma abreviação do nome usado no processamento; a instituição onde foi implantada; além da indicação do município e a unidade da federação (cf. tabela 5.1). Para cada estação foi organizada uma monografia com o número correspondente, o acesso, as coordenadas, uma foto e um croquí (cf. anexo B).

Tabela 5.1: Identificadores dos Pontos da Rede GPS do Estado de São Paulo

<i>Código Inter.</i>	<i>Nome do Ponto</i>	<i>Nome Abreviado</i>	<i>Instituição (localização)</i>	<i>Município / UF</i>
91031	Vt. Chuá	CHUA	Fazenda Providência	Uberaba - MG
91614	Água Vermelha	AGUA	UHE* - CESP	Iturama - MG
91615	Rio Preto	PRET	UNESP	São José do Rio Preto - SP
91613	Jaboticabal	JABO	UNESP	Jaboticabal - SP
91611	Pirassununga	PIRA	USP	Pirassununga - SP
91610	Limoeiro	LIMO	UHE - CESP	Mococa - SP
91612	Franca	FRAN	SABESP	Franca - SP
91617	Fernandópolis	FERN	SABESP	Fernandópolis - SP
91555	Nova Avanhadava	AVAN	UHE - CESP	Butirama - SP
91616	Ibitinga	IBIT	UHE - CESP	Ibitinga - SP
91559	Presidente Prudente	UEPP	UNESP	Presidente Prudente - SP
91557	Taquarussú	TAQU	UHE - CESP	Itaguaté - PR
91554	Salto Grande	GRAN	UHE - CESP	Salto Grande - SP
91556	Ilha Soiteira	SOLT	UHE - CESP	Selvíria - MS
91607	São Paulo - Pilar 1	SAOP	USP	São Paulo - SP
91606	Ilha Bela	BELA	Terreno da Prefeitura	Ilha Bela - SP
91608	Paraibuna	BUNA	UHE - CESP	Paraibuna - SP
91609	Valinhos	VALI	USP - IAG	Valinhos - SP
91682	Cachoeira Paulista	PAUL	INPE	Cachoeira Paulista - SP
91684	Registro	REGI	Estação de Zootecnia	Registro - SP
91683	Itapetininga	INGA	Parque Ecológico	Itapetininga - SP
91680	Itapeva	PEVA	Aeroclube	Itapeva - SP
91685	Botucatu	BOTU	Faz. Lageado UNESP	Botucatu - SP
91681	Marília	MARI	Aeroporto	Marília - SP
91686	Panorama	PANO	Sítio Ceballos	Panorama - SP

* UHE - Usina Hidroelétrica

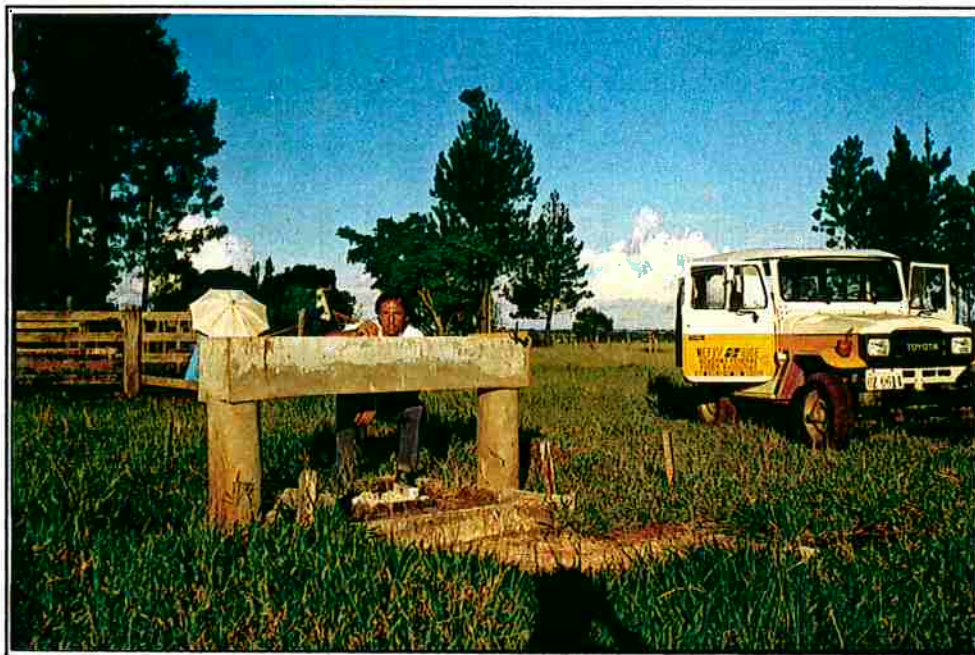


Figura 5.3: Vértice Chuá, Origem do Sistema Geodésico Brasileiro

Na primeira campanha, realizada entre 7 e 18 de março de 1994, foram ocupadas 18 estações ao longo de oito dias de observação (cf. tabela 5.2 e figura 5.4).

Tabela 5.2: Estações Ocupadas na Primeira Campanha (7 receptores)

<i>Estações ocupadas</i>	<i>Dia 069</i> <i>10/03/94</i> <i>3 horas</i>	<i>Dia 070</i> <i>11/03/94</i> <i>3 horas</i>	<i>Dia 071</i> <i>12/03/94</i> <i>3 horas</i>	<i>Dia 072</i> <i>13/03/94</i> <i>3 horas</i>	<i>Dia 073</i> <i>14/03/94</i> <i>3 horas</i>	<i>Dia 074</i> <i>15/03/94</i> <i>3 horas</i>	<i>Dia 075</i> <i>16/03/94</i> <i>3 horas</i>	<i>Dia 076</i> <i>17/03/94</i> <i>3 horas</i>
Água Vermelha				★	★	★		
Chuá				★	★	★		
Fernandópolis						★	★	★
Franca		★	★	★				
Ibipinga						★	★	★
Ilha Bela	★	★						
Ilha Solteira								★
Jaboticabal				★	★	★		
Limoeiro		★	★	★				
Nova Avanhadava						★	★	★
Paraibuna	★	★						
Pirassununga	★	★	★	★				
Presidente Prudente								★
Salto Grande								★
São José do Rio Preto				★	★	★		
São Paulo	★	★						
Taquarussú								★
Valinhos	★	★						

(★) Estações observadas, no mesmo dia, simultaneamente

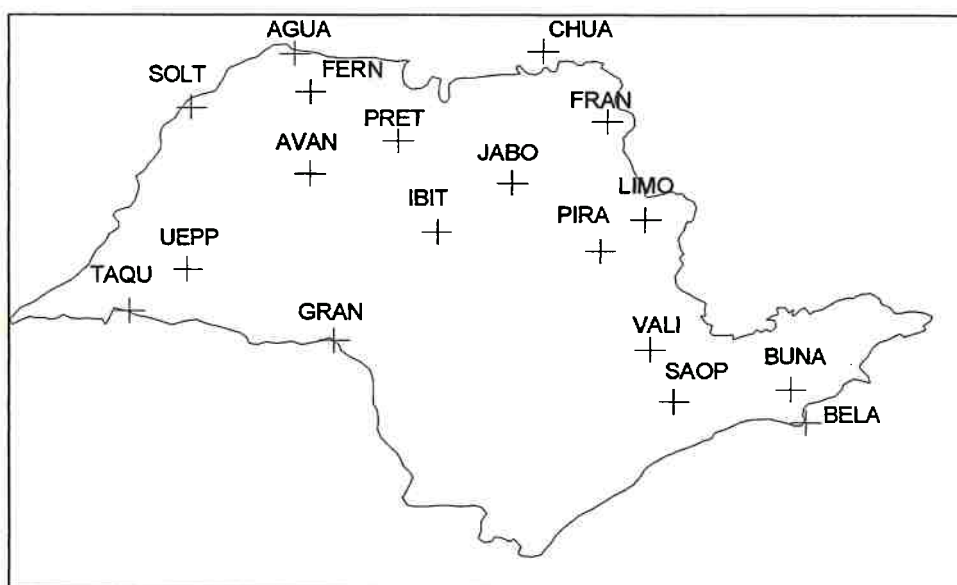


Figura 5.4: Estações Ocupadas Durante a Campanha de Março

Foram utilizadas os seguintes critérios para as observações, conforme especificações técnicas definidas por (IBGE, 1994a e IBGE, 1994b) além da obrigatoriedade do preenchimento do relatório de campo:

- duração do rastreo: 8:00 horas;
- início do rastreo: 9:00 horas (hora local de Brasília);
- término do rastreo: 17:00 horas (hora local de Brasília);
- taxa de coleta: 15 segundos;
- número mínimo de satélites: 3;

Na segunda campanha, realizada de 21 de novembro a 3 de dezembro de 1994, foram ocupadas 18 estações, ao longo de oito dias (cf. tabela 5.3 e figura 5.5).

Tabela 5.3: Estações Ocupadas na Segunda Campanha (4 receptores)

<i>Estações ocupadas</i>	<i>Dia 327</i> 23/11/94 6 horas	<i>Dia 328</i> 24/11/94 6 horas	<i>Dia 329</i> 25/11/94 6 horas	<i>Dia 332</i> 28/11/94 6 horas	<i>Dia 333</i> 29/11/94 6 horas	<i>Dia 334</i> 30/11/94 6 horas	<i>Dia 335</i> 01/12/94 6 horas	<i>Dia 337</i> 03/12/94 6 horas
Botucatu				★	★			
Cachoeira Paulista	★	★						
Chuí								★
Ibitinga					★	★		
Ilha Bela	★							
Ilha Solteira						★		
Itapetininga			★	★				
Itapeva			★	★				
Marília					★	★	★	
Panorama						★	★	
Paraibuna	★							
Presidente Prudente*	★	★	★	★	★	★	★	★
Registro		★						
Salto Grande				★	★		★	
São Paulo		★						★
Taquarussú							★	
Valinhos	★	★	★					

(★) Estações observadas, no mesmo dia, simultaneamente.

* Estação continua (rastreou durante 24 horas por dia).

Cabe lembrar que a estação Presidente Prudente (UEPP) é integrante da RBMC e desta forma rastreou continuamente durante todos os dias da segunda campanha.

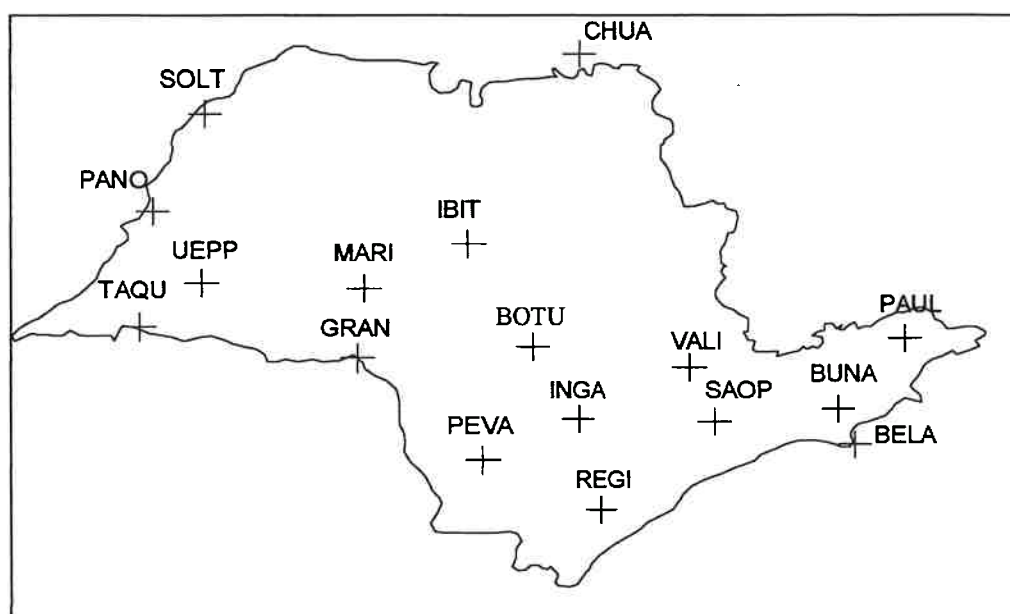


Figura 5.5: Estações Ocupadas Durante a Campanha de Novembro

Utilizaram-se as mesmas especificações da primeira campanha, ocorrendo mudança nos seguintes itens:

- duração do rastreo: 6:00 horas;
- início do rastreo: 8:30 horas (hora local de Brasília);
- término do rastreo: 14:30 horas (hora local de Brasília);

5.3 Dados das Estações Fiduciais

Visando integrar a rede GPS a um sistema de referência global de alta qualidade utilizou-se dados de três estações fiduciais, integrantes da rede mundial IGS: Fortaleza no Brasil, Kourou na Guiana e Santiago no Chile (cf. figura 5.6). Nestas estações são utilizados receptores da marca Rougue, modelo SNR-8000 na estação Fortaleza, modelo SNR-8C na estação Kourou e o modelo SNR-8 na estação Santiago. Na tabela 5.4 estão indicados todos os dias de observação e os dias em que existem dados das três estações fiduciais.

Tabela 5.4: Dados das Estações Fiduciais

<i>Dia</i>	<i>Estação</i>	<i>Fortaleza</i>	<i>Kourou</i>	<i>Santiago</i>
069		ND	ND	ND
070		D	D	D
071		D	D	D
072		D	D	D
073		D	D	D
074		D	D	D
075		ND	ND	ND
076		D	D	D
327		D	D	ND
328		D	D	ND
329		D	D	ND
332		D	D	ND
333		D	D	ND
334		D	D	ND
335		D	D	ND
337		D	D	ND

ND - dados não disponíveis

D - dados disponíveis



Figura 5.6: Estações Fiduciais

Esses dados foram transferidos do IGN⁸, e estão disponíveis na rede a qualquer pessoa que tenha acesso à INTERNET, usando o endereço apropriado. (cf. apêndice II).

5.4 Efemérides Utilizadas

No processamento realizado neste trabalho, foram utilizadas as efemérides precisas produzidas por três diferentes órgãos: COD, JPL/NASA e NGS. Adicionalmente utilizou-se também as efemérides designadas IGS, a qual resulta de uma combinação das diferentes efemérides submetidas ao IGS (anexo C). Foram realizados diversos processamentos com as várias efemérides objetivando analisar a

⁸ IGN - Institut Geographique National, Paris, França

influência das mesmas nas coordenadas das 24 estações da rede GPS do Estado de São Paulo (capítulo 7).

Assim como os dados das estações fiduciais, as efemérides precisas ficam disponíveis aos usuários via INTERNET (cf. apêndice II).

6 DIFERENTES PROCESSAMENTOS DA REDE GPS

O sistema GPS provocou uma mudança radical nos métodos de posicionamento. Com a nova tecnologia os geodestas desenvolveram diversas técnicas e diferentes programas de processamento visando o refinamento dos resultados e, conseqüentemente, alcançaram precisões melhores que as obtidas com o uso dos métodos clássicos. No Brasil não foi diferente e diversos grupos passaram a se utilizar dos poucos equipamentos e programas de processamento adquiridos trabalhando em conjunto. Por exemplo, no Estado de São Paulo essa intensa colaboração permitiu a observação de todos os pontos da rede GPS. Com a disponibilização dos dados e buscando a obtenção de coordenadas definitivas para a referida rede foram realizados quatro diferentes processamentos. O processamento 1 foi realizado pelo autor deste trabalho na Universidade de Nottingham, Inglaterra. O processamento 2 foi realizado pelo Prof. Dr. Paulo César Lima Segantine na Universidade do Maine, Estados Unidos. O processamento 3 foi realizado pelo Prof. Dr. João Francisco Galera Monico também na Universidade de Nottingham. O processamento 4 foi realizado pela equipe do DEGED¹/IBGE, na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. Os processamentos 1, 2 e 4 se utilizaram dos dados das 24 estações observadas durante as duas campanhas realizadas em 1993. Já, o processamento 3 utilizou-se de apenas 5 estações da rede e que foram observadas em época anterior às campanhas de 1993. Esses quatro processamentos serão de agora em diante identificados por PR1, PR2, PR3 e PR4 respectivamente.

¹ DEGED - Departamento de Geodésia

6.1 Processamento 1

O autor deste trabalho, durante os meses de maio e junho de 1995, na Universidade de Nottingham, realizou diferentes testes com os dados da rede GPS do Estado de São Paulo. Inicialmente foram realizados processamentos utilizando a combinação linear entre as observações em L1 e L2, conhecida como *ionospheric free-combination*, com o propósito de reduzir os efeitos ionosféricos, e a combinação linear conhecida como *wide lane*². A ambigüidade não foi resolvida em função dos lados da rede terem mais de 100 km, tornando difícil a tarefa de fixá-la. Por outro lado, foram utilizadas diferentes efemérides precisas, considerado ou não o efeito da maré terrestre e variando a estação adotada como referência, obtendo-se desta forma 16 conjuntos de soluções.

6.1.1 Coordenadas Provisórias

Para a utilização do programa de ajustamento fez-se necessário a montagem de um arquivo contendo as coordenadas aproximadas de todas as estações envolvidas. A tabela 6.1 contém as coordenadas cartesianas preliminares utilizadas; as mesmas foram obtidas do processamento da rede GPS efetuado por Segantine, (1995a e 1995b). As coordenadas das estações fiduciais foram compiladas de Boucher *et al*, (1994) e estão referidos ao ITRF93 para a época 1993,0.

² wide lane = L1 - L2 (l = 86,2 cm)

Tabela 6.1: Coordenadas Cartesianas Preliminares

<i>N</i>	<i>Cod. Inter.</i>	<i>Estação</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
1	41602M001	FORT	4985386.6190	-3954998.5810	-428426.5420
2	97301M210	KOUR	3839591.4200	-5059567.5460	579956.8740
3	41704M003	SANT	1769693.2320	-5044574.1240	-3468321.0990
4	91031	CHUA	4010548.4390	-4470076.6130	-2143179.0210
5	91614	AGUA	3831168.3340	-4620393.7100	-2151402.9930
6	91615	PRET	3885859.8670	-4527018.9110	-2249305.8830
7	91613	JABO	3958011.7340	-4440249.3120	-2295903.2870
8	91611	PIRA	4002794.5740	-4359604.6570	-2371053.5250
9	91610	LIMO	4044555.0790	-4339988.2590	-2336093.8260
10	91612	FRAN	4045414.5410	-4396420.5530	-2228474.0160
11	91617	FERN	3833417.6700	-4598318.8270	-2194087.3210
12	91555	AVAN	3810097.5410	-4573380.5080	-2284127.9790
13	91616	IBIT	3889008.1280	-4472650.4720	-2349379.2650
14	91559	UEPP	3687624.7920	-4620818.2270	-2386880.6900
15	91557	TAQU	3628145.3200	-4644483.9990	-2431011.6280
16	91554	GRAN	3778536.0230	-4503386.4190	-2467128.5530
17	91554	GRA1	3778536.0230	-4503386.4190	-2467128.5530
18	91556	SOLT	3732194.0290	-4674886.3080	-2206381.0840
19	91607	SAOP	4010143.6750	-4260161.9190	-2533046.6530
20	91606	BELA	4103079.9460	-4154777.8380	-2557306.5240
21	91608	BUNA	4098261.7650	-4184077.5120	-2518884.0830
22	91609	VALI	4009161.5730	-4294202.2340	-2477228.8440
23	91682	PAUL	4164685.0610	-4162400.5310	-2445011.2820
24	91684	REGI	3903907.1740	-4302835.7780	-2622964.5660
25	91683	INGA	3914762.2210	-4349288.4670	-2530873.6660
26	91680	PEVA	3836011.7350	-4394329.3730	-2572921.2770
27	91685	BOTU	3903909.6150	-4401321.5510	-2457094.8010
28	91681	MARI	3803905.3680	-4521714.4440	-2394686.3060
29	91686	PANO	3670534.5010	-4672740.8600	-2311180.4090

6.1.2 Opções de Processamento

As condições e elementos na execução de cada um dos 16 diferentes processamentos estão descritos na tabela 6.2. Em todas as soluções utilizou-se o modelo Magnet para a Troposfera, o qual utiliza um modelo matemático que não depende de informações meteorológicas uma vez que estas não foram coletadas em todas as estações da rede. Para utilizar outros modelos haveria a necessidade da montagem de um arquivo com os dados meteorológicos coletados em cada estação ou com dados que correspondessem a uma atmosfera padrão.

Tabela 6.2: Soluções Realizadas

<i>Solução Número</i>	<i>Modelo da Troposfera</i>	<i>Estação de Referência</i>	<i>Efeito da Maré Terrestre</i>	<i>Efeméride utilizada</i>
01	Magnet	Vt. Chuá	Não Considerado	JPL
02				IGS
03			Considerado	JPL
04				IGS
05	Magnet	Fortaleza, Kourou e Santiago	Não Considerado	JPL
06				IGS
07			Considerado	JPL
08				IGS
09	Magnet	Vt. Chuá	Não Considerado	COD
10				NGS
11			Considerado	COD
12				NGS
13	Magnet	Fortaleza, Kourou e Santiago	Não Considerado	COD
14				NGS
15			Considerado	COD
16				NGS

6.1.3 Resultados do Processamento

O processamento de todo o conjunto de observações foi executado utilizando o módulo PANIC do programa GAS. O resultado do mesmo corresponde um total de 98 vetores independentes calculados e distribuídos por 16 diferentes sessões ao longo de dezesseis dias. O total seria de aproximadamente 1500 vetores, portanto, demasiado extenso para listar todos. Dessa forma optou-se por listar apenas os vetores resultantes da solução número 08 (cf. tabela 6.3 a tabela 6.19). A escolha da mesma resultou do fato desta solução, entre as que se utilizaram das estações fiduciais como injunção, ter apresentado após o ajustamento os menores resíduos. As referidas tabelas indicam os vetores processados e as componentes de cada vetor observado em relação aos eixos cartesianos X, Y e Z.

Tabela 6.3: Vetores Observados
dia 069

DE	PARA		Observado (m)
SAOP	VALI	X	-982.1282
		Y	-34040.4041
		Z	55817.7811
SAOP	BUNA	X	88118.1320
		Y	76084.4022
		Z	14162.5561
BUNA	BELA	X	4818.1530
		Y	29299.6974
		Z	-38422.4159

Tabela 6.5: Vetores Observados
dia 071

DE	PARA		Observado (m)
LIMO	FORT	X	940832.3591
		Y	384989.9280
		Z	1907666.9889
FRAN	KOUR	X	-205822.4464
		Y	-663146.5055
		Z	2808430.7088
PIRA	SANT	X	-2233100.5172
		Y	-684969.1949
		Z	-1097267.8594
LIMO	FRAN	X	859.6065
		Y	-56432.5315
		Z	107619.6961
LIMO	PIRA	X	-41760.5106
		Y	-19616.4201
		Z	-34959.7086

Tabela 6.4: Vetores Observados
dia 070

DE	PARA		Observado (m)
BUNA	FORT	X	887125.2350
		Y	229079.1896
		Z	2090457.3158
PIRA	KOUR	X	-163202.6642
		Y	-699962.7314
		Z	2951010.1132
SAOP	SANT	X	-2240450.0814
		Y	-784411.9657
		Z	-935274.6874
SAOP	BUNA	X	88118.0706
		Y	76084.3877
		Z	14162.5537
SAOP	VALI	X	-982.0635
		Y	-34040.2823
		Z	55817.8085
VALI	PIRA	X	-6367.1657
		Y	-65402.3741
		Z	106175.3639
BUNA	BELA	X	4818.1315
		Y	29299.7147
		Z	-38422.4212
PIRA	LIMO	X	41760.4604
		Y	19616.4815
		Z	34959.7393
LIMO	FRAN	X	859.6379
		Y	-56432.5577
		Z	107619.6713

Tabela 6.6: Vetores Observados
dia 072

DE	PARA		Observado (m)
PRET	SANT	X	-2116165.9582
		Y	-517554.8419
		Z	-1219015.5068
AGUA	KOUR	X	8423.8313
		Y	-439173.5502
		Z	2731359.5355
LIMO	FORT	X	940832.2025
		Y	384990.0258
		Z	1907666.9766
LIMO	PIRA	X	-41760.4796
		Y	-19616.4556
		Z	-34959.7321
LIMO	FRAN	X	859.6799
		Y	-56432.5434
		Z	107619.6731
PIRA	JABO	X	-44782.8441
		Y	-80644.6385
		Z	75150.2381
FRAN	CHUA	X	-34866.2722
		Y	-73655.9923
		Z	85295.0505
JABO	PRET	X	-72151.9026
		Y	-86769.5813
		Z	46597.4204
PRET	AGUA	X	-54691.601
		Y	-93374.7136
		Z	97902.9307

Tabela 6.7: Vetores Observados
dia 073

DE	PARA		Observado (m)
JABO	FORT	X	1027375.3505
		Y	485251.0390
		Z	1867476.4880
CHUA	KOUR	X	-170956.5993
		Y	-589490.5088
		Z	2723135.6784
PRET	SANT	X	-2116166.1186
		Y	-517554.9160
		Z	-1219015.4861
JABO	CHUA	X	52536.7507
		Y	-29827.4172
		Z	152724.2256
JABO	PRET	X	-72151.9180
		Y	-86769.5880
		Z	46597.4171
PRET	AGUA	X	-54691.5143
		Y	-93374.6842
		Z	97902.9315

Tabela 6.9: Vetores Observados
dia 075

DE	PARA		Observado (m)
AVAN	FERN	X	23320.0713
		Y	-24938.2310
		Z	90040.6994
AVAN	IBIT	X	78910.5326
		Y	100730.0617
		Z	-65251.2691

Tabela 6.8: Vetores Observados
dia 074

DE	PARA		Observado (m)
CHUA	FORT	X	974838.4908
		Y	515078.6190
		Z	1714752.3566
IBIT	SANT	X	-2119314.5080
		Y	-571923.1034
		Z	-1118941.9858
JABO	CHUA	X	52536.7561
		Y	-29827.3911
		Z	152724.2293
JABO	PRET	X	-72151.8865
		Y	-86769.5915
		Z	46597.4067
JABO	IBIT	X	-69003.6322
		Y	-32401.2117
		Z	-53475.9853
PRET	AGUA	X	-54691.6220
		Y	-93374.7189
		Z	97902.9449
PRET	FERN	X	-52442.2206
		Y	-71299.9739
		Z	55218.5537
PRET	AVAN	X	-75762.2905
		Y	-46361.6484
		Z	-34822.1068

Tabela 6.10: Vetores Observados
dia 076

DE	PARA		Observado (m)
IBIT	FORT	X	1096378.8753
		Y	517652.2747
		Z	1920952.5127
FERN	KOUR	X	6174.1669
		Y	-461248.3468
		Z	2774043.9731
TAQU	SANT	X	-1858451.7240
		Y	-400089.7576
		Z	-1037309.6715
AVAN	FERN	X	23320.1356
		Y	-24938.3324
		Z	90040.6626
AVAN	UEPP	X	-122472.6972
		Y	-47437.7452
		Z	-102752.7258
AVAN	IBIT	X	78910.6262
		Y	100730.0111
		Z	-65251.2929
FERN	SOLT	X	-101223.5003
		Y	-76567.4784
		Z	-12293.8047
UEPP	TAQU	X	-59479.4643
		Y	-23665.7544
		Z	-44130.9400
IBIT	GRA1	X	-110472.0653
		Y	-30735.9623
		Z	-117749.3159

Tabela 6.11: Vetores Observados
dia 327

DE	PARA		Observado (m)
PAUL	FORT	X	820701.9982
		Y	207402.5060
		Z	2016584.5498
BELA	SANT	X	-2333386.2462
		Y	-889795.8514
		Z	-911014.7849
UEPP	KOUR	X	151967.1264
		Y	-438748.9234
		Z	2966837.3163
BUNA	BELA	X	4818.1766
		Y	29299.6262
		Z	-38422.4495
BUNA	PAUL	X	66423.3193
		Y	21676.8118
		Z	73872.7728
BUNA	VALI	X	-89100.1786
		Y	-110124.7169
		Z	41655.2359
VALI	UEPP	X	-321536.8294
		Y	-326616.0069
		Z	90348.1864

Tabela 6.13: Vetores Observados
dia 329

DE	PARA		Observado (m)
REGI	FORT	X	1081479.7895
		Y	347837.8631
		Z	2194537.7376
UEPP	KOUR	X	151967.0921
		Y	-438748.6978
		Z	2966837.2158
REGI	VALI	X	105254.3912
		Y	8633.6729
		Z	145735.7554
REGI	INGA	X	10855.0371
		Y	-46452.6708
		Z	92090.9135
REGI	PEVA	X	-67895.4777
		Y	-91493.5864
		Z	50043.3067
PEVA	UEPP	X	-148387.0240
		Y	-226488.8177
		Z	186040.6311

Tabela 6.12: Vetores Observados
dia 328

DE	PARA		Observado (m)
PAUL	FORT	X	820701.7186
		Y	207402.2937
		Z	2016584.5631
UEPP	KOUR	X	151966.7900
		Y	-438749.2026
		Z	2966837.3119
SAOP	VALI	X	-982.0870
		Y	-34040.2888
		Z	55817.7972
SAOP	PAUL	X	154541.3399
		Y	97761.1798
		Z	88035.3146
SAOP	REGI	X	-106236.4685
		Y	-42673.9365
		Z	-89917.9486
VALI	UEPP	X	-321536.8435
		Y	-326616.0001
		Z	90348.1847

Tabela 6.14: Vetores Observados
dia 332

DE	PARA		Observado (m)
INGA	FORT	X	1070624.6131
		Y	394290.1867
		Z	2102446.9619
UEPP	KOUR	X	151966.9023
		Y	-438749.0827
		Z	2966837.3720
INGA	PEVA	X	-78750.3970
		Y	-45040.9170
		Z	-42047.6493
INGA	BOTU	X	-10852.5107
		Y	-52033.0997
		Z	73778.8216
BOTU	GRAN	X	-125373.6789
		Y	-102064.8673
		Z	-10033.7256
GRAN	UEPP	X	-90911.2986
		Y	-117431.7286
		Z	80247.9099

Tabela 6.15: Vetores Observados

dia 333

DE	PARA		Observado (m)
BOTU	FORT	X	1081477.8593
		Y	446323.8054
		Z	2028668.3050
UEPP	KOUR	X	151967.6058
		Y	-438748.7188
		Z	2966837.5078
BOTU	IBIT	X	-14901.6219
		Y	-71328.7254
		Z	107715.6245
BOTU	GRAN	X	-125373.6511
		Y	-102064.7184
		Z	-10033.6911
GRAN	MARI	X	25369.3347
		Y	-18328.0421
		Z	72442.2379
MARI	UEPP	X	-116280.6290
		Y	-99103.6802
		Z	7805.6664

Tabela 6.17: Vetores Observados

dia 335

DE	PARA		Observado (m)
GRAN	FORT	X	1206850.5115
		Y	548388.9087
		Z	2038701.9998
UEPP	KOUR	X	151966.6140
		Y	-438748.2577
		Z	2966837.5342
UEPP	PANO	X	-17090.2861
		Y	-51922.6787
		Z	75700.2626
UEPP	TAQU	X	-59479.4308
		Y	-23665.7671
		Z	-44130.9475
UEPP	MARI	X	116280.6013
		Y	99103.7417
		Z	-7805.6381
MARI	GRAN	X	-25369.2998
		Y	18328.0569
		Z	-72442.2435

Tabela 6.16: Vetores Observados

dia 334

DE	PARA		Observado (m)
IBIT	FORT	X	1096378.8094
		Y	517652.2424
		Z	1920952.5342
UEPP	KOUR	X	151966.9929
		Y	-438748.9949
		Z	2966837.3413
MARI	PANO	X	-133370.8486
		Y	-151026.4315
		Z	83505.8727
MARI	IBIT	X	85102.7535
		Y	49064.0370
		Z	45307.0537
PANO	SOLT	X	61659.5548
		Y	-2145.3761
		Z	104799.3270
MARI	UEPP	X	-116280.6291
		Y	-99103.6907
		Z	7805.6626

Tabela 6.18: Vetores Observados

dia 337

DE	PARA		Observado (m)
CHUA	FORT	X	974838.4959
		Y	515078.2230
		Z	1714752.2452
UEPP	KOUR	X	151966.9273
		Y	-438749.0610
		Z	2966837.3432
CHUA	UEPP	X	-322923.6305
		Y	-150741.6810
		Z	-243701.6820
CHUA	SAOP	X	-404.6946
		Y	209914.6774
		Z	-389867.6579

6.1.4 Resultados do Pós-Processamento

De posse dos resultados oriundos do processamento passou-se ao pós-processamento que permite a obtenção de uma solução homogênea e única através do uso do programa de ajustamento tridimensional CARNET. Serão apresentados dois resultados, o primeiro relativo à solução de número 08 (vide tabela 6.2) identificado pelo código PR1/8 e o segundo relativo à solução de número 2 (vide tabela 6.2) identificado pelo código PR1/2.

A tabela 6.19 apresenta os resultados obtidos na solução (PR1/8) incluindo, além das coordenadas cartesianas ajustadas e referidas ao sistema de referência ITRF93, o número de identificação e o nome de cada estação.

Tabela 6.19: Coordenadas Cartesianas - Solução PR1/8 - Sistema ITRF93

Estação	Cod.Ítem	X (m)	σ_x (m)	Y (m)	σ_y (m)	Z (m)	σ_z (m)
Água Vermelha	91614	3831167,7679	0,0406	-4620393,9278	0,0346	-2151402,6850	0,0163
Avanhadava	91555	3810097,0768	0,0413	-4573380,9167	0,0343	-2284127,7500	0,0173
Botucatu	91685	3903909,3072	0,0458	-4401322,0890	0,0452	-2457094,6521	0,0242
Cachoeira Paulista	91682	4164684,6364	0,0439	-4162401,1281	0,0376	-2445011,1187	0,0207
Chuaí	91031	4010547,9893	0,0382	-4470077,0466	0,0316	-2143178,8085	0,0152
Fernandópolis	91617	3833417,1658	0,0435	-4598319,2004	0,0363	-2194087,0740	0,0181
Fortaleza	4160M001	4985386,6190	0,0000	-3954998,5810	0,0000	-428426,5420	0,0000
Franca	91612	4045414,2164	0,0428	-4396421,0768	0,0337	-2228473,8592	0,0168
Ibitinga	91616	3889007,6530	0,0399	-4472650,8849	0,0330	-2349379,0348	0,0171
Ilha Bela	91606	4103079,5175	0,0450	-4154778,2465	0,0346	-2557306,3092	0,0197
Ilha Solteira	91556	3732193,6492	0,0472	-4674886,7292	0,0478	-2206380,8979	0,0232
Itapetininga	91683	3914761,8376	0,0440	-4349288,9658	0,0420	-2530873,4765	0,0228
Itapeva	91680	3836011,3957	0,0435	-4394329,8852	0,0428	-2572921,1099	0,0231
Jaboticabal	91613	3958011,2457	0,0415	-4440249,6397	0,0329	-2295903,0353	0,0170
Kourou	97301M210	3839591,4200	0,0000	-5059567,5460	0,0000	579956,8740	0,0000
Limoeiro	91610	4044554,5719	0,0430	-4339988,5378	0,0330	-2336093,5427	0,0172
Marília	91681	3803904,9488	0,0443	-4521714,9468	0,0465	-2394686,1148	0,0232
Panorama	91686	3670534,0871	0,0466	-4672741,3622	0,0536	-2311180,2295	0,0248
Paraibuna	91608	4098261,3644	0,0440	-4184077,9159	0,0339	-2518883,8831	0,0190
Pirassununga	91611	4002794,0782	0,0428	-4359604,9789	0,0331	-2371053,2648	0,0173
Presidente Prudente	91559	3687624,3395	0,0360	-4620818,6626	0,0307	-2386880,4661	0,0147
Registro	91684	3903906,8210	0,0422	-4302836,2800	0,0383	-2622964,3972	0,0213
Salto Grande 1	91554	3778535,6300	0,0430	-4503386,9225	0,0445	-2467128,3665	0,0223
Salto Grande 2	91554	3778535,6060	0,0539	-4503386,8608	0,0443	-2467128,3538	0,0254
Santiago	41705S003	1769693,2320	0,0000	-5044574,1240	0,0000	-3468321,0990	0,0000
São José do Rio Preto	91615	3885859,3403	0,0408	-4527019,2278	0,0333	-2249305,6206	0,0166
São Paulo	91607	4010143,2822	0,0405	-4260162,3173	0,0327	-2533046,4417	0,0177
Taquarussú	91557	3628144,8987	0,0450	-4644484,4174	0,0402	-2431011,4153	0,0207
Valinhos	91609	4009161,1987	0,0396	-4294202,6279	0,0321	-2477228,6439	0,0170

Na tabela 6.20 estão as coordenadas geodésicas do mesmo ajustamento (PR1/8). Os resultados desta solução serão utilizados para a comparação com aqueles obtidos pelo processamento 4 pois, dentre as soluções que se utilizaram das estações fiduciais como injeção, foi esta a que apresentou os menores resíduos após o ajustamento.

Tabela 6.20: Coordenadas Geodésicas - Solução PR1/8 - Sistema ITRF93

Estação	Cod. Inter.	Latitude	Longitude	Alt. Geo. (m)
Água Vermelha	91614	-19° 50' 31,81820"	-50° 20' 05,78215"	390,4234
Avanhandava	91555	-21° 07' 19,29125"	-50° 12' 07,99332"	346,5164
Botucatu	91685	-22° 48' 17,25342"	-48° 25' 38,77009"	745,4893
Cachoeira Paulista	91682	-22° 41' 13,06098"	-44° 59' 03,43671"	620,3982
Chuaí	91031	-19° 45' 43,33915"	-48° 06' 05,69463"	754,0995
Fernandópolis	91617	-20° 15' 08,86026"	-50° 11' 00,65157"	427,6187
Fortaleza	4160M001	-03° 52' 38,80793"	-38° 25' 32,20446"	19,4613
Franca	91612	-20° 34' 54,86653"	-47° 22' 051,4397"	1005,0960
Ibitinga	91616	-21° 45' 17,71146"	-48° 59' 33,95710"	402,4217
Ilha Bela	91606	-23° 47' 33,45016"	-45° 21' 31,31420"	55,0672
Ilha Solteira	91556	-20° 22' 16,36418"	-51° 23' 52,43840"	323,5521
Itapetininga	91683	-23° 31' 45,61107"	-48° 00' 35,50851"	746,8254
Itapeva	91680	-23° 56' 39,04618"	-48° 52' 50,90194"	707,0628
Jaboticabal	91613	-21° 14' 06,59353"	-48° 17' 10,98540"	606,0010
Kourou	97301M210	05° 15' 07,84711"	-52° 48' 21,45361"	-25,7718
Limociro	91610	-21° 37' 30,58993"	-47° 01' 04,84780"	580,0768
Marília	91681	-22° 11' 42,90673"	-49° 55' 39,66510"	637,5226
Panorama	91686	-21° 23' 03,19041"	-51° 50' 58,70186"	333,3392
Paraibuna	91608	-23° 24' 41,19332"	-45° 35' 37,11373"	717,5986
Pirassununga	91611	-21° 57' 54,33205"	-47° 26' 35,67163"	600,7068
Presidente Prudente	91559	-22° 07' 11,66005"	-51° 24' 30,72281"	431,0509
Registro	91684	-24° 26' 31,76499"	-47° 46' 58,63797"	44,3844
Salto Grande 1	91554	-22° 54' 16,09984"	-50° 00' 06,84532"	386,8573
Salto Grande 2	91554	-22° 54' 16,10026"	-50° 00' 06,84457"	386,7947
Santiago	41705S003	-33° 09' 01,04442"	-70° 40' 06,80467"	723,0335
São José do Rio Preto	91615	-20° 07' 04,76640"	-49° 21' 29,46515"	520,8933
São Paulo	91607	-23° 33' 3,050940"	-46° 43' 53,67851"	718,2488
Taquarussá	91557	-22° 33' 04,54895"	-52° 00' 14,45183"	288,7294
Valinhos	91609	-23° 00' 06,16072"	-46° 57' 57,96715"	856,9568

Para a comparação com os processamentos 2 e 3, selecionou-se, após o ajustamento tridimensional, a solução de número 02 (PR1/2) que apresentou os menores resíduos após o ajustamento. Na tabela 6.21 estão discriminados os nomes das estações, o código internacional e as coordenadas cartesianas obtidas após o ajustamento e seus respectivos erros. Já na tabela 6.22, estão as coordenadas geodésicas já convertidas ao sistema WGS-84 e que foram utilizadas na comparação com os dois outros processamentos citados.

Tabela 6.21: Coordenadas Cartesianas - Solução PR1/2 - Sistema WGS-84

Estação	Cod. Inter.	X (m)	Y (m)	Z (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
Água Vermelha	91614	3831168,2154	0,0275	-4620393,4900	0,0258	-2151402,8961	0,0125
Avanhadava	91555	3810097,5258	0,0302	-4573380,4736	0,0283	-2284127,9612	0,0147
Botucatu	91685	3903909,7572	0,0353	-4401321,6505	0,0402	-2457094,8665	0,0221
Cachoeira Paulista	91682	4164685,0964	0,0347	-4162400,7018	0,0357	-2445011,3381	0,0202
Fernandópolis	91617	3833417,6129	0,0328	-4598318,7599	0,0303	-2194087,2845	0,0154
Franca	91612	4045414,6709	0,0307	-4396420,6449	0,0267	-2228474,0778	0,0143
Ibitinga	91616	3889008,1072	0,0276	-4472650,4434	0,0273	-2349379,2476	0,0145
Ilha Bela	91606	4103079,9774	0,0358	-4154777,8265	0,0324	-2557306,5301	0,0188
Ilha Solteira	91556	3732194,0898	0,0405	-4674886,2842	0,0468	-2206381,1007	0,0240
Itapetininga	91683	3914762,2862	0,0352	-4349288,5230	0,0398	-2530873,6870	0,0223
Itapeva	91680	3836011,8492	0,0348	-4394329,4428	0,0405	-2572921,3224	0,0226
Jaboticabal	91613	3958011,6969	0,0272	-4440249,2031	0,0239	-2295903,2496	0,0128
Limoeiro	91610	4044555,0266	0,0308	-4339988,1099	0,0263	-2336093,7605	0,0146
Marília	91681	3803905,3977	0,0313	-4521714,4947	0,0380	-2394686,3246	0,0188
Panorama	91686	3670534,5135	0,0343	-4672740,9005	0,0446	-2311180,4224	0,0207
Paraibuna	91608	4098261,8207	0,0345	-4184077,4922	0,0315	-2518884,1016	0,0182
Pirassununga	91611	4002794,5337	0,0306	-4359604,5505	0,0264	-2371053,4819	0,0148
Presidente Prudente	91559	3687624,7849	0,0243	-4620818,2162	0,0262	-2386880,6754	0,0134
Registro	91684	3903907,2778	0,0333	-4302835,8467	0,0364	-2622964,6096	0,0211
Salto Grande 1	91554	3778536,0790	0,0309	-4503386,4706	0,0373	-2467128,5771	0,0188
Salto Grande 2	91554	3778536,0572	0,0480	-4503386,4213	0,0435	-2467128,5659	0,0250
São José do Rio Preto	91615	3885859,7910	0,0268	-4527018,7901	0,0241	-2249305,8339	0,0125
São Paulo	91607	4010143,7436	0,0297	-4260161,8949	0,0291	-2533046,6621	0,0165
Taquarussú	91557	3628145,3505	0,0329	-4644483,9758	0,0351	-2431011,6278	0,0179
Valinhos	91609	4009161,6537	0,0290	-4294202,2023	0,0292	-2477228,8618	0,0161

Tabela 6.22: Coordenadas Geodésicas - Solução PR1/2 - Sistema WGS-84

Estação	Cod. Inter.	Latitude	Longitude	Alt. Geo. (m)
1 Água Vermelha	91614	-19° 50' 31,82523"	-50° 20' 05,76071"	390,4468
2 Avanhadava	91555	-21° 07' 19,29828"	-50° 12' 07,97154"	346,5431
3 Botucatu	91685	-22° 48' 17,26022"	-48° 25' 38,74809"	745,5453
4 Cachoeira Paulista	91682	-22° 41' 13,06726"	-44° 59' 03,41475"	620,5049
5 Fernandópolis	91617	-20° 15' 08,86727"	-50° 11' 00,63002"	427,6427
6 Franca	91612	-20° 34' 54,87330"	-47° 22' 51,41805"	1005,1638
7 Ibitinga	91616	-21° 45' 17,71831"	-48° 59' 33,93509"	402,4679
8 Ilha Bela	91606	-23° 47' 33,45641"	-45° 21' 31,29222"	55,1786
9 Ilha Solteira	91556	-20° 22' 16,37119"	-51° 23' 52,41695"	323,5543
10 Itapetininga	91683	-23° 31' 45,61772"	-48° 00' 35,48632"	746,8829
11 Itapeva	91680	-23° 56' 39,05296"	-48° 52' 50,87957"	707,1171
12 Jaboticabal	91613	-21° 14' 06,60033"	-48° 17' 10,96365"	606,0546
13 Limoeiro	91610	-21° 37' 30,59655"	-47° 01' 04,82610"	580,1542
14 Marília	91681	-22° 11' 42,91374"	-49° 55' 39,64295"	637,5491
15 Panorama	91686	-21° 23' 03,19743"	-51° 50' 58,68031"	333,3168
16 Paraibuna	91608	-23° 24' 41,19962"	-45° 35' 37,09181"	717,7006
17 Pirassununga	91611	-21° 57' 54,33869"	-47° 26' 35,64984"	600,7810
18 Presidente Prudente	91559	-22° 07' 11,66722"	-51° 24' 30,70095"	431,0638
19 Registro	91684	-24° 26' 31,77147"	-47° 46' 58,61562"	44,4595
20 Salto Grande 1	91554	-22° 54' 16,10720"	-50° 00' 06,82253"	386,8342
21 Salto Grande 2	91554	-22° 54' 16,10688"	-50° 00' 06,82306"	386,8863
22 São José do Rio Preto	91615	-20° 47' 04,77333"	-49° 21' 29,44347"	520,9330
23 São Paulo	91607	-23° 33' 03,05740"	-46° 43' 53,65646"	718,3448
24 Taquarussú	91557	-22° 33' 04,55620"	-52° 00' 14,42985"	288,7463
25 Valinhos	91609	-23° 00' 06,16724"	-46° 57' 57,94527"	857,0414

6.2 Processamento 2

Para efeitos de comparação considerou-se um segundo processamento da rede realizado por Segantine (1995), o PR2. Este autor realizou os cálculos utilizando o programa OMNI³ para o processamento das linhas de base e o programa de pós-processamento MAINE PAC⁴ para a realização do ajustamento vetorial da rede. Os resultados encontrados estão transcritos na tabela 6.23. Neste processamento foram utilizados como parâmetros (Segantine, 1995):

- processamento por dupla diferença de fase;
- sistema de referência WGS-84;
- ponto inunção o vértice Chuá;
- uso de efemérides precisas do NGS;
- uso do modelo da troposfera denominado Marini;
- uso de modelo de atmosfera denominado Saastamoinen;
- devido ao comprimento dos lados a ambigüidade não foi resolvida;
- uso da combinação de frequências conhecida como *ionospheric-free combination*.

³ OMNI - Programa desenvolvido no NGS sob a supervisão do Dr. Gerard Mader

⁴ MAINE PAC - Programa de ajustamento desenvolvido pelo Dr. Alfred Leick da Universidade do Maine, Estados Unidos

Tabela 6.23: Coordenadas Geodésicas - Sistema WGS-84

<i>Estação</i>	<i>Cod. Inter.</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Alt. Geo. (m)</i>
Água Vermelha	91614	-19° 50' 31,8255"	-50° 20' 05,7624"	390,7100
Avanhandava	91555	-21° 07' 19,2984"	-50° 12' 07,9719"	346,5830
Botucatu	91685	-22° 48' 17,2604"	-48° 25' 38,7494"	745,3640
Cachoeira Paulista	91682	-22° 41' 13,0674"	-44° 59' 03,4114"	620,3490
Fernandópolis	91617	-20° 15' 08,8674"	-50° 11' 00,6300"	427,7380
Franca	91612	-20° 34' 54,8732"	-47° 22' 51,4192"	1004,9960
Ibitinga	91616	-21° 45' 17,7184"	-48° 59' 33,9352"	402,5070
Ilha Bela	91606	-23° 47' 33,4564"	-45° 21' 31,2933"	55,1630
Ilha Solteira	91556	-20° 22' 16,3709"	-51° 23' 52,4191"	323,5300
Itapetininga	91683	-23° 31' 45,6182"	-48° 00' 35,4867"	746,7960
Itapeva	91680	-23° 56' 39,0533"	-48° 52' 50,8810"	706,9820
Jaboticabal	91613	-21° 14' 06,6002"	-48° 17' 10,9652"	606,1670
Limoeiro	91610	-21° 37' 30,5968"	-47° 01' 04,8283"	580,3130
Marília	91681	-22° 11' 42,9139"	-49° 55' 39,6426"	637,4880
Panorama	91686	-21° 23' 03,1975"	-51° 50' 58,6798"	333,2750
Paraibuna	91608	-23° 24' 41,1994"	-45° 35' 37,0937"	717,6700
Pirassununga	91611	-21° 57' 54,3387"	-47° 26' 35,6513"	600,8950
Presidente Prudente	91559	-22° 07' 11,6675"	-51° 24' 30,7010"	431,0810
Registro	91684	-24° 26' 31,7718"	-47° 46' 58,6167"	44,3320
Salto Grande 1	91554	-22° 54' 16,1071"	-50° 00' 06,8234"	386,8070
Salto Grande 2	91554	-22° 54' 16,1071"	-50° 00' 06,8234"	386,8070
São José do Rio Preto	91615	-20° 47' 04,7732"	-49° 21' 29,4442"	521,0820
São Paulo	91607	-23° 33' 03,0575"	-46° 43' 53,6588"	718,3140
Taquarussú	91557	-22° 33' 04,5562"	-52° 00' 14,4312"	288,7460
Valinhos	91609	-23° 00' 06,1671"	-46° 57' 57,9481"	857,0050

Fonte: Segantine, 1995

6.3 Processamento 3

Um terceiro processamento importante (PR3) foi realizado na Universidade de Nottingham utilizando os mesmos programas do presente trabalho, GAS e CARNET. Os resultados são apresentados em Monico, (1995) e as coordenadas finais transcritas na tabela 6.24. Este trabalho envolveu apenas 5 estações da rede São Paulo pois, o mesmo teve como objetivo estudo das redes inter-continentais GPS de alta precisão. No referido trabalho o autor utilizou os seguinte parâmetros (Monico, 1995):

- uso de efemérides precisas do JPL;
- fixação das estações fiduciais de Goldstone, Richmond e Santiago;

- uso do sistema de referência ITRF93 reduzido à época das observações;
- consideração do efeito da maré terrestre;
- consideração do efeito da maré oceânica;
- uso de polinômio de segunda ordem para modelar o atraso troposférico zenital.

A partir dos resultados da tabela 6.24 foi utilizado o programa de transformação já mencionado para se obter as coordenadas geodésicas que encontram-se listadas na tabela 6.25 e estão referidas ao sistema ITRF93.

Tabela 6.24: Coordenadas Cartesianas - Sistema ITRF93 (Época 01/07/1992)

<i>Estação</i>	<i>Cod. Inter.</i>	<i>X (m)</i>	<i>σ (mm)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>σ (mm)</i>	<i>Z (m)</i>	<i>σ (mm)</i>
Avanhandava	91555	3810097,072	92	-4573380,840	99	-2284127,728	41
Chuá	91031	4010548,056	44	-4470077,052	47	-2143178,822	26
Ilha Solteira	91556	3732193,628	95	-4674886,685	102	-2206380,873	43
Presidente Prudente	91559	3687624,341	21	-4620818,589	25	-2386880,455	14
Salto Grande	91554	3778535,627	88	-4503386,815	100	-2467128,351	43
Taquarussú	91557	3628144,889	87	-4644484,387	98	-2431011,407	42

Fonte: Monico, 1995

Tabela 6.25: Coordenadas Geodésicas - Sistema ITRF93 (Época 01/07/1992)

<i>Estação</i>	<i>Cod. Inter.</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Alt. Geo. (m)</i>
Avanhandava	91555	-21° 07' 19,2913"	-50° 12' 07,9917"	346,4504
Chuá	91031	-19° 45' 43,3390"	-48° 06' 05,6930"	754,1493
Ilha Solteira	91556	-20° 22' 16,3640"	-51° 23' 52,4380"	323,4984
Presidente Prudente	91559	-22° 07' 11,6600"	-51° 24' 30,7228"	431,0510
Salto Grande 1	91554	-22° 54' 16,1004"	-50° 00' 06,8430"	386,7733
Taquarussú	91557	-22° 33' 04,5491"	-52° 00' 14,4514"	288,6983

6.4 Processamento 4

Finalmente um quarto processamento (PR4) foi realizado envolvendo os dados de todas as estações da rede GPS com a utilização do Programa TRIMVEC Plus⁵ - versão D para o cálculo da linhas de base e do programa GHOST⁶ desenvolvido pelo Geodetic Survey do Canadá e utilizado no DEGED para o pós-processamento ou seja, para o ajustamento tridimensional e homogeneização com vista a obtenção de uma única solução para as coordenadas das estações. Este processamento utilizou os seguintes parâmetros:

- processamento da tripla diferença, *ionospheric free-combination*
- uso de efemérides transmitidas;
- sistema de referência SAD-69;
- uso do vértice Chua^{*}, origem como injunção;

Os dados obtidos pelo IBGE, referidos ao sistema SAD-69⁷ (cf. tabela 6.26), foram convertidos para o sistema WGS-84 (cf. tabela 6.27) para permitir a comparação. O ajustamento realizado pela equipe do IBGE envolveu na realidade todos os vértices da rede planimétrica brasileira incluindo-se também os 24 pontos da rede GPS do Estado de São Paulo.

⁵ TRIMVEC-PLUS - Programa comercial desenvolvido e comercializado pela Trimble Navigation

⁶ GHOST - Geodetic adjustment using Helmert blocking Of Space and Terrestrial data

^{*} Pereira, K. D. (IBGE/DEGED) **Comunicação Pessoal**, 1996.

⁷ SAD-69 - South American Datum 1969

Tabela 6.26: Coordenadas Geodésicas - Sistema SAD-69

<i>Estação</i>	<i>Cod Int</i>	<i>Latitude</i>	<i>σ (m)</i>	<i>Longitude</i>	<i>σ (m)</i>	<i>Alt. G. (m)</i>	<i>σ (m)</i>
Água Vermelha	91614	-19° 50' 30,150301"	0,0318	-50° 20' 04,086789"	0,1241	397,6918	0,0628
Avanhandava	91555	-21° 07' 17,601348"	0,0245	-50° 12' 06,286802"	0,0905	352,6980	0,0480
Botucatu	91685	-22° 48' 15,519431"	0,0146	-48° 25' 37,093232"	0,0545	751,5507	0,0318
Cachoeira Paulista	91682	-22° 41' 11,295179"	0,0141	-44° 59' 01,863471"	0,0536	629,2118	0,0305
Fernandópolis	91617	-20° 15' 07,184231"	0,0290	-50° 10' 58,953862"	0,1091	434,6742	0,0567
Franca	91612	-20° 34' 53,159408"	0,0225	-47° 22' 49,819220"	0,0911	1013,8147	0,0487
Ibitinga	91616	-21° 45' 15,999285"	0,0154	-48° 59' 32,277374"	0,0560	409,0732	0,0327
Ilha Bela	91606	-23° 47' 31,668701"	0,0175	-45° 21' 29,717256"	0,0675	62,4387	0,0374
Ilha Solteira	91556	-20° 22' 14,697884"	0,0228	-51° 23' 50,707111"	0,0798	329,4282	0,0507
Itapetininga	91683	-23° 31' 43,861634"	0,0132	-48° 00' 33,833203"	0,0484	752,4853	0,0282
Itapeva	91680	-23° 56' 37,300134"	0,0136	-48° 52' 49,196311"	0,0496	711,6713	0,0291
Jaboticabal	91613	-21° 14' 04,883576"	0,0181	-48° 17' 09,331910"	0,0729	613,6759	0,0384
Limoeiro	91610	-21° 37' 28,861004"	0,0238	-47° 01' 03,224559"	0,0976	588,3064	0,0518
Marília	91681	-22° 11' 41,197712"	0,0126	-49° 55' 37,952463"	0,0465	642,9576	0,0282
Panorama	91686	-21° 23' 01,513465"	0,0148	-51° 50' 56,944675"	0,0544	337,9462	0,0344
Paraibuna	91608	-23° 24' 39,420596"	0,0138	-45° 35' 35,514199"	0,0517	725,1688	0,0294
Pirassununga	91611	-21° 57' 52,601499"	0,0209	-47° 26' 34,033671"	0,0859	608,3239	0,0452
Presidente Prudente	91559	-22° 07' 09,967785"	0,0102	-51° 24' 28,970312"	0,0364	435,4227	0,0228
Registro	91684	-24° 26' 29,998246"	0,0143	-47° 46' 56,959224"	0,0485	49,2979	0,0287
Salto Grande	91554	-22° 54' 14,381109"	0,0133	-50° 00' 05,120834"	0,0497	391,5913	0,0296
São José do Rio Preto	91615	-20° 47' 03,073916"	0,0243	-49° 21' 27,786277"	0,0941	528,0758	0,0490
São Paulo	91607	-23° 33' 01,287443"	0,0108	-46° 43' 52,043078"	0,0385	724,8403	0,0228
Taquarussú	91557	-22° 33' 02,856418"	0,0164	-52° 00' 12,679447"	0,0610	292,1565	0,0379
Valinhos	91609	-23° 00' 04,408833"	0,0114	-46° 57' 56,332171"	0,0419	863,9191	0,0244

Fonte: IBGE, 1996

Tabela 6.27: Coordenadas Geodésicas - Sistema WGS-84

<i>Estação</i>	<i>Cod. Inter.</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Alt. Geo. (m)</i>
Água Vermelha	91614	-19° 50' 31,82443"	-50° 20' 05,75989"	390,3846
Avanhadava	91555	-21° 07' 19,29745"	-50° 12' 07,97015"	346,4430
Botucatu	91685	-22° 48' 17,26005"	-48° 25' 38,74548"	745,4733
Cachoeira Paulista	91682	-22° 41' 13,06838"	-44° 59' 03,41112"	620,4923
Chua	91031	-19° 45' 43,34590"	-48° 06' 05,67319"	754,1502
Fernandópolis	91617	-20° 15' 08,86650"	-50° 11' 00,62710"	427,6159
Franca	91612	-20° 34' 54,87338"	-47° 22' 51,41592"	1004,8831
Ibitinga	91616	-21° 45' 17,71754"	-48° 59' 33,93369"	402,4534
Ilha Bela	91606	-23° 47' 33,45700"	-45° 21' 31,28945"	55,0427
Ilha Solteira	91556	-20° 22' 16,37035"	-51° 23' 52,41503"	323,4518
Itapetininga	91683	-23° 31' 45,61796"	-48° 00' 35,48208"	746,7736
Itapeva	91680	-23° 56' 39,05342"	-48° 52' 50,87603"	707,0065
Jaboticabal	91613	-21° 14' 06,60022"	-48° 17' 10,96202"	606,0342
Limoeiro	91610	-21° 37' 30,59642"	-47° 01' 04,82185"	580,0684
Marília	91681	-22° 11' 42,91330"	-49° 55' 39,64049"	637,4696
Panorama	91686	-21° 23' 03,19693"	-51° 50' 58,67638"	333,2484
Paraibuna	91608	-23° 24' 41,20002"	-45° 35' 37,08891"	717,5753
Pirassununga	91611	-21° 57' 54,33850"	-47° 26' 35,64730"	600,7205
Presidente Prudente	91559	-22° 07' 11,66679"	-51° 24' 30,69876"	431,0374
Registro	91684	-24° 26' 31,77123"	-47° 46' 58,61318"	44,2823
Salto Grande	91554	-22° 54' 16,10678"	-50° 00' 06,81968"	386,8164
São José do Rio Preto	91615	-20° 47' 04,77279"	-49° 21' 29,44212"	520,8498
São Paulo	91607	-23° 33' 03,05751"	-46° 43' 53,65408"	718,2032
Taquarussú	91557	-22° 33' 04,55534"	-52° 00' 14,42958"	288,6432
Valinhos	91609	-23° 00' 06,16757"	-46° 57' 57,94358"	856,9339

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em função do seu caráter pioneiro, em se tratando de Brasil, a rede GPS do Estado de São Paulo possibilitou aos diferentes grupos, que colaboraram nas campanhas de observação, a realização do processamento dos dados utilizando diferentes programas. Este fato ocasionou a obtenção de vários conjuntos de coordenadas para os vértices da referida rede. Com os diferentes resultados obtidos surgiu a possibilidade e a necessidade da análise comparativa dos mesmos. Esta análise é de grande importância pois, a partir do uso e do conhecimento de diferentes programas, pode-se avaliar os diferentes resultados e conseqüentemente a escolha do melhor conjunto de coordenadas garantindo uma rede homogênea e com coordenadas confiáveis. No item 7.1 serão analisados os diferentes resultados obtidos pelo autor. No item 7.2 serão analisados comparativamente os resultados obtidos pelo autor e por mais três diferentes pesquisadores.

7.1 Análise do Processamento 1

Os resultados do processamento 1 foram obtidos após o ajustamento com o programa CARNET, descrito no capítulo 4 deste trabalho. Os mesmos serão abordados sob três diferentes aspectos: o primeiro considerando quatro diferentes efemérides precisas; no segundo os resultados serão analisados considerando a influência do efeito da maré terrestre; e finalmente serão analisados os resultados utilizando duas distintas alternativas de injunções: o vértice Chuá exclusivamente e as estações fiduciais Fortaleza, Kourou e Santiago pertencentes à rede mundial de monitoramento, mantida e coordenada pelo IGS.

7.1.1 Diferentes Efemérides

Para esta análise foram utilizados no processamento quatro diferentes efemérides precisas divulgadas pelas seguintes instituições internacionais: COD, IGS, JPL e NGS. O propósito desta análise foi o de verificar o grau de coerência entre as diversas efemérides analisando a diferença de coordenadas obtidas após o ajustamento. A partir das diferenças obteve-se a média e o erro médio quadrático para os eixos coordenados x , y e z e para o vetor resultante como pode-se observar nas quatro tabelas 7.1 a 7.4. As mesmas apresentam os resultados comparativos entre as 16 diferentes soluções, sendo que a primeira tabela é o resultado das seguintes condições:

- Chuá como injunção;
- WGS-84 como sistema de referência;
- Não considerou-se o efeito da maré terrestre.

Tabela 7.1: Comparação Entre Diferentes Efemérides (Maré Terrestre não Considerada)

Diferenças com Chuá e WGS-84	Méd. _x (mm)	σ_x (mm)	Méd. _y (mm)	σ_y (mm)	Méd. _z (mm)	σ_z (mm)	Méd. _r (mm)	$\sigma_{r\text{méd}}$ (mm)
S01 (JPL) - S02 (IGS)	4,2	8,7	13,4	0,4	0,5	0,4	13,9	8,8
S01 (JPL) - S09 (COD)	-9,5	11,0	2,9	2,9	2,2	2,9	14,2	6,1
S01 (JPL) - S10 (NGS)	14,1	22,6	23,2	0,5	4,9	0,5	30,0	8,8
S02 (IGS) - S09 (COD)	-13,8	19,7	-10,5	2,5	1,7	2,5	9,4	8,7
S02 (IGS) - S10 (NGS)	9,8	31,3	9,8	0,1	4,4	0,1	26,5	10,7
S09 (COD) - S10 (NGS)	23,6	11,6	20,3	2,4	2,7	2,4	29,5	7,1

Os resultados da segunda tabela levaram em consideração o efeito da maré terrestre, mantendo as duas primeiras.

Tabela 7.2: Comparação Entre Diferentes Efemérides (Maré Terrestre Considerada)

Diferenças com Chud e WGS-84	Méd. _x (mm)	σ_x (mm)	Méd. _y (mm)	σ_y (mm)	Méd. _z (mm)	σ_z (mm)	Méd. _{res} (mm)	σ_{resul} (mm)
S03 (JPL) - S04 (IGS)	5,1	8,7	12,4	21,8	0,4	0,8	13,1	8,4
S03 (JPL) - S11 (COD)	-9,0	11,3	1,6	6,0	1,9	3,0	13,7	6,0
S03 (JPL) - S12 (NGS)	13,7	24,6	21,4	9,0	4,1	0,1	27,1	8,4
S04 (IGS) - S11 (COD)	-14,0	20,0	-10,8	15,8	1,5	2,2	9,4	8,7
S04 (IGS) - S12 (NGS)	8,7	33,3	9,0	12,8	3,7	0,7	24,8	10,1
S11 (COD) - S12 (NGS)	22,7	13,3	19,7	3,0	2,3	2,9	27,5	6,5

Os cálculos mostrados na tabela 7.3 compreendem as seguintes condições:

- Estações fiduciais como injeção;
- ITRF93 como sistema de referência;
- Não considerou-se o efeito da maré terrestre.

Tabela 7.3: Comparação Entre Diferentes Efemérides (Maré Terrestre não Considerada)

Diferenças com Fiduciais e ITRF93	Méd. _x (mm)	σ_x (mm)	Méd. _y (mm)	σ_y (mm)	Méd. _z (mm)	σ_z (mm)	Méd. _{res} (mm)	σ_{resul} (mm)
S05 (JPL) - S06 (IGS)	37,7	3,7	40,5	41,4	7,5	12,6	60,8	10,0
S05 (JPL) - S13 (COD)	9,8	11,3	-16,4	9,3	1,4	4,1	20,0	7,9
S05 (JPL) - S14 (NGS)	20,8	3,0	-22,5	19,3	-6,4	0,6	33,3	9,4
S06 (IGS) - S13 (COD)	-27,5	7,6	-57,4	32,1	-6,1	8,5	64,3	11,1
S06 (IGS) - S14 (NGS)	-16,4	6,7	-63,4	22,1	-13,8	12,0	67,7	12,8
S13 (COD) - S14 (NGS)	11,1	14,4	-6,0	10,0	-7,7	3,5	18,9	9,5

Finalmente, na tabela 7.4 repetiu-se as condições anteriores, porém corrigindo do efeito da maré terrestre.

Tabela 7.4: Comparação Entre Diferentes Efemérides (Maré Terrestre Considerada)

Diferenças com Fiduciais e ITRF93	Méd. _x (mm)	σ_x (mm)	Méd. _y (mm)	σ_y (mm)	Méd. _z (mm)	σ_z (mm)	Méd. _{res} (mm)	σ_{resul} (mm)
S07 (JPL) - S08 (IGS)	26,9	4,5	40,1	38,1	8,6	12,7	53,0	28,6
S07 (JPL) - S15 (COD)	7,8	11,3	-16,1	7,8	0,2	3,6	18,9	11,2
S07 (JPL) - S16 (NGS)	14,8	1,9	-21,5	20,0	-8,2	0,4	29,3	13,9
S08 (IGS) - S15 (COD)	-19,1	6,8	-56,2	30,3	-8,4	9,1	60,1	31,8
S08 (IGS) - S16 (NGS)	-12,1	6,4	-61,7	18,1	-16,9	12,2	65,7	18,9
S15 (COD) - S16 (NGS)	7,0	13,2	-5,5	12,2	-8,5	3,2	17,7	2,9

Observa-se que nas duas últimas colunas das tabelas 7.1 e 7.2 o erro médio quadrático é sempre maior quando a efeméride envolvida é a divulgada pelo NGS. Isto pode ser justificado pelo fato que esta efeméride, na época da observação, estava sendo

fornecida sem as correções dos relógios dos satélites, obrigando dessa maneira o uso das correções encontradas nas efemérides transmitidas. Em relação às outras efemérides, considerando que a rede tem uma abrangência regional, pode-se verificar que as mesmas se equivalem mostrando que pequenas diferenças nas órbitas dos satélites não determinam grandes diferenças de coordenadas. Já na análise das tabelas 7.3 e 7.4 observa-se que o erro médio quadrático é sempre maior que os outros quando está envolvida a efeméride gerada pelo IGS. Isto não implica que a mesma seja mal determinada pois, sabe-se que esta efeméride é resultante da combinação ponderada envolvendo sete diferentes efemérides. Dessa forma, apesar do erro médio quadrático ser maior, a mesma é melhor adaptada em termos globais pois utiliza estações de rastreamento espalhadas por todo o globo terrestre. Além disso o IGS, na época das campanhas de observação da rede São Paulo, se utilizou dos dados rastreados pela estação Fortaleza. Mais recentemente passaram a utilizar também os dados rastreados pela estação Brasília que passou a integrar a rede mundial. Estes fatores contribuem para que as efemérides divulgadas por este instituto sejam mais bem adaptadas ao continente Sul-americano. Portanto, o erro médio quadrático encontrado após as comparações indicam na verdade que a efeméride do IGS foi melhor determinada no continente Sul-americano diferentemente das outras que foram determinadas para aplicações no hemisfério norte.

7.1.2 Efeito da Maré Terrestre

Deve-se ter em mente que a força de maré é o efeito diferencial entre a atração no centro de massa e na superfície da Terra, provocada pela ação gravitacional do Sol e da Lua. Como a Terra não é um corpo rígido, essas forças provocam

deformações resultando na alteração do campo gravitacional terrestre e, em consequência, variações na aceleração dos satélites. Além disso, as coordenadas das estações rastreadas também sofrem mudanças devido a este efeito e que podem provocar movimentos de até 15 cm devido ao Sol e de até 32 cm devido à Lua (Monico, 1995). Este assunto poderá ser visto com maior profundidade em Gemael, (1986). Na tabela 7.5, encontram-se a média e o erro médio quadrático para cada eixo coordenado e para o vetor resultante.

Tabela 7.5: Influência do Efeito da Maré Terrestre

Referência	Solução S C	Sobre o Eixo	Média (mm)	σ (mm)
WGS-84 Chuí	S01 - S03	X	-5,9	4,0
		Y	5,2	3,8
		Z	1,9	1,6
		$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$	8,1	5,8
	S02 - S04	X	-5,1	4,0
		Y	4,1	3,6
Z		1,8	2,1	
$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$		6,8	5,7	
ITRF93 Fiduciais	S05 - S07	X	35,0	5,2
		Y	-24,1	6,4
		Z	-13,0	1,1
		$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$	44,5	7,9
	S06 - S08	X	61,9	9,8
		Y	16,0	44,5
Z		-4,4	13,8	
$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$		72,4	0,6	
WGS-84 Chuí	S09 - S11	X	-5,3	4,4
		Y	3,9	3,5
		Z	1,6	1,7
		$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$	6,8	5,9
	S10 - S12	X	-6,2	6,1
		Y	3,3	2,1
Z		1,2	1,2	
$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$		3,5	2,4	
ITRF93 Fiduciais	S13 - S15	X	33,0	5,2
		Y	-23,7	4,9
		Z	-14,1	0,6
		$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$	43,1	6,9
	S14 - S16	X	28,9	6,4
		Y	-23,3	7,1
Z		-14,9	0,9	
$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$		40,0	9,0	

S - No ajustamento não foi considerado o efeito da maré terrestre

C - No ajustamento foi considerando o efeito da maré terrestre

Esses cálculos foram efetuados após a realização das diferenças entre as soluções em que foi considerado o efeito da maré terrestre, indicadas com a letra *C*, e as soluções em que não foi considerado aquele efeito, indicadas pela letra *S*. Cabe lembrar que todos os outros parâmetros se mantiveram inalterados para cada conjunto comparado, permitindo a obtenção de resultados influenciados apenas dos efeitos da força de maré sobre a crosta dos continentes.

A partir da análise da tabela 7.5 verifica-se a não existência de deformações diferenciais que poderiam provocar variações consideráveis nas coordenadas quando utilizou-se como inunção o vértice Chuá. Quando utilizou-se como inunção as estações fiduciais que encontram-se afastadas da rede GPS do Estado de São Paulo por distâncias superiores a 2000 Km, a média das diferenças mostra a necessidade de ser considerado o efeito da maré terrestre.

7.1.3 Fixação de Distintas Estações

Estão resumidos na tabela 7.6 os resultados das diferenças entre soluções em que considerou-se como inunção o vértice Chuá e soluções onde considerou-se como inunção as estações fiduciais de Fortaleza, Kourou e Santiago. Nesta análise todos os outros parâmetros foram mantidos constantes calculando-se a média e o erro médio quadrático para cada eixo e para o vetor resultante. Para a transformação das coordenadas do sistema WGS-84 para ITRF93 e vice-versa utilizou-se o programa ITRF (anexo A).

Tabela 7.6: Injunções: Chuá x Fiduciais

Referencial	Solução C F*	Diferenças sobre o Eixo	Média (mm)	σ (mm)
WGS - 84	S01 - S05	ΔX	469,6	1,6
		ΔY	808,9	23,4
		ΔZ	410,4	13,6
		$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	1021,5	12,3
	S02 - S06	ΔX	501,7	9,4
		ΔY	835,3	2,5
		ΔZ	417,5	25,7
		$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	1060,3	3,7
ITRF93	S03 - S07	ΔX	509,0	2,5
		ΔY	780,2	22,6
		ΔZ	395,8	12,7
		$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	1012,2	11,2
	S04 - S08	ΔX	530,3	9,9
		ΔY	806,9	4,2
		ΔZ	404,0	24,6
		$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	1046,9	1,3
WGS - 84	S09 - S11	ΔX	488,1	2,5
		ΔY	788,7	19,4
		ΔZ	409,6	14,8
		$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	1014,1	7,9
	S10 - S12	ΔX	491,4	6,0
		ΔY	771,0	25,9
		ΔZ	401,4	10,6
		$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	998,7	12,8
ITRF93	S11 - S15	ΔX	525,3	3,3
		ΔY	761,8	19,0
		ΔZ	394,1	13,4
		$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	1005,9	7,4
	S12 - S16	ΔX	525,6	7,1
		ΔY	745,3	22,2
		ΔZ	385,5	10,1
		$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	990,3	9,0

*C - Fixou-se o vértice Chuá

F - Fixou-se as estações de Fortaleza, Kourou e Santiago

A tabela 7.7 apresenta a média ponderada utilizando como peso o inverso do desvio padrão e o respectivo erro médio da média de todas as diferenças, em relação aos eixos coordenados. Esta tabela foi obtida a partir da tabela 7.6.

Tabela 7.7: Média Ponderada das Diferenças da Tabela 7.6

<i>Eixo</i>	<i>Média (mm)</i>	<i>σ (mm)</i>
ΔX	489,19	4,96
ΔY	825,31	10,82
ΔZ	398,73	10,49
$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	1044,53	19,12

Pode ser observado na tabela 7.6 e 7.7 que existe uma diferença na posição espacial do vértice Chuá de aproximadamente 1 metro. Sabe-se que as coordenadas do referido vértice, no sistema WGS-84, foram determinadas por posicionamento absoluto com rastreamento durante um período de 24 dias na época do sistema de posicionamento TRANSIT. As coordenadas foram calculadas utilizando-se o programa GEODOP5 e efemérides precisas (Fortes *et al.*, 1989), obtendo-se as seguintes coordenadas: $X = 4010551,96$ m, $Y = -4470080,51$ m e $Z = -2143180,91$ m. O erro médio quadrático apurado foi de: $\sigma_X = 0,40$ m, $\sigma_Y = 0,45$ m e $\sigma_Z = 0,42$ m. Sabe-se também que o erro absoluto estimado para as coordenadas determinadas pelo sistema TRANSIT variam entre 1 e 2 metros (Seeber, 1993). Ao analisar as tabelas 7.6 e 7.7 verifica-se que as diferenças encontradas são menores que o erro absoluto estimado, mencionado acima. Em resumo, este resultado mostra que a diferença entre as coordenadas oficiais do vértice Chuá, definidas e divulgadas pelo IBGE e, as coordenadas transportadas a partir das estações fiduciais e convertidas ao mesmo sistema está na ordem de 1 metro com um erro provável de 19 cm. Sugere-se dessa forma a aplicação da referida correção nas coordenadas do vértice Chuá e consequentemente nos parâmetros de transformação entre os sistemas WGS-84 e SAD-69.

7.2 Análise dos Diferentes Processamentos

Na comparação das coordenadas da rede GPS do Estado de São Paulo foram utilizados os resultados obtidos por quatro diferentes processamentos. Dentre os quatro processamentos, três englobaram todos os 24 pontos da rede estadual e um processamento utilizou-se de apenas 5 estações da referida rede. Não se pode deixar de lembrar que a estação de Salto Grande, aparece em alguns processamentos discriminada em dois resultados 1 e 2, pois a posição da antena não foi a mesma nas duas campanhas realizadas tendo em vista a não existência do dispositivo de centragem forçada durante a primeira campanha de observação. Desta forma, tomou-se o cuidado no momento do processamento de tratar o ponto com distinção para evitar o erro existente na referida posição. Houve inicialmente a necessidade de se converter os diferentes ajustamentos à um mesmo sistema de referência no caso o sistema WGS-84 e o sistema ITRF93.

A tabela 7.8, 7.9 e 7.10 indicam as diferenças em latitude, longitude e altura geométrica respectivamente entre os diversos processamentos. Todos os resultados apresentados nas tabelas, encontram-se em milímetros e as diferenças foram realizadas entre as soluções obtidas no sistema WGS-84 (PR2, PR4 e PR1/2) e entre as soluções obtidas no sistema ITRF93 (PR3 e PR1/8).

Tabela 7.8: Diferenças em Latitude (mm)

Estação	Cod. Inter.	PR1-PR2	PR1-PR1/2	PR2-PR1/2	PR3-PR1/8
		WGS-84	WGS-84	WGS-84	ITRF93
Água Vermelha	91614	33,1	24,7	-8,3	
Avanhandava	91555	29,4	25,6	-3,7	0,00000
Botucatu	91685	10,8	5,3	-5,6	
Cachoeira Paulista	91682	-30,3	-34,6	-4,3	
Chusi	91031	n/c	n/c	n/c	0,00017
Fernandópolis	91617	27,8	23,8	-4,0	
Franca	91612	-5,6	-2,5	3,1	
Ibitinga	91616	26,6	23,8	-2,8	
Ilha Bela	91606	-18,5	-18,2	0,3	
Ilha Solteira	91556	176,0	26,0	9,0	0,00017
Itapetininga	91683	7,4	-7,4	-14,8	
Itapeva	91680	-3,7	-14,2	-10,5	
Jaboticabal	91613	-0,6	3,4	4,0	
Limociro	91610	11,7	4,0	-7,7	
Maria	91681	-18,5	13,6	-4,9	
Panorama	91686	17,6	15,5	-2,2	
Paraibuna	91608	-19,2	-12,4	6,8	
Pirassununga	91611	6,2	5,9	-0,3	
Presidente Prudente	91559	21,9	13,3	-8,7	-0,00034
Registro	91684	17,6	7,4	-10,2	
Salto Grande 1	91554	9,9	13,0	3,1	-0,00043
Salto Grande 2	91554	9,9	3,1	-6,8	
São José do Rio Preto	91615	12,7	16,7	4,0	
São Paulo	91607	-0,3	-3,4	-3,1	
Taquarussú	91557	26,6	26,6	0,0	-0,00017
Valinhos	91609	-14,5	-10,2	4,3	
MÉDIA		8,5	6,0	-2,5	-0,00010
MÉDIA ABSOLUTA		15,9	14,2	5,3	0,00021

Fontes: PR1/2 e PR1/8 - Fonseca Jr, 1996; PR2 - Segantine, 1995; PR3 - Monico, 1995; PR4 - IBGE/DEGED, 1996

Tabela 7.9: Diferenças em Longitude (mm)

Estação	Cod. Inter.	PR1-PR2	PR1-PR1/2	PR2-PR1/2	PR3-PR1/8
		WGS-84	WGS-84	WGS-84	ITRF93
Água Vermelha	91614	77,6	25,3	-52,2	
Avanhandava	91555	54,1	43,0	-11,1	0,0014
Botucatu	91685	121,1	80,6	-40,5	
Cachoeira Paulista	91682	8,7	112,2	103,5	
Chusi	91031	n/c	n/c	n/c	0,0014
Fernandópolis	91617	89,6	90,2	0,6	
Franca	91612	101,4	65,8	-35,5	
Ibitinga	91616	46,7	43,3	-3,4	
Ilha Bela	91606	119,0	85,6	-33,4	
Ilha Solteira	91556	125,8	59,3	-66,4	0,0003
Itapetininga	91683	142,8	131,0	-11,7	
Itapeva	91680	153,6	109,4	-44,2	
Jaboticabal	91613	98,3	50,4	-47,9	
Limociro	91610	199,3	131,3	-67,9	
Maria	91681	65,2	76,0	10,8	
Panorama	91686	105,7	121,4	15,8	
Paraibuna	91608	148,0	89,6	-58,4	
Pirassununga	91611	123,6	78,5	-45,1	
Presidente Prudente	91559	69,2	67,7	-1,5	0,0014
Registro	91684	108,8	75,4	-33,4	
Salto Grande 1	91554	114,9	88,1	-26,9	0,0020
Salto Grande 2	91554	114,9	104,4	-10,5	
São José do Rio Preto	91615	64,3	41,7	-22,6	
São Paulo	91607	145,8	73,5	-72,3	
Taquarussú	91557	50,1	8,3	-41,7	0,0003
Valinhos	91609	139,7	52,2	-87,4	
MÉDIA		103,5	76,2	-27,3	0,0011
MÉDIA ABSOLUTA		103,5	76,2	37,8	0,0011

Fontes: PR1/2 e PR1/8 - Fonseca Jr, 1996; PR2 - Segantine, 1995; PR3 - Monico, 1995; PR4 - IBGE/DEGED, 1996

Tabela 7.10: Diferenças na Altura Geométrica (mm)

Estação	Cod. Inter.	PR3-PR2 WGS-84	PR3-PR1/2 WGS-84	PR3-PR1/2 WGS-84	PR3-PR1/8 ITRF93
Água Vermelha	91614	-325,4	-62,2	263,2	
Avanhandava	91555	-140,0	-100,1	39,9	-6,60
Botucatu	91685	109,3	-72,0	-181,3	
Cachoeira Paulista	91682	143,3	-12,6	-155,9	
Chuí	91031	n/c	n/c	n/c	5,14
Fernandópolis	91617	-122,1	-26,8	95,3	
Franca	91612	-112,9	-280,7	-167,8	
Ibitinga	91616	-53,6	-14,5	39,1	
Ilha Bela	91606	-120,3	-135,9	-15,6	
Ilha Solteira	91556	-78,2	-102,5	-24,3	-5,32
Itapetininga	91683	-22,4	-109,3	-86,9	
Itapeva	91680	24,5	-110,6	-135,1	
Jaboticabal	91613	-132,8	-20,4	112,4	
Limoeiro	91610	-244,6	-85,8	158,8	
Mariaia	91681	-18,4	-79,5	-61,1	
Panorama	91686	-26,6	-68,4	-41,8	
Paralimna	91608	-94,7	-125,3	-30,6	
Pirassununga	91611	-174,5	-60,5	114,0	
Presidente Prudente	91559	-43,6	-26,4	17,2	-5,71
Registro	91684	-49,7	-177,2	-127,5	
Salto Grande 1	91554	9,4	-17,8	-27,2	-8,42
Salto Grande 2	91554	9,4	-69,9	-79,3	
São José do Rio Preto	91615	-232,2	-83,2	149,0	
São Paulo	91607	-110,8	-141,6	-30,8	
Taquarussu	91557	-102,8	-103,1	-0,3	-3,06
Valinhos	91609	-71,1	-107,5	-36,4	
MÉDIA		-79,3	87,8	-8,5	-4,00
MÉDIA ABSOLUTA		102,9	-87,8	87,6	5,71

Fontes: PR1/2 e PR1/8 - Fonseca Jr, 1996; PR2 - Segantine, 1995; PR3 - Monico, 1995; PR4 - IBGE/DEGED, 1996

As as menores diferenças, envolvendo as três coordenadas, foram obtidas ao se comparar as soluções PR3 e PR1/2. Por outro lado, o resultado identificado por PR4 apresenta diferenças maiores quando comparado com PR2 e PR1/2. Este resultado pode ser explicado tendo em vista que o ajustamento levado a efeito pelo IBGE, envolveu além dos 24 pontos da rede GPS, todos os pontos da rede clássica planimétrica brasileira. Na comparação com o resultado do ajustamento identificado por PR3 e PR1/8, referido ao sistema ITRF93, verificou-se diferenças extremamente pequenas em longitude e latitude e da ordem de poucos milímetros em altura. As mesmas contribuem para comprovar a necessidade da correção das coordenadas do vértice origem do sistema brasileiro dos valores apresentados na tabela 7.7.

7.3 Análise das Coordenadas do Vértice Chuá

De posse das coordenadas geodésicas do Vértice Chuá obtidos no processamento PR1/8, e transcritas na tabela 7.11, estimou-se as respectivas precisões ao nível de 3σ ou seja, com grau de confiança de 99,73%.

Tabela 7.11: Precisão do Vértice Chuá

<i>Estação</i>	<i>Cod. Inter.</i>		<i>Coordenadas</i>	σ	3σ
Chuá	91031	Latitude	-19° 45' 43,33915"	9,1 mm	27,3 mm
		Longitude	-48° 06' 05,69463"	32,5 mm	97,5 mm
		Altura	754,0995 m	39,3 mm	117,9 mm

Paralelamente, Monico (1995) realizou um experimento que consistiu em recuperar as coordenadas de uma estação fiducial, Santiago, partindo da estação fiducial Richmond2 distante da primeira de aproximadamente 8200 km. Foi considerado o efeito da maré terrestre e utilizadas as efemérides precisas do IGS. Foram processadas seis sessões de 24 horas. Na tabela 7.12 estão transcritas as diferenças obtidas entre as coordenadas de Santiago divulgadas pelo IGS e as coordenadas recuperadas.

Tabela 7.12: Recuperação de Santiago

<i>Estação</i>	<i>Direções</i>	<i>Diferenças</i>
Santiago	Norte	15 mm
	Este	-45 mm
	Altura	70 mm

Comparando os resultados das tabelas 7.11 e 7.12, sem considerar o sinal, verifica-se que os mesmos são aproximadamente da mesma ordem de grandeza. Desse modo, admite-se que as diferenças encontradas na recuperação das coordenadas da

estação Santiago possam ser utilizadas para se estimar a incerteza das coordenadas de Chuá, transportadas de Fortaleza, Kourou e Santiago. Tomando-se a resultante dos valores da tabela 7.12 ou seja um valor de 84,6 mm e acrescentando ao mesmo 10 cm da incerteza da localização do ITRF93 em relação ao centro de massa da Terra e 2 cm relativo a precisão absoluta na determinação das coordenadas das estações fiduciais (Blewit *et al*, 1992) estima-se que as coordenadas transportadas até Chuá tem uma incerteza de 204,6 mm.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1 Conclusões

Apoiado nos estudos, nos resultados obtidos e nas análises executadas neste trabalho, podem ser tiradas as seguintes conclusões:

- ◆ O conjunto de programas de processamento e ajustamento, GAS / CARNET, da Universidade de Nottingham, é bastante versátil porém com um certo grau de dificuldade de uso. Sua maior vantagem é a possibilidade de montagem de um arquivo de controle contendo todos os parâmetros definidos pelo usuário. O problema maior está no procedimento utilizado para a correção das perdas de ciclo, realizado de forma manual, ocasionando a perda de muito tempo nesta etapa;
- ◆ A partir da análise das tabelas 7.1, 7.2, 7.3 e 7.4 do capítulo 7, conclui-se que o processamento das linhas de base com diferentes efemérides precisas não indicou diferenças significativas nos resultados obtidos. De forma geral, as diferenças encontradas se mantiveram na ordem de grandeza igual ou inferior ao do erro médio quadrático oriundo do ajustamento.
- ◆ Na análise do efeito da maré terrestre, indicado na tabela 7.5 do capítulo 7, pode-se concluir que para o ajustamento da rede GPS do Estado de São Paulo, utilizando-se como inunção o vértice Chuá, o efeito da maré terrestre pode ser desprezado pois, teoricamente, todas as estações foram influenciadas do mesmo efeito da maré terrestre não provocando portanto, distorções diferenciais. Quando considera-se como inunção as estações fiduciais, Fortaleza, Kourou e Santiago, pode-se observar

que ocorre um aumento significativo na média das diferenças. Isso indica a necessidade de se considerar o efeito da maré terrestre já que tais estações estão afastadas da rede São Paulo por uma distância igual ou superior a 2000 km. Convém lembrar que os resultados estão baseados na consideração de uma crosta homogênea.

- ◆ Os resultados descritos nas tabelas 7.6 e 7.7 do capítulo 7 indicam uma diferença na posição do vértice Chuá da ordem de 1 metro quando compara-se as coordenadas definidas pelo IBGE com as transportadas a partir das estações fiduciais;
- ◆ Já, na análise das tabelas 7.8, 7.9 e 7.10 do capítulo 7 conclui-se que os resultados identificados por PR2 e PR1/2 apresentam a menor diferença. Enquanto o resultado identificado por PR4 apresenta uma diferença e que pode ser justificada tendo em conta as opções utilizadas no processamento (item 76.4) e não esquecendo que o ajustamento tridimensional envolveu além dos 24 pontos da rede GPS, todos os pontos da rede clássica brasileira.
- ◆ A comparação realizada com os resultados de PR3 e PR1/8 apresentam coerência tendo em conta que as estações comparadas foram processadas com dados coletados em épocas distintas, diferentes estações fixas, sistema ITRF93 referido a épocas distintas porém, utilizando o mesmo programa.
- ◆ Com base no exposto nas tabelas 7.6 e 7.7 e com os resultados obtidos no item 7.3 conclui-se que diferença entre as coordenadas oficiais do vértice Chuá e as transportadas a partir das estações fiducias é de 1044,53 mm com uma incerteza de 204,6 mm.

8.2 Recomendações

Com a experiência adquirida na execução deste trabalho apresenta-se a seguir, algumas recomendações que possam ser úteis em futuros projetos de pesquisa e para o aprimoramento da rede GPS do Estado de São Paulo:

- Por questões de facilidade de aquisição via Internet, recomenda-se o uso da efemérides precisas divulgadas pelo IGS. Outro fator preponderante é o fato da mesma ser oriunda de uma combinação de diferentes efemérides e, envolver dados de estações de coleta no território brasileiro o que permite calcular melhor as órbitas dos satélites quando passam sobre o Brasil;
- Com o intuito de tornar a rede GPS do Estado de São Paulo disponível para uma quantidade maior de usuários, principalmente empresas de topografia que ainda utilizam técnicas convencionais, recomenda-se a implantação de marcos de azimuth próximos aos vértices já implantados;
- Aprofundar nos estudos da influência do efeito da maré terrestre localmente pois, sabemos que a crosta não é homogênea podendo sofrer deformações diferenciais que podem apresentar variação bastante significativa provocando assim, variações nas coordenadas;
- Integrar a rede GPS do Estado de São Paulo com as outras redes existentes no país, como por exemplo, a rede do Estado do Paraná, para que se possa tornar as coordenadas compatíveis;

- Realizar uma nova campanha de observação da rede tendo em vista o aumento da quantidade satélites disponíveis e a nova série de receptores, de baixo ruído, com vistas a melhoria dos resultados e o cálculo das velocidades;
- Recomenda-se a padronização, a nível nacional, do diâmetro do pino de centragem forçada utilizados nas redes de precisão;
- Proceder ao nivelamento geométrico de todos os vértices para dispor da posição tridimensional de cada vértice;
- Tornar mais clara as informações de descrição e itinerário, contidas no descritivo de cada estação;
- Realizar, sempre que possível, processamentos com diferentes programas com vista à análise mais cuidadosa e melhoria dos resultados;
- Desenvolver estudos sobre a variação temporal da posição de alguns vértices da rede GPS do Estado de São Paulo, podendo ser iniciado este estudo, pela estação de Presidente Prudente, integrante da RBMC.
- Reavaliação das coordenadas do vértice Chuá refereridas ao sistema WGS-84 e consequentemente dos parâmetros de transformação entre os sistemas WGS-84 e SAD-69.

ANEXO A: PROGRAMA PARA TRANSFORMAÇÃO DE SISTEMAS

```

C****
C**** PROGRAMA DE TRANSFORMACAO DE SISTEMAS
C**** DESENVOLVIDO POR EDVALDO SIMOES DA FONSECA JUNIOR
C**** SAO PAULO, NOVEMBRO DE 1995
C****
C**** ENTRADA:
C**** ARQUIVO NO FORMATO ASCII CONTENDO COORDENADAS CARTESIANAS
C**** EXEMPLO: SOLXX.OAA ONDE: XX = NUM. DA SOL. E OAA= SIST. REF. ORIGEM
C**** EXEMPLO: SOL11.O93
C****
C**** SAIDA:
C**** ARQUIVO NO FORMATO ASCII COM COORDENADAS CARTESIANAS
TRANSFORMADAS
C**** EXEMPLO: SOLXX.DAA.ONDE: XX = NUM. DA SOL. E DAA= SIST. REF. DEST.
C**** EXEMPLO: SOL11.D84
C****
    INCLUDE 'FGRAPH.FI'
    INCLUDE 'FGRAPH.FD'
C****
C**** DIMENSIONA AS VARIAVEIS
C****
    CHARACTER*6 SD
    CHARACTER*11 NOME
    CHARACTER*15 ARQE, ARQS
    CHARACTER*79 TIT
    INTEGER*2, OPC, I1, I2, I3, I4, W1, W2, W3, W4
    DOUBLE PRECISION X, SX, Y, SY, Z, SZ, XNS, YNS, ZNS
C****
    CALL CLEARSCREEN ($GCCLEARSCREEN)
C****
    WRITE (*,100)
    100 FORMAT(///// ,10X,'NOME DO ARQUIVO A SER CONVERTIDO? ',)
    READ (*,105) ARQE
    105 FORMAT (A15)
    WRITE (*,110)
    110 FORMAT(///// ,10X,'NOME DO ARQUIVO DE SAIDA    ? ',)
    READ (*,115) ARQS
    115 FORMAT (A15)
C****
    CALL CLEARSCREEN ($GCCLEARSCREEN)
C****
    WRITE (*,120)
    120 FORMAT (/,20X,'OPCOES PARA TRANSFORMACAO DE SISTEMAS',/)
    WRITE (*,130)
    130 FORMAT (10X,' 1: ITRF93 -> ITRF92',15X,' 2: ITRF92 -> ITRF93')
    WRITE (*,140)
    140 FORMAT (10X,' 3: ITRF93 -> ITRF91',15X,' 4: ITRF91 -> ITRF93')
    WRITE (*,150)
    150 FORMAT (10X,' 5: ITRF93 -> ITRF90',15X,' 6: ITRF91 -> ITRF92')
    WRITE (*,160)

```

```

160 FORMAT (10X,' 7: ITRF93 -> WGS-84',15X,' 8: ITRF90 -> ITRF93')
   WRITE (*,170)
170 FORMAT (10X,' 9: ITRF92 -> ITRF91',15X,' 10: ITRF90 -> ITRF92')
   WRITE (*,180)
180 FORMAT (10X,'11: ITRF92 -> ITRF90',15X,' 12: ITRF90 -> ITRF91')
   WRITE (*,190)
190 FORMAT (10X,'13: ITRF92 -> WGS-84',15X,' 14: WGS-84 -> ITRF93')
   WRITE (*,200)
200 FORMAT (10X,'15: ITRF91 -> ITRF90',15X,' 16: WGS-84 -> ITRF92')
   WRITE (*,210)
210 FORMAT (10X,'17: ITRF91 -> WGS-84',15X,' 18: WGS-84 -> ITRF91')
   WRITE (*,220)
220 FORMAT (10X,'19: ITRF90 -> WGS-84',15X,' 20: WGS-84 -> ITRF90')
   WRITE (*,230)
230 FORMAT (//,10X,'QUAL A SUA OPCAO ? ',\ )
   READ (*,240) OPC
240 FORMAT (I2)
C****
  I1 = 0
  I2 = 0
  I3 = 0
  I4 = 0
  W1 = 0
  W2 = 0
  W3 = 0
  W4 = 0
C****
  IF (OPC.EQ.1) THEN
    I1 = 1
    SD = 'ITRF92'
  ELSE IF (OPC.EQ.2) THEN
    W4 = 1
    SD = 'ITRF93'
  ELSE IF (OPC.EQ.3) THEN
    I1 = 1
    I2 = 1
    SD = 'ITRF91'
  ELSE IF (OPC.EQ.4) THEN
    W3 = 1
    W4 = 1
    SD = 'ITRF93'
  ELSE IF (OPC.EQ.5) THEN
    I1 = 1
    I2 = 1
    I3 = 1
    SD = 'ITRF90'
  ELSE IF (OPC.EQ.6) THEN
    W3 = 1
    SD = 'ITRF92'
  ELSE IF (OPC.EQ.7) THEN
    I1 = 1
    I2 = 1
    I3 = 1
    I4 = 1
    SD = 'WGS-84'
  ELSE IF (OPC.EQ.8) THEN
    W2 = 1
    W3 = 1

```

```
        W4 = 1
        SD = 'TTRF93'
ELSE IF (OPC.EQ.9) THEN
        I2 = 1
        SD = 'TTRF91'
ELSE IF (OPC.EQ.10) THEN
        W2 = 1
        W3 = 1
        SD = 'TTRF92'
ELSE IF (OPC.EQ.11) THEN
        I2 = 1
        I3 = 1
        SD = 'TTRF90'
ELSE IF (OPC.EQ.12) THEN
        W2 = 1
        SD = 'TTRF91'
ELSE IF (OPC.EQ.13) THEN
        I2 = 1
        I3 = 1
        I4 = 1
        SD = 'WGS-84'
ELSE IF (OPC.EQ.14) THEN
        W1 = 1
        W2 = 1
        W3 = 1
        W4 = 1
        SD = 'TTRF93'
ELSE IF (OPC.EQ.15) THEN
        I3 = 1
        SD = 'TTRF90'
ELSE IF (OPC.EQ.16) THEN
        W1 = 1
        W2 = 1
        W3 = 1
        SD = 'TTRF92'
ELSE IF (OPC.EQ.17) THEN
        I3 = 1
        I4 = 1
        SD = 'WGS-84'
ELSE IF (OPC.EQ.18) THEN
        W1 = 1
        W2 = 1
        SD = 'TTRF91'
ELSE IF (OPC.EQ.19) THEN
        I4 = 1
        SD = 'WGS-84'
ELSE IF (OPC.EQ.20) THEN
        W1 = 1
        SD = 'TTRF90'
END IF
C****
  CALL CLEARSCREEN ($GCCLEARSCREEN)
C****
C**** ABERTURA DOS ARQUIVOS
C****
  OPEN (UNIT=1, FILE=ARQE)
  OPEN (UNIT=2, FILE=ARQS)
C****
```

```

C**** LEITURA DO ARQUIVO ORIGEM
C****
  READ (1,246) SO, NAO
  246 FORMAT (A6,1X,A9)
  READ (1,247) TIT
  247 FORMAT (A79)
  WRITE (2,248) SD, ARQS
  248 FORMAT (A6,1X,A9)
  WRITE (2,247) TIT
  270 READ (1,280,END=999,ERR=888) NOME, X, SX, Y, SY, Z, SZ
  280 FORMAT (A11,1X,F13.4,2X,F6.4,1X,F13.4,2X,F6.4,1X,F13.4,2X,F6.4)
C****
C**** CHAMA A SUBROTINA DE PARAMETROS
C****
  XNS = 0.0D0
  YNS = 0.0D0
  ZNS = 0.0D0
C****
  CALL PARAM (X,Y,Z,I1,I2,I3,I4,W1,W2,W3,W4,XNS,YNS,ZNS)
C****
C**** GRAVA OS RESULTADOS NO ARQUIVO DE SAIDA
C****
  WRITE (2,290) NOME, XNS, SX, YNS, SY, ZNS, SZ
  290 FORMAT (A11,1X,F13.4,2X,F6.4,1X,F13.4,2X,F6.4,1X,F13.4,2X,F6.4)
  GOTO 270
C****
C**** ENCONTROU ERRO OU O FINAL DE ARQUIVO
C****
  888 WRITE (*,*) (' ERRO DE LEITURA NO ARQUIVO')
  GOTO 1000
  999 WRITE (*,*) (' FINAL DE PROCESSAMENTO')
  1000 STOP
  END
C****
  SUBROUTINE PARAM (X,Y,Z,I1,I2,I3,I4,W1,W2,W3,W4,XNS,YNS,ZNS)
C****
  INTEGER*2 I1, I2, I3, I4, W1, W2, W3, W4
  DOUBLE PRECISION X, Y, Z, XNS, YNS, ZNS
  DOUBLE PRECISION T1, T2, T3, D, R1, R2, R3
C****
C**** PARAMETROS DE TRANSFORMACAO DE ITRF93 PARA ITRF92
C****
  IF (I1.EQ.1) THEN
    T1 = 0.2D0
    T2 = 0.7D0
    T3 = 0.7D0
    D = -1.2D-9
    R1 = 0.3900D0/1000.0D0
    R2 = -0.8000D0/1000.0D0
    R3 = 0.9600D0/1000.0D0
    CALL ROTAC (X,Y,Z,R1,R2,R3,D,T1,T2,T3,XNS,YNS,ZNS)
    X = XNS
    Y = YNS
    Z = ZNS
  END IF
  IF (I2.EQ.1) THEN
C****
C**** PARAMETROS DE TRANSFORMACAO DE ITRF92 PARA ITRF91

```



```

C****
      T1 = 1.1D0
      T2 = 1.4D0
      T3 = -0.6D0
      D = 1.4D-9
      R1 = 0.0000D0
      R2 = 0.0000D0
      R3 = 0.0000D0
      CALL ROTAC (X,Y,Z,R1,R2,R3,D,T1,T2,T3,XNS,YNS,ZNS)
      X = XNS
      Y = YNS
      Z = ZNS
    END IF
    IF (I3.EQ.1) THEN
C****
C**** PARAMETROS DE TRANSFORMACAO DE ITRF91 PARA ITRF90
C****
      T1 = 0.1D0
      T2 = -0.4D0
      T3 = -1.6D0
      D = 3.0D-10
      R1 = 0.0000D0
      R2 = 0.0000D0
      R3 = 0.0000D0
      CALL ROTAC (X,Y,Z,R1,R2,R3,D,T1,T2,T3,XNS,YNS,ZNS)
      X = XNS
      Y = YNS
      Z = ZNS
    END IF
    IF (I4.EQ.1) THEN
C****
C**** PARAMETROS DE TRANSFORMACAO DE ITRF90 PARA WGS-84
C****
      T1 = 6.0D0
      T2 = -51.7D0
      T3 = -22.3D0
      D = -1.10D-8
      R1 = 0.0183D0
      R2 = -0.0003D0
      R3 = -0.0070D0
      CALL ROTAC (X,Y,Z,R1,R2,R3,D,T1,T2,T3,XNS,YNS,ZNS)
      X = XNS
      Y = YNS
      Z = ZNS
    END IF
    IF (W1.EQ.1) THEN
C****
C**** PARAMETROS DE TRANSFORMACAO DE WGS-84 PARA ITRF90
C****
      T1 = -6.0D0
      T2 = 51.7D0
      T3 = 22.3D0
      D = 1.10D-8
      R1 = -0.0183D0
      R2 = 0.0003D0
      R3 = 0.0070D0
      CALL ROTAC (X,Y,Z,R1,R2,R3,D,T1,T2,T3,XNS,YNS,ZNS)
      X = XNS

```

```

        Y = YNS
        Z = ZNS
    END IF
    IF (W2.EQ.1) THEN
C****
C**** PARAMETROS DE TRANSFORMACAO DE ITRF90 PARA ITRF91
C****
        T1 = -0.1D0
        T2 = 0.4D0
        T3 = 1.6D0
        D = -3.0D-10
        R1 = 0.0000D0
        R2 = 0.0000D0
        R3 = 0.0000D0
        CALL ROTAC (X,Y,Z,R1,R2,R3,D,T1,T2,T3,XNS,YNS,ZNS)
        X = XNS
        Y = YNS
        Z = ZNS
    END IF
    IF (W3.EQ.1) THEN
C****
C**** PARAMETROS DE TRANSFORMACAO DE ITRF91 PARA ITRF92
C****
        T1 = -1.1D0
        T2 = -1.4D0
        T3 = 0.6D0
        D = -1.4D-9
        R1 = 0.0000D0
        R2 = 0.0000D0
        R3 = 0.0000D0
        CALL ROTAC (X,Y,Z,R1,R2,R3,D,T1,T2,T3,XNS,YNS,ZNS)
        X = XNS
        Y = YNS
        Z = ZNS
    END IF
    IF (W4.EQ.1) THEN
C****
C**** PARAMETROS DE TRANSFORMACAO DE ITRF92 PARA ITRF93
C****
        T1 = -0.2D0
        T2 = -0.7D0
        T3 = -0.7D0
        D = 1.2D-9
        R1 = -0.3900D0/1000.0D0
        R2 = 0.8000D0/1000.0D0
        R3 = -0.9600D0/1000.0D0
        CALL ROTAC (X,Y,Z,R1,R2,R3,D,T1,T2,T3,XNS,YNS,ZNS)
        X = XNS
        Y = YNS
        Z = ZNS
    END IF
    RETURN
    END
C****
    SUBROUTINE ROTAC (X,Y,Z,R1,R2,R3,D,T1,T2,T3,XNS,YNS,ZNS)
C****
    DOUBLE PRECISION X, Y, Z, XNS, YNS, ZNS, PI, RAD
    DOUBLE PRECISION T1, T2, T3, D, R1, R2, R3

```

```
C****
  PI = 3.14159265359D0
  RAD = PI / (3600.0D0 * 180.0D0)
C****
C**** APLICA OS PARAMETROS NA TRANSFORMACAO DE SISTEMAS
C****
C**** OBS: TRANSLACAO (T1, T2, T3) DIVIDIDA POR 100 PARA
C**** COMPATIBILIZAR AS UNIDADES (METRO)
C****
  XNS = ((D*X) + ((-R3*RAD)*Y) + ((R2*RAD)*Z)) + (T1/100.D0) + X
  YNS = (((R3*RAD)*X) + (D*Y) + ((-R1*RAD)*Z)) + (T2/100.D0) + Y
  ZNS = (((-R2*RAD)*X) + ((R1*RAD)*Y) + (D*Z)) + (T3/100.D0) + Z
C****
  RETURN
  END
```

ANEXO B: MONOGRAFIA DAS ESTAÇÕES

Nas páginas seguintes encontram-se as monografias das 25 estações integrantes da rede GPS do Estado de São Paulo incluindo-se a monografia do ponto origem do Sistema Geodésico Brasileiro, o vértice Chuá. É apresentada além do nome da estação, o código internacional, as coordenadas geodésicas oficiais no sistema SAD-69, as coordenadas convertidas ao sistema WGS-84, as coordenadas UTM nos dois sistemas já citados, a altura geométrica nos sistemas SAD-69 e WGS-84 e a altura ortométrica, quando disponível, referidas ao datum Imbituba. Além disso tem-se uma foto e um croqui de cada estação, a localização e da descrição do ponto. As mesmas são apresentadas em ordem crescente segundo o código internacional (Tabela B.1).

Tabela B.1: Ordem de Apresentação das Estações

<i>Cód. Inter.</i>	<i>Estação</i>
91031	Chuá
91554	Salto Grande
91555	Avanhandava
91556	Ilha Solteira
91557	Taquarussú
91559	Presidente Prudente
91606	Ilha Bela
91607	São Paulo
91608	Paraibuna
91609	Valinhos
91610	Limoeiro
91611	Pirassununga
91612	Franca
91613	Jaboticabal
91614	Água Vermelha
91615	São José do Rio Preto
91616	Ibitinga
91617	Fernandópolis
91680	Itapeva
91681	Marília
91682	Cachoeira Paulista
91683	Itapetininga
91684	Registro
91685	Botucatu
91686	Panorama



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91031	Nome do Ponto: VT-CHUÁ	Município/UF: UBERABA/MG
Coordenadas Geodésicas ①		
S.A.D. - 6.9	W.G.S. - 8.4	W.G.S. - 8.4
$\phi = -19^{\circ} 45' 41,65270''$	$\phi = -19^{\circ} 45' 43,34588''$	N = 7812295,471 m
$\lambda = -48^{\circ} 06' 04,06390''$	$\lambda = -48^{\circ} 06' 05,67317''$	E = 803792,792 m
Alt. Geom. (h) = 763,2819 m	Alt. Geométrica (h) = 754,1502 m	Altura Ortométrica (H) = 762,9219 m

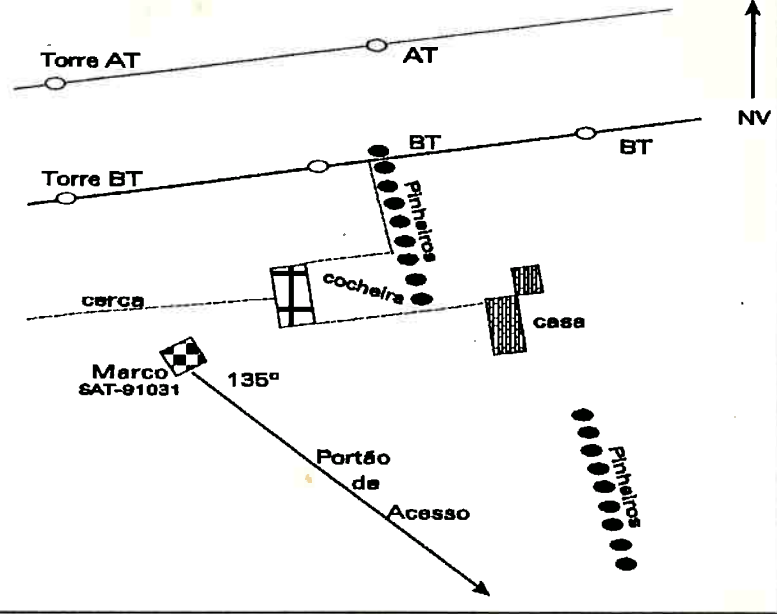
Localização: Às margens da BR-262, entre as cidades de Uberaba e Campo Florido, nas terras da Fazenda Providência, antiga Fazenda 2M, a aproximadamente 170m do leito da estrada.

Descrição: A estação é materializada por uma chapa metálica do CNG, sobre uma base de concreto. É circundada por uma caixa de proteção, por uma base adicional, ambas de concreto. É encimada por uma plataforma de concreto armado, fundida em duas pilastras de apoio, essa plataforma possui dispositivo de centragem forçada, padrão USP, com $\phi = 13,5$ mm, coincidente com a vertical do centro da estação e seu topo, dista 1,197m da chapa do CNG

Foto



Croqui de Localização



① - Coordenadas Oficiais, divulgadas pelo IBGE
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91554	Nome do Ponto: SALTO GRANDE	Município/UF: SALTO GRANDE/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
SAD - 69	WGS - 84	SAD - 69
$\phi = -22^{\circ} 54' 14,38111''$	$\phi = -22^{\circ} 54' 16,10678''$	N = 7466751,821 m
$\lambda = -50^{\circ} 00' 05,12083''$	$\lambda = -50^{\circ} 00' 06,81968''$	E = 602411,991 m
Alt. Geom. (H) = 391,5913 m	Alt. Geométrica (h) = 386,8164 m	Altura Ortométrica (H) = - m

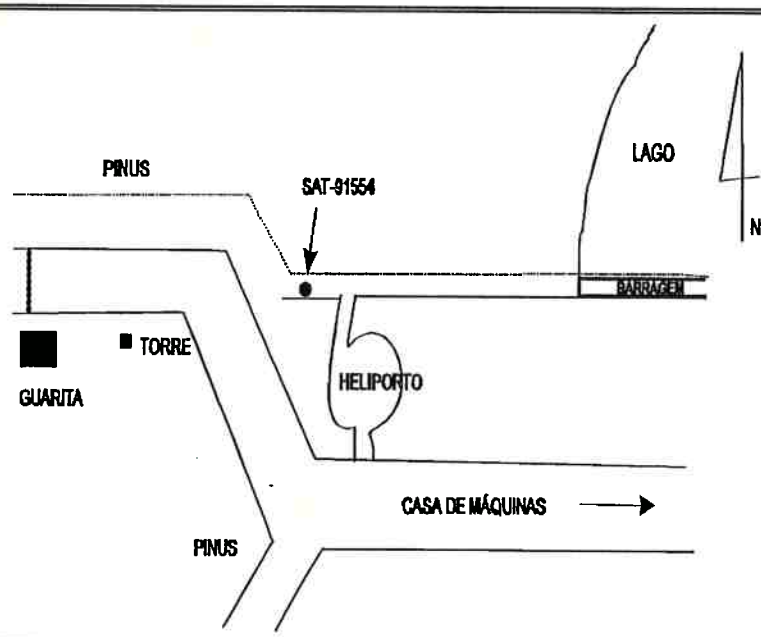
Localização: A estação está localizada nas dependências da Usina Hidrelétrica Lucas Nogueira Garcez em Salto Grande/SP, a noroeste de um Heliporto.

Descrição: A estação consiste de um prisma reto de concreto com bases quadradas de 0,36 x 0,35m e elevando-se 1,22m de uma base do mesmo material, de dimensões 1 x 1m, no topo tem uma chapa metálica quadrada de lado 0,20m sendo que esta possui em seu centro um dispositivo de centragem forçada, padrão CESP, $\phi = 5/8''$ onde foram referenciadas as observações.

Foto



Croqui de Localização



① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

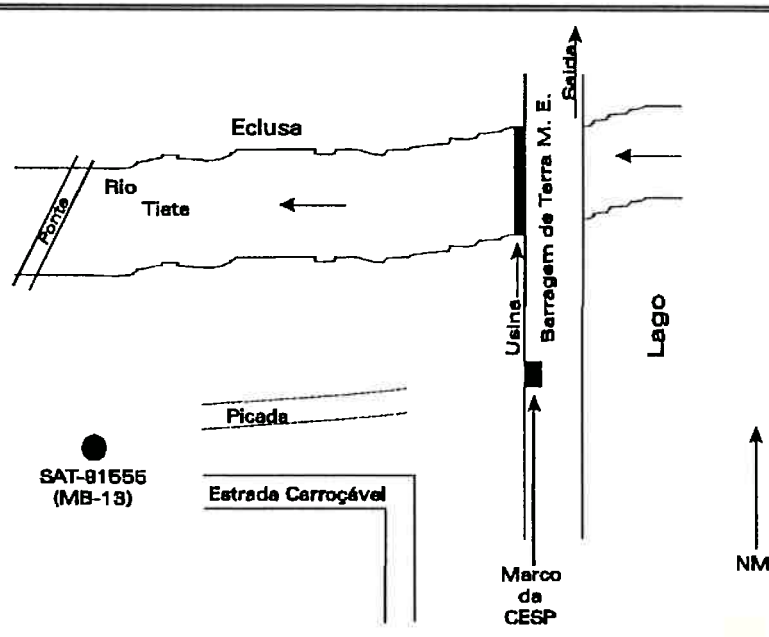
Código do Ponto: 91555	Nome do Ponto: AVANHANDAVA	Município/UF: BURITAMA/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
SAD - 69	WGS - 84	SAD - 69
$\phi = -21^{\circ} 07' 17,60135''$	$\phi = -21^{\circ} 07' 19,29745''$	N = 7664183,174 m
$\lambda = -50^{\circ} 12' 06,28680''$	$\lambda = -50^{\circ} 12' 07,97015''$	E = 582896,501 m
Alt. Geom. (h) = 352,6980 m	$\sigma = \pm 0,0480$ m	Altura Ortométrica (H) = - m

Localização: O marco está localizado na margem esquerda do rio Tiete, dentro da área da CESP, onde funciona a Usina Hidrelétrica Nova Avanhandava, no município de Buritama - SP a sudoeste da referida cidade.

Foto



Croqui de Localização



Descrição: O marco é de cimento de forma cilíndrica, fica no pilar da CESP (MB-13) e mede 1,20 m de altura, em uma de suas bases existe um pino de RN que mede 0,05m. No topo está cravado um pino de centragem forçada com $\phi = 5/8''$.

① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91556	Nome do Ponto: ILHA SOLTEIRA	Município/UF: SELVÍRIA - MS
Coordenadas Geodésicas \odot		
SAD - 6.9	WGS - 8.4	WGS - 8.4
$\phi = -20^{\circ} 22' 14,69788''$ $\sigma: \pm 0,0228$ m	$\phi = -20^{\circ} 22' 16,37035''$	N = 7747389,096 m E = 458476,489 m
$\lambda = -51^{\circ} 23' 50,70711''$ $\sigma: \pm 0,0798$ m	$\lambda = -51^{\circ} 23' 52,41503''$	E = 458525,726 m
Alt. Geom. (h) = 329,4282 m $\sigma: \pm 0,0507$ m		
Alt. Ortométrica (H) = - m		
<p>Localização: A oeste da represa de Ilha Solteira, em terras doadas pela CESP à Universidade Estadual Paulista - UNESP, o local é conhecido como Fazenda UNESP</p>		
<p>Descrição: A estação é um pilar cilíndrico de concreto, com 0,45m de diâmetro por 1,20m de alt., fundido em uma base de concreto armado com 2,10m de altura. O marco é da CESP, e é usado para controle da barragem da ilha, possui dispositivo de centragem forçada padrão CESP, $\phi = 5/8''$, cor branca, tem o número 6 estampado em sua face oeste, tampa de ferro c/ cadeado, chave no laboratório de Eng. Civil da Usina (Eng. Euclydes Cestari ou Sr. José R. Aquino)</p>		
Foto		
Croqui de Localização		


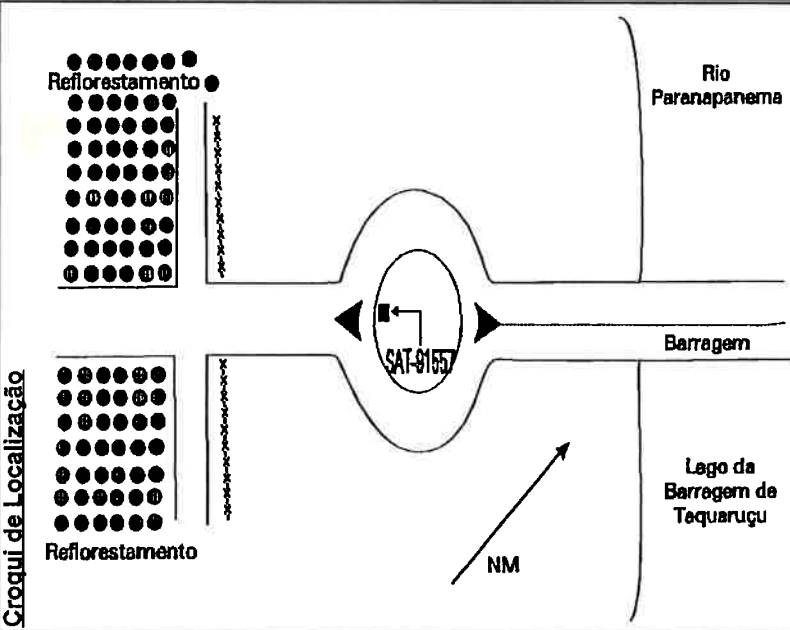
\odot - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91557	Nome do Ponto: TAQUARUSSÚ	Município/UF: ITAGUAGÉ/PR
Coordenadas Geodésicas ①		
SAD - 69	WGS - 84	WGS - 84
$\phi = -22^{\circ} 33' 02,85642''$ $\sigma: \pm 0,0164$ m	$\phi = -22^{\circ} 33' 04,55534''$	N = 7505850,688 m
$\lambda = -52^{\circ} 00' 12,67945''$ $\sigma: \pm 0,0610$ m	$\lambda = -52^{\circ} 00' 14,42958''$	E = 396816,249 m
Alt. Geom. (h) = 292,1565 m $\sigma: \pm 0,0379$ m	Alt. Geométrica (h) = 288,6432 m	Altura Ortométrica (H) = - m
Localização: O marco da CESP está localizado na Usina de Taquarussú, na margem esquerda do Rio Paranapanema, município de Itaguagé/PR, a 220° a sudoeste da Usina, a 100m do barragem que fica ao lado esquerdo do Rio já citado, ainda a 15 Km da cidade de Teodoro Sampaio no estado de São Paulo	Foto	Croqui de Localização
Descrição: Marco de concreto, tipo cilíndrico, com 1,51m de altura, com uma chapa padrão CESP, com $\phi = 5/8''$; a base medindo 0,07m alt. x 2,20m larg. x 2,20m de cumpr., acima da base encontra-se uma base de proteção tipo colar com as seguintes medidas: 0,14m alt x 0,10m larg, afastado 0,11m do marco. Encontra-se pintado o nº 15 (para a CESP atual/e MB15); encontra-se uma RN tipo pino fixado no marco a 1,00m do topo do mesmo.		


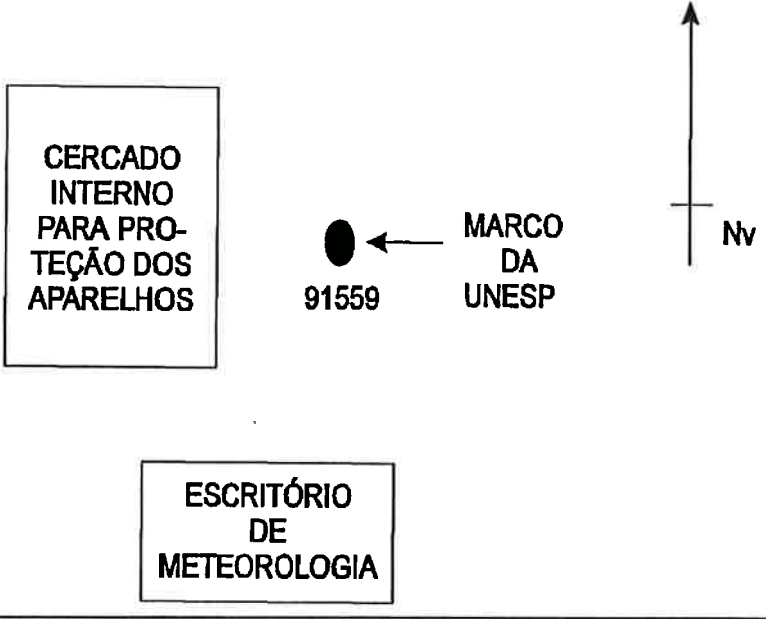
① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91559	Nome do Ponto: PRESIDENTE PRUDENTE (UEPP)	Município/UF: PRES. PRUDENTE/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
S.A.D. - 69	W.G.S. - 84	S.A.D. - 69
$\phi = -22^{\circ} 07' 09.96779''$ $\sigma: \pm 0.0102 \text{ m}$	$\phi = -22^{\circ} 07' 11.66679''$ $N = 7553888.233 \text{ m}$	$N = 7553844.312 \text{ m}$
$\lambda = -51^{\circ} 24' 28.97031''$ $\sigma: \pm 0.0364 \text{ m}$	$\lambda = -51^{\circ} 24' 30.69876''$ $E = 457915.963 \text{ m}$	$E = 457866.738 \text{ m}$
Alt. Geom. (h) = 435.4227 m $\sigma: \pm 0.0228 \text{ m}$	Altura Ortométrica (H) = - m	
<p>Localização: Está localizada a 19,60m "N" do escritório de meteorologia e a 3,65m "L" do cercado interno para proteção dos aparelhos</p>		
<p>Descrição: Não foi colocada chapa, pino, no topo de um marco de concreto. Marco em forma de cilindro, com as seguintes dimensões: 0,26m de diâmetro e 3,03 de altura. OBS: o orifício no topo do marco e para ser colocado um pino de centragem forçada, padrão USP, com $\phi = 13,5 \text{ mm}$.</p>		
Foto		
		
Croqui de Localização		
		



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91606	Nome do Ponto: ILHA BELA	Município/UF: ILHA BELA/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
S.A.D. - 69	W.G.S. - 84	S.A.D. - 69
$\phi = -23^{\circ} 47' 31,66870''$ $\sigma: \pm 0,0175$ m	$\phi = -23^{\circ} 47' 33,45700''$	S.A.D. - 69
$\lambda = -45^{\circ} 21' 29,71726''$ $\sigma: \pm 0,0675$ m	$\lambda = -45^{\circ} 21' 31,28945''$	N = 7368732,104 m E = 463502,936 m
Alt. Geom. (h) = 62,4387 m $\sigma: \pm 0,0374$ m	Alt. Geométrica (h) = 55,0427 m	N = 7368686,090 m E = 463458,716 m
Coordenadas UTM		

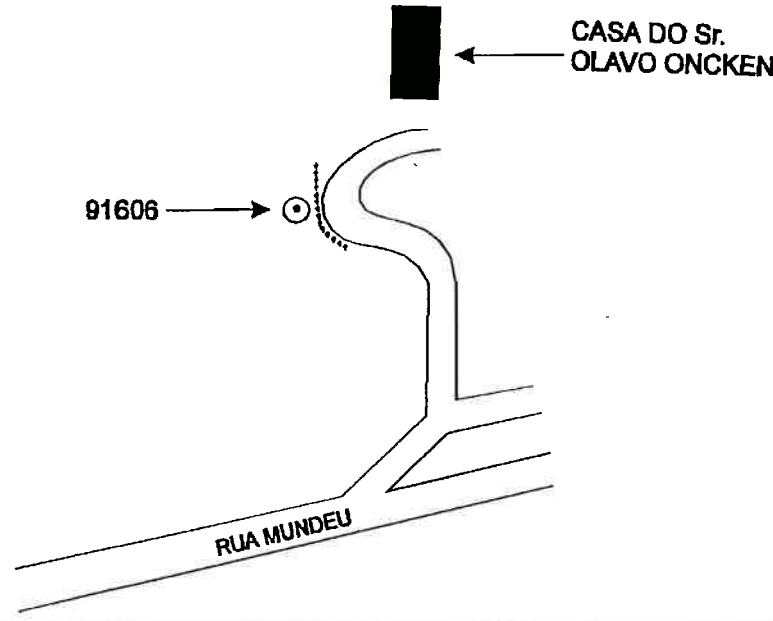
Localização: Na parte central da Ilha Bela, 01 Km da margem leste do canal de São Sebastião e a 04 Km (AZMG 50°) do porto DERSA de Barra Velha, na parte medianeira da Cordilheira que caracteriza o relevo da ilha, no bairro Engenho D'Água II.

Descrição: O marco é um pilar de concreto de forma cilíndrica, medindo 1,24m de altura por 0,30m de diâmetro um pino de encaixe na parte central do topo com $\phi = 13,5$ mm caracteriza o ponto geodésico.

Foto



Croqui de Localização



① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

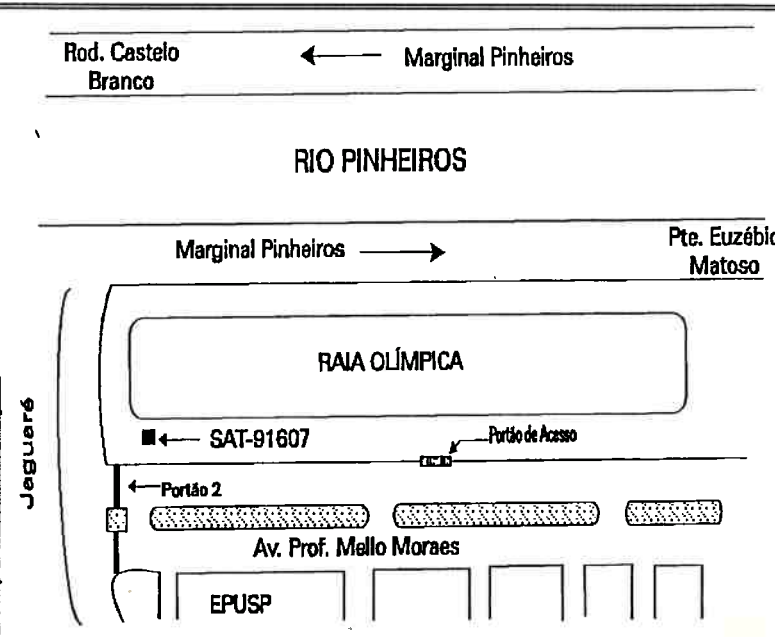
Código do Ponto: 91607	Nome do Ponto: PILAR 1 - USP	Município/UF: SÃO PAULO/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
SAD - 69	WGS - 84	SAD - 69
$\phi = -23^{\circ} 33' 01,28744''$	$\phi = -23^{\circ} 33' 03,05751''$	$N = 7394477,889 \text{ m}$
$\lambda = -46^{\circ} 43' 52,04308''$	$\lambda = -46^{\circ} 43' 53,65408''$	$E = 323300,191 \text{ m}$
Alt. Geom. (h) = 724,8403 m	Alt. Geométrica (h) = 718,2032 m	Altura Ortométrica (H) = - m

Localização: No campus da USP, Cidade Universitária, cerca de 10m do espelho d'água, na margem sul da raia de remo, a aproximadamente 90m da extremidade oeste da raia.

Foto



Croqui de Localização



Descrição: O marco é um pilar cilíndrico de concreto, fundido em uma base estável do mesmo material, possui 0,30m de diâmetro e afiora 1,12m. No topo tem uma chapa metálica com diâmetro similar ao do pilar, possui ainda, dispositivo de centragem forçada, padrão USP, $\phi = 13,5 \text{ mm}$, sua coloração é branca e tem o algarismo "1" pintado em seu corpo.

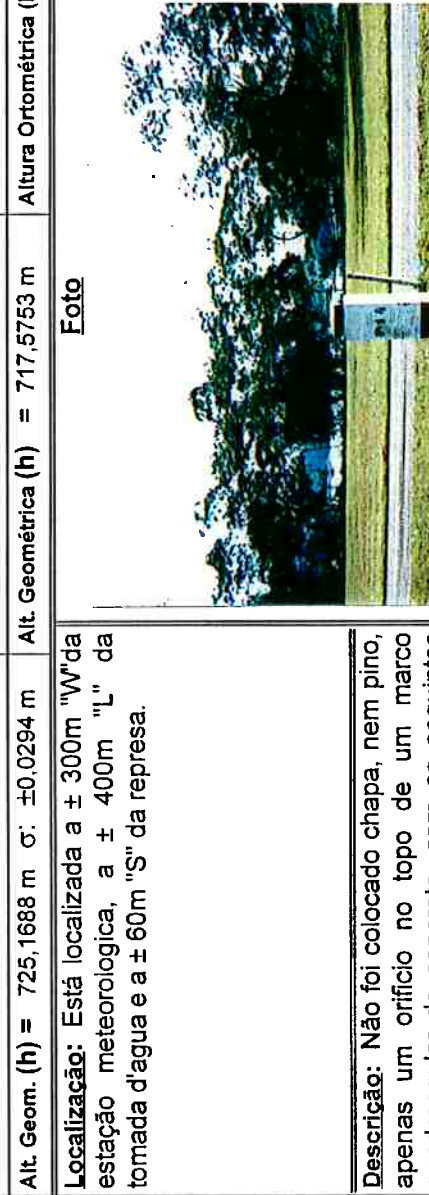
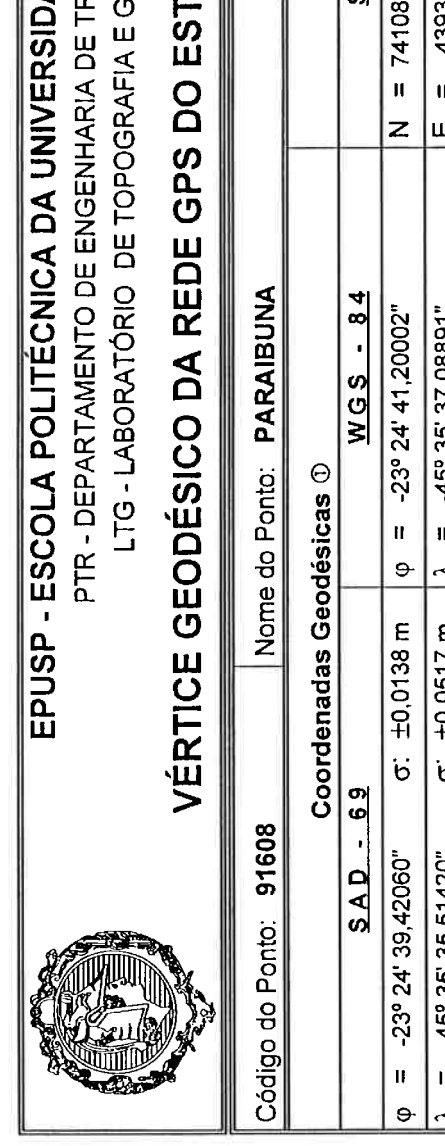
① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91608	Nome do Ponto: PARAIBUNA	Município/UF: PARAIBUNA/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
S.A.D. - 69	W.G.S. - 84	W.G.S. - 84
$\phi = -23^{\circ} 24' 39,42060''$ $\sigma: \pm 0,0138$ m	$\phi = -23^{\circ} 24' 41,20002''$ $N = 7410853,378$ m	$N = 7410807,421$ m
$\lambda = -45^{\circ} 35' 35,51420''$ $\sigma: \pm 0,0517$ m	$\lambda = -45^{\circ} 35' 37,08891''$ $E = 439392,747$ m	$E = 439348,499$ m
Alt. Geom. (h) = 725,1688 m $\sigma: \pm 0,0294$ m	Alt. Geométrica (h) = 717,5753 m	Altura Ortométrica (H) = - m
Localização: Está localizada a ± 300 m "W" da estação meteorológica, a ± 400 m "L" da tomada d'água e a ± 60 m "S" da represa.	Foto	Croqui de Localização
Descrição: Não foi colocado chapa, nem pino, apenas um orifício no topo de um marco quadrangular de concreto, com as seguintes dimensões 0,30x0,30x1,20 altura. OBS: o orifício no topo do marco é para ser colocado, um pino de centragem forçada, padrão USP, com $\phi = 13,5$ mm.		

① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91609	Nome do Ponto: VALINHOS	Município/UF: VALINHOS/SP
Coordenadas Geodésicas \odot		
SAD - 69	WGS - 84	Coordenadas UTM
$\phi = -23^{\circ} 00' 04,40883''$ $\sigma: \pm 0,0114$ m	$\phi = -23^{\circ} 00' 06,16757''$	SAD - 69
$\lambda = -46^{\circ} 57' 56,33217''$ $\sigma: \pm 0,0419$ m	$\lambda = -46^{\circ} 57' 57,94358''$	WGS - 84
Alt. Geom. (h) = 863,9191 m $\sigma: \pm 0,0244$ m	Alt. Geométrica (h) = 856,9339 m	N = 7454985,116 m
		E = 298530,856 m
		Altura Ortométrica (H) = - m

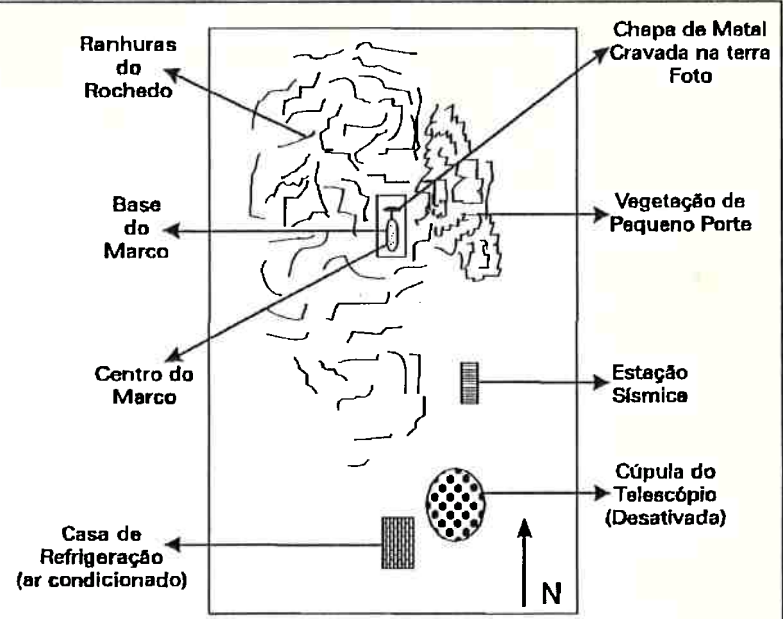
Localização: O marco se encontra a nordeste da cidade de Vinhedo em uma clareira, sobre um rochedo de boa visibilidade, ainda, a 350° N da cúpula do telescópio (desativada). Dentro do Observatório Abraão de Moraes - USP.

Descrição: Base de concreto com as seguintes medidas: 0,45m alt x 1,15m larg. x 1,20m comp.; Marco em concreto, formato retangular no sentido vertical constando as medidas: 1,19m alt x 0,32m larg., ainda encontra-se na base uma chapa em metal cravada na terra. Pino de centragem forçada com $\phi = 13,5$ mm.

Foto



Croqui de Localização



\odot - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED

ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91610	Nome do Ponto: LIMOEIRO	Município/UF: MOCOCA/SP
Coordenadas Geodésicas		
S.A.D. - 6.9	W.G.S. - 8.4	S.A.D. - 6.9
$\phi = -21^{\circ} 37' 28,86100''$	$\phi = -21^{\circ} 37' 30,59642''$	$N = 7607350,725 \text{ m}$
$\lambda = -47^{\circ} 01' 03,22456''$	$\lambda = -47^{\circ} 01' 04,82185''$	$E = 291169,573 \text{ m}$
Alt. Geom. (h) = 588,3064 m	Alt. Geométrica (h) = 580,0684 m	Altura Ortométrica (H) = - m

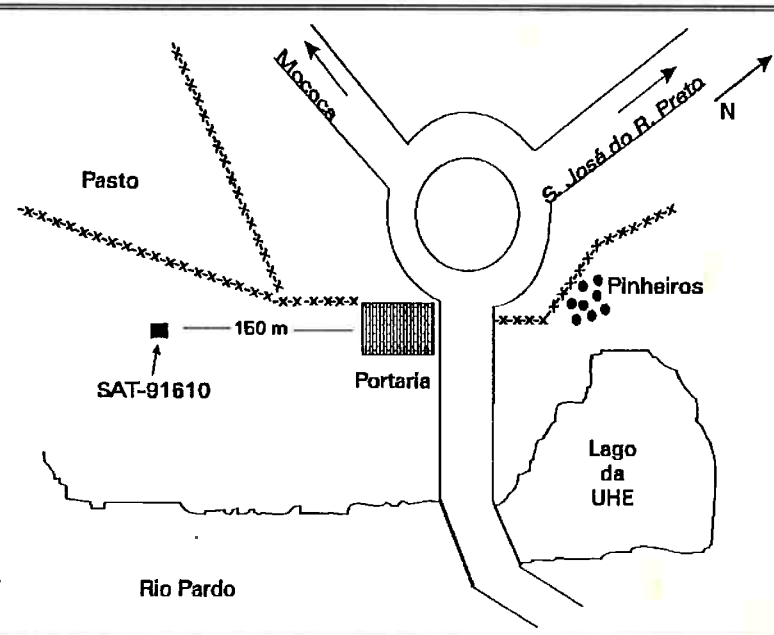
Localização: O marco encontra-se dentro da área da UHE - Armandinho de Salles Oliveira (Limoeiro). Aproximadamente 130m a direita de quem entra na portaria principal (AZ-MG 255°)

Descrição: Pilar de concreto, com 1,35m de altura e 0,35m de largura, base de concreto de 1,10 x 1,10m e em seu topo uma chapa de alumínio fixada. Pino de centragem forçada com $\phi = 5/8''$.

Foto



Croqui de Localização



⊙ - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED


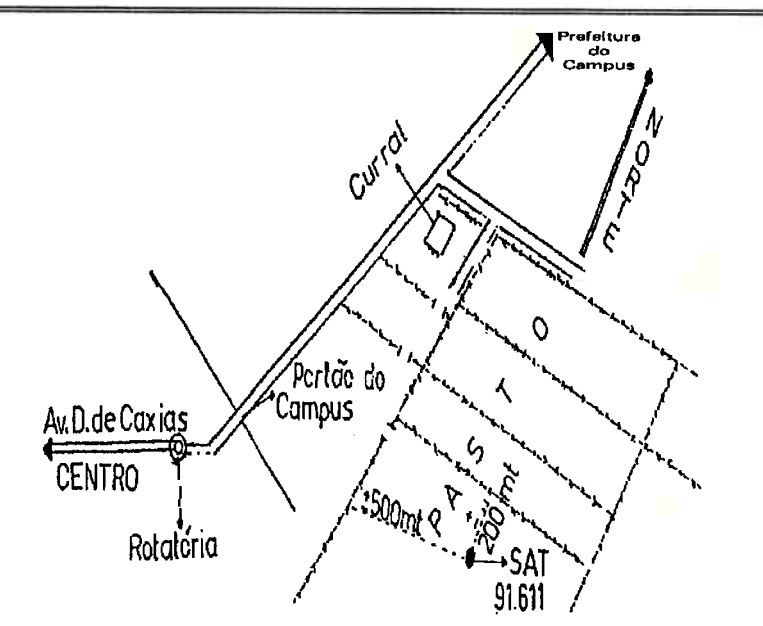
ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91611	Nome do Ponto: PIRASSUNUNGA	Município/UF: PIRASSUNUNGA/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
S.A.D. - 6.9	W.G.S. - 8.4	W.G.S. - 8.4
$\phi = -21^{\circ} 57' 52,60150''$ $\sigma: \pm 0,0209$ m	$\phi = -21^{\circ} 57' 54,33850''$	N = 7569023,615 m
$\lambda = -47^{\circ} 26' 34,03367''$ $\sigma: \pm 0,0859$ m	$\lambda = -47^{\circ} 26' 35,64730''$	E = 247734,605 m
Alt. Geom. (h) = 608,3239 m $\sigma: \pm 0,0452$ m	Alt. Geométrica (h) = 600,7205 m	Altura Ortométrica (H) = - m
<p>Localização: A estação está localizada a sudoeste da cidade de Pirassununga, distante 02 Km, aproximadamente da mesma, em linha reta, no pasto de bulbainocultura do campus da Universidade de São Paulo (USP).</p>		
<p>Descrição: A estação é um pilar de concreto de forma cilíndrica medindo 1,42m de altura e 0,28m do tipo. A referida estação tem o sistema de centragem forçada padrão USP, com $\phi = 13,5$ mm.</p>		
Foto		
		
Croqui de Localização		
		


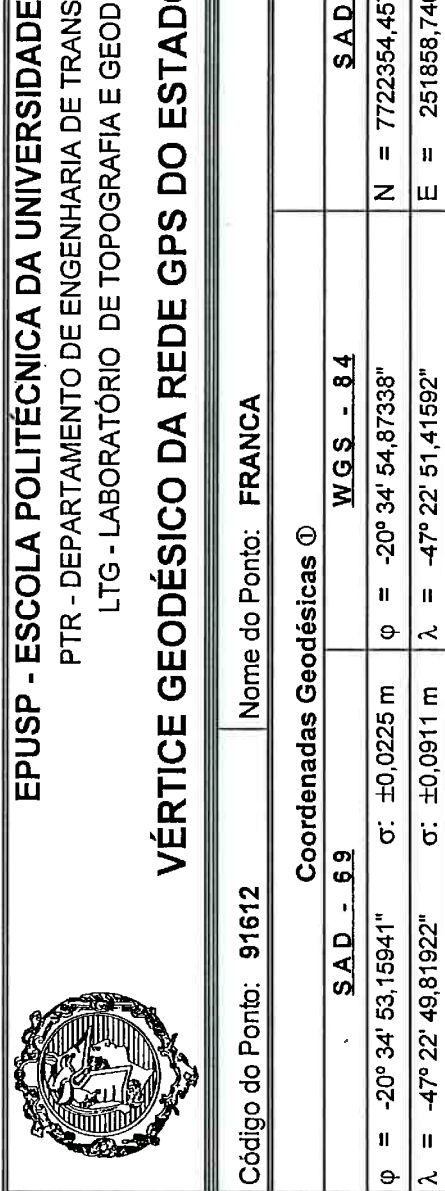
① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91612	Nome do Ponto: FRANCA		Município/UF: FRANCA/SP	
Coordenadas Geodésicas ①				
SAD - 69	WGS - 84	SAD - 69	Coordenadas UTM	
$\phi = -20^{\circ} 34' 53,15941''$ $\sigma: \pm 0,0225 \text{ m}$	$\phi = -20^{\circ} 34' 54,87338''$	$N = 7722354,457 \text{ m}$	WGS - 84	
$\lambda = -47^{\circ} 22' 49,81922''$ $\sigma: \pm 0,0911 \text{ m}$	$\lambda = -47^{\circ} 22' 51,41592''$	$E = 251858,746 \text{ m}$	N = 7722308,923 \text{ m}	
Alt. Geom. (h) = 1013,8147 m $\sigma: \pm 0,0487 \text{ m}$	Alt. Geométrica (h) = 1004,8831 m	Altura Ortométrica (H) = - m	E = 251814,161 m	
Localização: O marco está localizado dentro da área do reservatório de água da SABESP, na Av. Carlos Roberto Adad, no bairro Aeroporto I, em Franca - SP.				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Foto</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p>Croqui de Localização</p>  </div> </div>				
<p>Descrição: O marco é de forma cilíndrica, medindo 1,20m de altura e 0,95m de diâmetro. OBS: O marco é padrão USP, com pino de centragem forçada de 13,5 mm de ϕ (diâmetro).</p>				


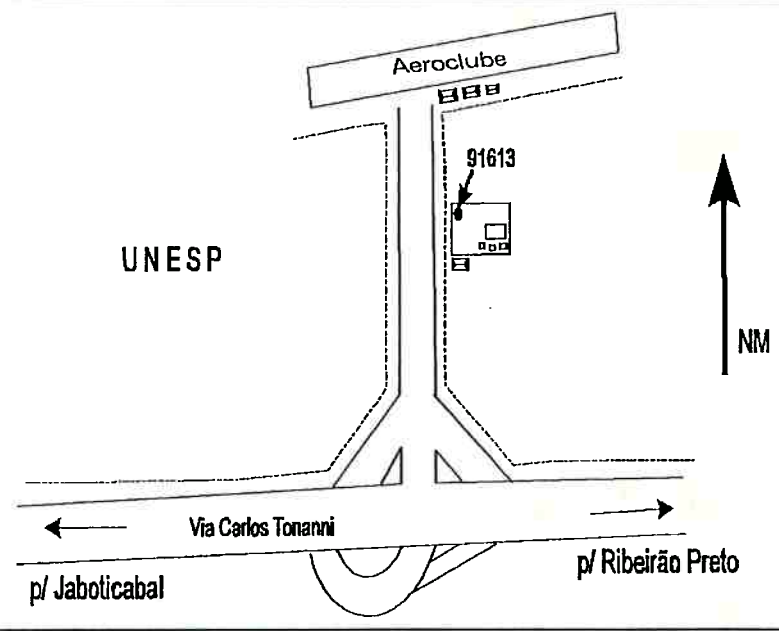
① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91613	Nome do Ponto: JABOTICABAL	Município/UF: JABOTICABAL/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
SAD - 69	WGS - 84	SAD - 69
$\phi = -21^{\circ} 14' 04,88358''$ $\sigma: \pm 0,0181$ m	$\phi = -21^{\circ} 14' 06,60022''$	$\phi = -21^{\circ} 14' 06,60022''$
$\lambda = -48^{\circ} 17' 09,33191''$ $\sigma: \pm 0,0729$ m	$\lambda = -48^{\circ} 17' 10,96202''$	$\lambda = -48^{\circ} 17' 10,96202''$
Alt. Geom. (h) = 613,6759 m $\sigma: \pm 0,0384$ m	Alt. Geométrica (h) = 606,0342 m	Altura Ortométrica (H) = - m
Localização: Junto ao canto oeste. Lado norte, área interna da estação meteorológica da UNESP, Campus de Jaboticabal, aproximadamente 150m a "SE" dos hangares do aeroclube de Jaboticabal - SP		
Descrição: O marco é um pilar de concreto de forma cilíndrica, medindo 1,20m de altura por 0,30m de diâmetro, um furo de encaixe na parte central do topo, caracteriza o ponto geodésico, pino de centragem forçada, padrão USP, com $\phi = 13,5$ mm.		
Foto		
		
Croqui de Localização		
		

① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro

Elaborado por LTG-EPUSP em maio/1996
 c:\usuario\trabalho\formular\vertic_p.doc



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

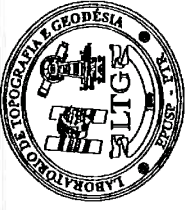
Código do Ponto: 91614	Nome do Ponto: ÁGUA VERMELHA	Município/UF: GUARANI D'OESTE/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
SAD - 69	WGS - 84	SAD - 69
$\phi = -19^{\circ} 50' 30,15030''$ $\sigma: \pm 0,0318$ m	$\phi = -19^{\circ} 50' 31,82443''$	N = 7805890,126 m
$\lambda = -50^{\circ} 20' 04,08679''$ $\sigma: \pm 0,1241$ m	$\lambda = -50^{\circ} 20' 05,75989''$	E = 569688,860 m
Alt. Geom. (h) = 397,6918 m $\sigma: \pm 0,0628$ m	Alt. Geométrica (h) = 390,3846 m	Altura Ortométrica (H) = - m
<p>Localização: O marco se encontra na parte mais alta da área (crista 1) da Usina Hidrelétrica Água Vermelha/CESP, a 50°N da mesma; ainda, cerca de 13m de uma caixa d'água que fica ao lado da estação meteorológica.</p>		
<p>Descrição: Marco em concreto medindo: 1,02m de larg., 1,65m de alt.; de um lado possui uma escada com 04 degraus, entre o último e o penúltimo degrau encontra-se uma chapa cravada com os dizeres, MR4, no topo encontra-se: a esquerda um pino de centragem forçada, $\phi = 5/8''$; no centro uma chapa com os dizeres: CCLGP/Crista/01, mais a frente possui um declive; a direita uma chapa s/n com um furo no meio para centrar a antena com pino, utilizada para medição.</p>		
Foto		
Croqui de Localização		

① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED

ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91615	Nome do Ponto: SÃO JOSÉ DO RIO PRETO		Município/UF: S. J. DO RIO PRETO/SP	
Coordenadas Geodésicas ①				
SAD - 69	WGS - 84	SAD - 69	Coordenadas UTM	
$\phi = -20^{\circ} 47' 03,07392''$ $\sigma: \pm 0,0243$ m	$\phi = -20^{\circ} 47' 04,77279''$	$N = 7700859,212$ m	N = 7700815,397 m	WGS - 84
$\lambda = -49^{\circ} 21' 27,78628''$ $\sigma: \pm 0,0941$ m	$\lambda = -49^{\circ} 21' 29,44212''$	$E = 670942,762$ m	E = 670893,727 m	
Alt. Geom. (h) = 528,0758 m $\sigma: \pm 0,0490$ m	Alt. Geométrica (h) = 520,8488 m	Altura Ortométrica (H) = - m		

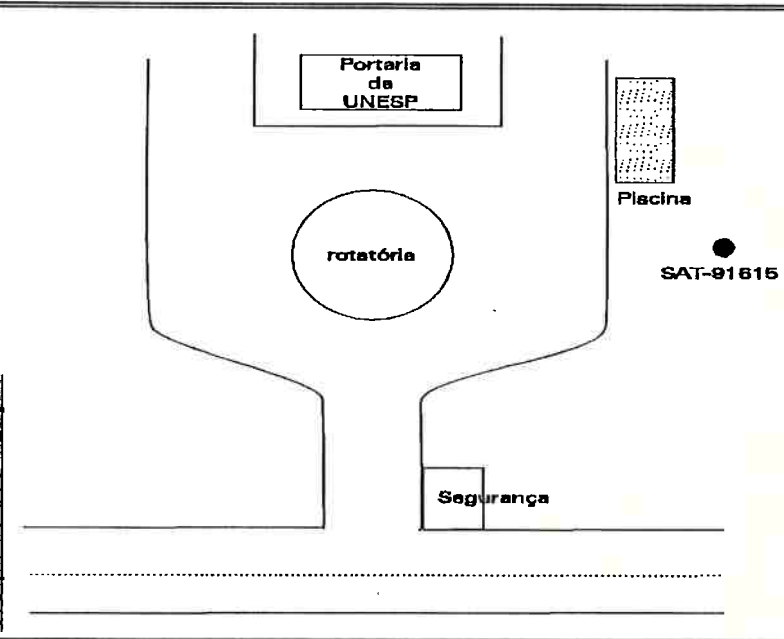
Localização: Está localizada a ± 190 m "NE" do portão principal da UNESP a ± 180 m "E" da portaria da UNESP e 35m "E" da piscina.

Descrição: Não foi colocada chapa nem pino, apenas um "orifício" no topo de uma marco de concreto, marco em forma de cilindro, com as seguintes dimensões: 0,28m de diâmetro e 1,22m de altura. OBS: o orifício no topo é para ser colocado um pino de centragem forçada, padrão USP, com $\phi = 13,5$ mm.

Foto



Croqui de Localização



① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91616	Nome do Ponto: IBITINGA	Município/UF: IBITINGA/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
SAD - 69	WGS - 84	SAD - 69
$\phi = -21^{\circ} 45' 15,99929''$	$\phi = -21^{\circ} 45' 17,71754''$	$N = 7592995,301\text{ m}$
$\lambda = -48^{\circ} 59' 32,27737''$	$\lambda = -48^{\circ} 59' 33,93369''$	$E = 707623,221\text{ m}$
Alt. Geom. (h) = 409,0732 m	$\sigma = \pm 0,0327\text{ m}$	Altura Ortométrica (H) = - m
<p>Localização: Marco implantado próximo ao muro guia, lado direito da eclusa de Ibitinga e do lado esquerdo da Rod. Ibitinga/Bauru (SP-321).</p> <p>OBS: Ponto com energia 110 / 220 volts próximo à estação (02m).</p>		
<p>Descrição: Marco de concreto de forma cilíndrica, com 1,20m de altura, 0,31m de diâmetro e com uma chapa de metal em seu topo de 0,23m de diâmetro, possui um dispositivo de centragem forçada padrão CESP, com $\phi = 5/8''$.</p>		
Foto		
Croqui de Localização		

① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91617	Nome do Ponto: FERNANDÓPOLIS	Município/UF: FERNANDÓPOLIS/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
SAD - 69	WGS - 84	SAD - 69
$\phi = -20^{\circ} 15' 07,18423''$	$\phi = -20^{\circ} 15' 08,86650''$	N = 7760414,153 m
$\lambda = -50^{\circ} 10' 58,95386''$	$\lambda = -50^{\circ} 11' 00,62710''$	E = 585323,707 m
Alt. Geom. (h) = 434,6742 m	$\sigma = \pm 0,0567$ m	Alt. Ortométrica (H) = - m
Localização: A estação está localizada ao norte da cidade de Fernandópolis, distante cerca de 06 Km da mesma, aproximadamente em linha reta, num lugar conhecido como poço 3 (poço artesiano SABESP), num baixadão entre dois morrotes.	Foto	
Descrição: A estação é um pilar de concreto de forma cilíndrica, medindo 1,258m de altura e 0,30m de diâmetro. A referida estação tem o sistema de centragem forçada padrão USP, com $\phi = 13,5$ mm.	Croqui de Localização	

① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91680	Nome do Ponto: ITAPEVA	Município/UF: ITAPEVA/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
SAD - 69	WGS - 84	WGS - 84
$\phi = -23^{\circ} 56' 37,30013''$ $\sigma: \pm 0,0136$ m	$\phi = -23^{\circ} 56' 39,05342''$	N = 7350378,162 m
$\lambda = -48^{\circ} 52' 49,19631''$ $\sigma: \pm 0,0496$ m	$\lambda = -48^{\circ} 52' 50,87603''$	E = 715721,385 m
Alt. Geom. (h) = 711,6713 m $\sigma: \pm 0,0291$ m	Alt. Geométrica (h) = 707,0065 m	Altura Ortométrica (H) = - m
<p>Localização: No aeródromo municipal Paulo Antunes Machado, a cerca de 3 Km da estrada SP258 e a aproximadamente 4 Km ao norte da área central da cidade de Itapeva. A estação situa-se a 100m à Este do hangar. (telefone do aeródromo: (0155) 614635, Sr. Rafael).</p>		
<p>Descrição: O marco é um pilar cilíndrico de concreto, fundido em uma base estável do mesmo material. Possui 0,30m de diâmetro e afiora 1,12m, possui, ainda, dispositivo de centragem forçada, padrão USP, com $\phi = 13,5$ mm.</p>		
Foto		
Croqui de Localização		

① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91681	Nome do Ponto: MARÍLIA	Município/UF: MARÍLIA/SP
Coordenadas Geodésicas		
SAD - 69	WGS - 84	SAD - 69
$\phi = -22^{\circ} 11' 41,19771''$ $\sigma: \pm 0,0126$ m	$\phi = -22^{\circ} 11' 42,91330''$	$N = 7545214,082$ m
$\lambda = -49^{\circ} 55' 37,95246''$ $\sigma: \pm 0,0465$ m	$\lambda = -49^{\circ} 55' 39,64049''$	$E = 610587,587$ m
Alt. Geom. (h) = 642,9576 m $\sigma: \pm 0,0282$ m	Alt. Geométrica (h) = 637,4696 m	Altura Ortométrica (H) = - m
<p>Localização: No aeroporto da cidade de Marília, situado à Av. Brigadeiro Eduardo Gomes s/nº, aproximadamente 3 Km a leste da área central da cidade. (telefone do aeroporto: (0144) 334120, Sr. Vandecir).</p>		
<p>Descrição: O marco é um pilar cilíndrico de concreto, fundido em uma base estável do mesmo material, possui 0,30m de diâmetro e afloira 1,18m, possui, ainda, dispositivo de centragem forçada, padrão USP, com $\phi = 13,5$ mm.</p>		
Foto		
Croqui de Localização		



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91682	Nome do Ponto: CACHOEIRA PAULISTA	Município/UF: C. PAULISTA/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
S.A.D. - 6.9	W.G.S. - 8.4	S.A.D. - 6.9
$\phi = -22^{\circ} 41' 11,29518''$ $\sigma: \pm 0,0141$ m	$\phi = -22^{\circ} 41' 13,06838''$	$N = 7491178,376$ m
$\lambda = -44^{\circ} 59' 01,86347''$ $\sigma: \pm 0,0536$ m	$\lambda = -44^{\circ} 59' 03,41112''$	$E = 501658,781$ m
Alt. Geom. (h) = 629,2118 m $\sigma: \pm 0,0305$ m	Alt. Geométrica (h) = 620,4923 m	Altura Ortométrica (H) = - m

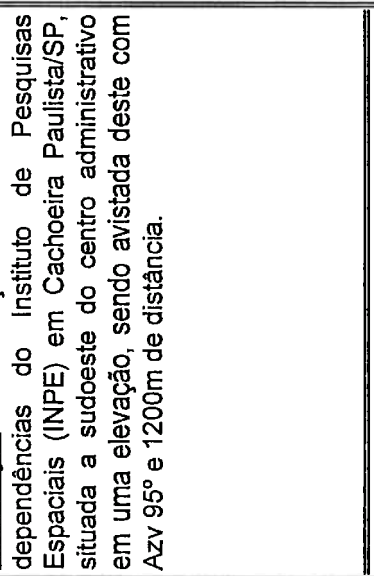
Coordenadas UTM

S.A.D. - 6.9	W.G.S. - 8.4	S.A.D. - 6.9
$\phi = -22^{\circ} 41' 11,29518''$ $\sigma: \pm 0,0141$ m	$\phi = -22^{\circ} 41' 13,06838''$	$N = 7491178,376$ m
$\lambda = -44^{\circ} 59' 01,86347''$ $\sigma: \pm 0,0536$ m	$\lambda = -44^{\circ} 59' 03,41112''$	$E = 501658,781$ m
Alt. Geom. (h) = 629,2118 m $\sigma: \pm 0,0305$ m	Alt. Geométrica (h) = 620,4923 m	Altura Ortométrica (H) = - m

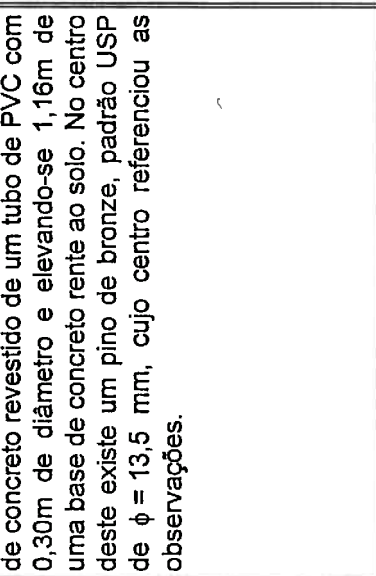
Localização

A estação localizada nas dependências do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) em Cachoeira Paulista/SP, situada a sudoeste do centro administrativo em uma elevação, sendo avistada deste com Azv 95° e 1200m de distância.

Foto



Croqui de Localização



Descrição: A estação consiste de um cilindro de concreto revestido de um tubo de PVC com 0,30m de diâmetro e elevando-se 1,16m de uma base de concreto rente ao solo. No centro deste existe um pino de bronze, padrão USP de $\phi = 13,5$ mm, cujo centro referenciou as observações.

① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
 LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91683	Nome do Ponto: ITAPETININGA		Município/UF: ITAPETININGA/SP	
Coordenadas Geodésicas ①				
S.A.D. - 69	W.G.S. - 84	S.A.D. - 69	Coordenadas UTM	
$\phi = -23^{\circ} 31' 43,86163''$	$\phi = -23^{\circ} 31' 45,61796''$	$N = 7394742,196 \text{ m}$	$N = 7394698,116 \text{ m}$	
$\lambda = -48^{\circ} 00' 33,83320''$	$\lambda = -48^{\circ} 00' 35,48208''$	$E = 805370,693 \text{ m}$	$E = 805321,663 \text{ m}$	
Alt. Geom. (h) = 752,4853 m	$\sigma = \pm 0,0282 \text{ m}$	Alt. Geométrica (h) = 746,7736 m	$\sigma = - \text{ m}$	

Localização: A estação está localizada no parque ecológico municipal de São Francisco de Assis, ao norte da cidade de Itapetininga/SP e distando 60m ao norte da Escola Municipal Bairro Peixoto Gomide.



Foto



Croqui de Localização

Descrição: A estação consiste de um cilindro de concreto revestido de um tubo de PVC com 0,30m de diâmetro e elevando-se 1,14m de uma base de concreto rente ao solo. No centro deste existe um pino de bronze, padrão USP de $\phi = 13,5 \text{ mm}$, cujo centro referenciou as observações.

① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro

Elaborado por LTG-EPUSP em maio/1996
 e:\usuário\trabalho\formulário\vertic_p.doc



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91684	Nome do Ponto: REGISTRO	Município/UF: REGISTRO/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
SAD - 69	WGS - 84	SAD - 69
$\phi = -24^{\circ} 26' 29,99825''$ $\sigma: \pm 0,0143$ m	$\phi = -24^{\circ} 26' 31,77123''$	$N = 7294028,251$ m
$\lambda = -47^{\circ} 46' 56,95922''$ $\sigma: \pm 0,0485$ m	$\lambda = -47^{\circ} 46' 58,61318''$	$E = 217889,895$ m
Alt. Geom. (h) = 49,2979 m $\sigma: \pm 0,0287$ m	Alt. Geométrica (h) = 44,2823 m	Altura Ortométrica (H) = - m
<p>Localização: A estação acha-se localizada a 35m a "NE" do canto "NO" da cerca de arame de um galpão de confinamento, a ± 400m a "SE" da sede da Estação Experimental de Zootecnia do Vale do Ribeira e a 7 Km a "NE" da cidade de Registro/SP.</p>		
<p>Descrição: O marco é um pilar de concreto de forma cilíndrica, medindo 1,17m de altura por 0,30m de diâmetro, assentado no centro de uma base de concreto de forma quadrada medindo 1 x 1 m, rente ao solo, no topo do marco há um orifício para pino de centragem forçada, padrão USP, com $\phi = 13,5$ mm.</p>		
Foto		
Croqui de Localização		

① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

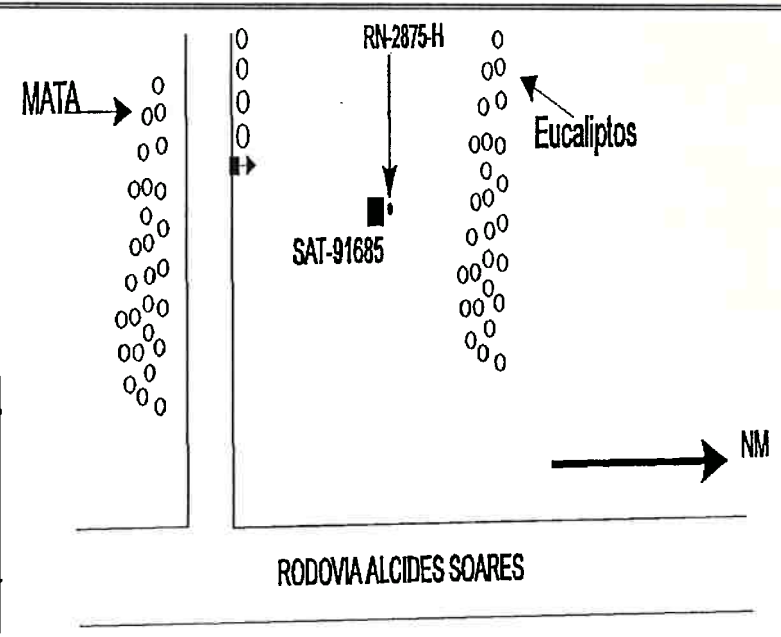
Código do Ponto: 91685	Nome do Ponto: BOTUCATU	Município/UF: BOTUCATU/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
S.A.D. - 69	WGS - 84	S.A.D. - 69
$\phi = -22^{\circ} 48' 15,51943''$	$\phi = -22^{\circ} 48' 17,26005''$	N = 7475834,248 m
$\lambda = -48^{\circ} 25' 37,09323''$	$\lambda = -48^{\circ} 25' 38,74548''$	E = 764130,077 m
Alt. Geom. (h) = 751,5507 m	$\sigma = \pm 0,0318$ m	Altura Ortométrica (H) = - m

Localização: A estação acha-se localizada no campus da UNESP "Fazenda Lageado", aproximadamente 9 Km a "NE" da cidade de Botucatu/SP (Catedral Sant'Ana (35° AZMG) e a $\pm 4,5$ Km a "SW" da vila Vitoriana (243° AZMG), o local conhecido como Capela da Fazendinha, entre um capão de mata ao sul e uma floresta de Eucaliptos ao norte, nas distâncias de 250m e 150m respectivamente, e a ± 150 m a "W" da Rod. Alcides Soares.

Foto



Croqui de Localização



Descrição: O marco é um pilar de concreto de forma hexagonal, medindo 1,22m de alt. por 0,46m de diâmetro, que salienta-se do centro de uma base de cimento de forma indefinida, medindo ± 4 metros quadrados, em seu topo, parte central foi fixado um cilindro metálico, com orifício de centagem forçada para pinos de encaixe, com $\phi = 5/8''$.

① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro



EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PTR - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
LTG - LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E GEODÉSIA



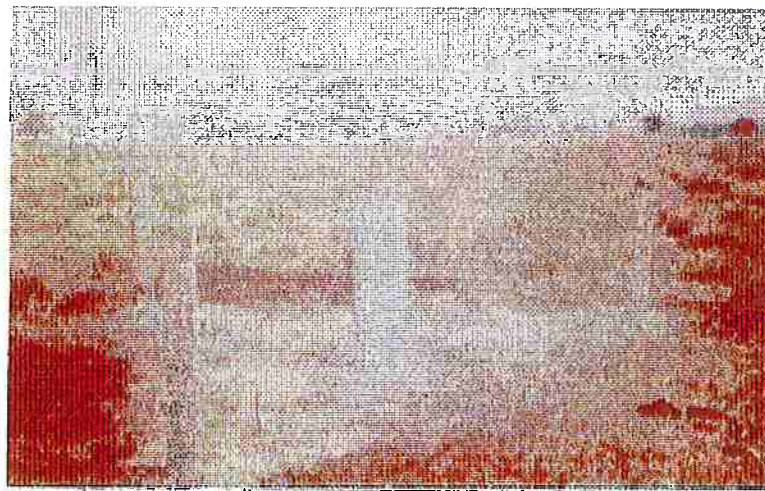
VÉRTICE GEODÉSICO DA REDE GPS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Código do Ponto: 91686	Nome do Ponto: PANORAMA	Município/UF: PANORAMA/SP
Coordenadas Geodésicas ①		
SAD - 6.9	WGS - 8.4	SAD - 6.9
$\phi = -21^{\circ} 23' 01,51347''$	$\phi = -21^{\circ} 23' 03,19693''$	N = 7635134,306 m
$\lambda = -51^{\circ} 50' 56,94468''$	$\lambda = -51^{\circ} 50' 58,67638''$	E = 411973,556 m
Alt. Geom. (h) = 337,9462 m	$\sigma: \pm 0,0344$ m	Altura Ortométrica (H) = - m

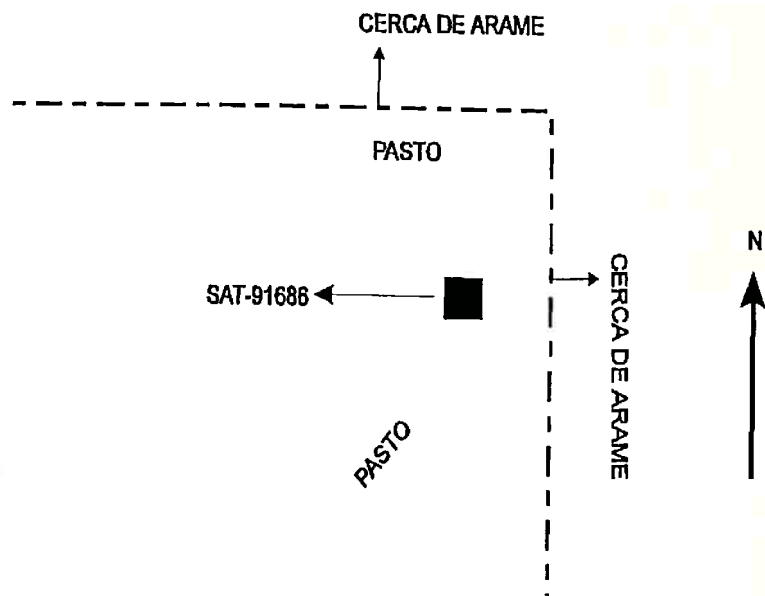
Localização: O marco está localizado na parte mais alta do Sítio Ceballos, dentro do pasto \pm 200m ao sul de uma cerca de arame e \pm 200m de outra cerca e ao sul da cidade de Panorama, distante cerca de 1,5 Km da mesma.

Descrição: O marco é um pilar de concreto que mede 1,20m de altura e 0,30m de diâmetro padrão USP, com $\phi = 13,5$ mm, envolto por uma chapa galvanizada.

Foto



Croqui de Localização



① - Coordenadas Ajustadas em maio/1996 - IBGE/DEGED
 ϕ - diâmetro

ANEXO C: COMBINAÇÃO DE EFEMÉRIDES

Diversas instituições internacionais rastreiam os satélites GPS, calculam e divulgam as chamadas efemérides precisas. São elas: COD¹; EMR²; ESA³; GFZ⁴; JPL; NGS; SIO⁵.

Além destas, o IGS divulga efemérides precisas que correspondem à combinação das efemérides calculadas e divulgadas pelos centros de processamento citados anteriormente. A estratégia de combinação do IGS é a seguinte:

- inicialmente as efemérides de cada centro e a correção do relógio dos satélites são transformadas para um referencial comum. A diferença entre a solução dos parâmetros do movimento do Pólo (X e Y) calculados em cada centro e os parâmetros descritos em pelo Central Bureau of IERS (table II-3, 1993) são utilizados para a correção da rotação da efeméride correspondente. Se os parâmetros do movimento do pólo não estiverem disponíveis para um determinado centro, nenhuma rotação é aplicada.

- posteriormente, são estimados o desvio e a deriva do relógio através das correções transmitidas, usando apenas os satélites sem SA⁶. Apurado o desvio e a

¹ COD - Center for Orbit Determination in Europe

² EMR - Energy, Mines and Resources, Canadá

³ ESA - European Space Agency

⁴ GFZ - GeoForschungsZentrum, Potsdam, Alemanha

⁵ SIO - Scripps Institution of Oceanography, San Diego, Califórnia

⁶SA - Selective Availability (Disponibilidade Seletiva)

deriva, eles são usados para sincronizar as correções do relógio do satélite de cada centro de processamento ao tempo GPS.

- as efemérides e as correções do relógio resultantes são, então, combinadas através de uma média ponderada que inclui todos os centros de processamento. Para cada centro de processamento é atribuído um peso para a posição e outro para a correção do relógio. O peso para a posição de cada centro é calculado a partir do desvio absoluto do respectivo centro em relação à média aritmética das órbitas, após estimar os 7 parâmetros de transformação (Helmert) a saber: três translações, três rotações e o fator de escala. O peso atribuído às correções dos relógios é calculado a partir do erro médio quadrático resultante do ajustamento inicial da sincronização do relógio, transmitida pelos satélites sem SA, desde que estes satélites sejam representativos da qualidade da solução em cada centro. Finalmente, calculam-se os 7 parâmetros de transformação de Helmert, estima-se o desvio e a deriva do relógio para cada centro de processamento tomando a combinação das soluções, dos parâmetros e do erro médio quadrático do ajustamento.

Cada centro de processamento de efemérides é também avaliado individualmente e independentemente a partir da combinação de órbitas usando um arco de comprimento longo. Os parâmetros de rotação da Terra usados nesta avaliação são aqueles submetidos pelo respectivo centro e complementados, quando não disponíveis, com valores de UT1-UTC encontrados no Boletim A, que é publicado periodicamente pelo IERS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIAS, E. F.; FEISSEL, M.; LESTRADE, J. F. An extragalactic celestial reference frame consistent with the BIH terrestrial system (1987). BIH Annual Report for 1987, 1988, p.D113.
- BLACK BOX. **Pocket glossary of data communication terms**. Pittsburg, Black Box Corporation, 1994.
- BLEWITT, G.; HEFLIN, M. B.; WEBB, F. H.; LINDQWISTER, U. J.; MALLA, R. P. Global coordinates with centimeter accuracy in the international terrestrial reference frame using GPS. **Geophysical Research Letter**, v.19, n. 9, p. 853-856, 1992.
- BLITZKOW, D., et al. GPS network in Brazil. In: ASSEMBLÉIA GERAL DA ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE GEODÉSIA. Pequim, China, 1993. **Book of abstracts**. Pequim, IAG, 1993, p.86.
- BLITZKOW, D. NAVSTAR / GPS - um desafio tornado realidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 3., São Paulo, 1995. **Anais**. São Paulo, EPUSP-PTR, 1995, p.428.
- BOLETIM INFORMATIVO. SISTEMA DE REFERÊNCIA GEOCÊNTRICO PARA A AMÉRICA DO SUL. n.1, 1994a.
- BOLETIM INFORMATIVO. SISTEMA DE REFERÊNCIA GEOCÊNTRICO PARA A AMÉRICA DO SUL. n.2, 1994b.
- BOLETIM INFORMATIVO. SISTEMA DE REFERÊNCIA GEOCÊNTRICO PARA A AMÉRICA DO SUL. n.3, 1995.
- BOUCHER, C.; ALTAMIMI, Z.; DUHEM, L. **ITRF 91 and its associated velocity field**. Paris, IERS, 1992. (Technical Note, 12).
- BOUCHER, C.; ALTAMIMI, Z.; DUHEM, L. **ITRF 92 and its associated velocity field**. Paris, IERS, 1993. (Technical Note, 15).
- BOUCHER, C.; ALTAMIMI, Z.; DUHEM, L. **Results and analisys of the ITRF93**. Paris, IERS, 1994. (Technical Note, 18).
- BUENO, R. F. **Avaliação da precisão do sistema NAVSTAR / GPS**. São Paulo, 1995. 209p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- CAMPOS, M. A. et al. A Participação brasileira no "The first GPS IERS and geodynamycs experiment". /Apresentado no 15º Congresso Brasileiro de Cartografia, São Paulo, 1991/.

- CINTRA, J. P.; BLITZKOW, D.; PACILÉO NETO, N. Rede geodésica de alta precisão com GPS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 15., São Paulo, 1991. **Anais**. Rio de Janeiro, SBC, 1991. v. 1, p.150-4.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. **World geodetic system 1984: its definition and relationships with local geodetic systems**. Washington, Defense Mapping Agency, 1988. (DMA TR 8350.2).
- FORTES, L. P. S.; CAGNIN, I. F.; GODOY, R. A. Z. Determinação dos parâmetros de transformação entre os sistemas NWL-10D, NSWG-9Z2, WGS-84 e o SAD-69. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 14., Gramado, 1989. **Anais**. Rio de Janeiro, SBC, 1989. v. 1, p.157-65.
- FORTES, L. P. S.; GODOY, R. A. Z. Rede brasileira de monitoramento contínuo do sistema de posicionamento global - GPS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 15., São Paulo, 1991. **Anais**. Rio de Janeiro, SBC, 1991. v. 3, p.677-82.
- FORTES, L. P. S. Rede brasileira de monitoramento contínuo do sistema de posicionamento global - GPS (RBMC) - estágio atual. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, 3., Rio de Janeiro, 1993. **Resumos expandidos**. Rio de Janeiro, SBGf, 1993. v. 1, p.677-82.
- FORTES, L. P. S. Implantação da RBMC - estágio atual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 17., Salvador, 1995. **Anais**. Rio de Janeiro, SBC, 1995. v. 1, p.67-71.
- GEMAEL, C. **Marés terrestres: aplicações geodésicas**. Curitiba, Departamento de Geociências UFPr, 1986. /Apostila/.
- GEMAEL, C. **Referenciais cartesianos utilizados em geodésia**. Curitiba, Departamento de Geociências UFPr, 1981. /Apostila/.
- HEHL, M. E. **Linguagem de programação estruturada FORTRAN 77**. São Paulo, McGraw-Hill, 1987.
- IBGE. Especificações e normas gerais para levantamentos GPS. Parte 1. **Revista Fator GIS**, v.2, n.5, p. 29-32, 1994a.
- IBGE. Especificações e normas gerais para levantamentos GPS. Parte 2. **Revista Fator GIS**, v.2, n. 6, p. 31-34, 1994b.
- IGS CENTRAL BUREAU. **IGS Colleague Directory**. Pasadena, IGS International GPS Service for Geodynamics. Jet Propulsion Laboratory, 1994.
- IGS CENTRAL BUREAU. **1994 Annual Report**. Pasadena, IGS International GPS Service for Geodynamics, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 1995.

- INTERNATIONAL EARTH ROTATION SERVICE (IERS). **1991 IERS Annual Report**. Paris, Observatoire de Paris, 1992.
- INTERNATIONAL EARTH ROTATION SERVICE (IERS) et al. **1992 IERS Annual Report**. Paris, Observatoire de Paris, 1993.
- INTERNATIONAL EARTH ROTATION SERVICE (IERS) et al. **1993 IERS Annual Report**. Paris, Observatoire de Paris, 1994.
- INTERNATIONAL EARTH ROTATION SERVICE (IERS) et al. **1994 IERS Annual Report**. Paris, Observatoire de Paris, 1995.
- KOVALEVSKY, J.; MUELER, I. I.; KOLACZEK, B. **Reference frames in astronomy and geophysics**. Dordrecht, Kluwer Academic, 1989.
- LEICK, A. **GPS satellite surveying**. New York, John Wiley, 1995.
- LOWE, D. P. **CARNET user guide - version 3.13**. Inglaterra, IESSG Universidade de Nottingham, 1994
- MALYS, S.; SLATER, J. A.; **Maintenance and enhancement of the world geodetic system 1984**. In: ION GPS 94, Salt Lake City, Institute of Navigation, 1994.
- McCARTHY, D.D. ed. **IERS Standards (1992)**. Paris, IERS, 1992. (Technical Note 13)
- MONICO, J. F. G. **High precision inter-continental GPS network**. Nottingham, julho 1995. 205p. Tese (Doutorado) - Institute of Engineering Surveying and Space Geodesy, The University of Nottingham.
- MUELLER, I. I. **Spherical and practical astronomy as applied to geodesy**. New York, Frederick Ungar Publishing, 1977
- PACILÉO NETTO, N. **Calibração de medidores eletrônicos de distância: construção de uma base multipilar na USP e metodologia de aferição**. São Paulo, 1990. 187xp. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- PEREIRA, K. D. Rede nacional GPS. / Apresentado no 15º Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, 1993/.
- SEEBER, G. **Sattelite geodesy: foundations, methods and applications**. Berlin, Walter Gruyter, 1993.
- SEGANTINE, P. C. L. **Estabelecimento e ajuste de uma rede geodésica no estado de São Paulo, com sistema de posicionamento NAVSTAR/GPS**. São Paulo, 1995. 222p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SEGANTINE, et al. GPS network in the state of São Paulo. In: GENERAL ASSEMBLY - IUGG, 21., Bolder, 1995. **Abstracts**. Bolder, IUGG, 1995. v.week B, p.B5.

STEWART, M. P.; FFOUKES-JONES, G. H.; OCHIENG, W. Y. **GPS analysis software (GAS) version 2.2 user manual**. Nottingham, IESSG Universidade de Nottingham, 1994.

TRIMBLE NAVIGATION. **Model 4000 SST GPS surveyor - operation manual - revision A**. Sunnyvale, Trimble Navigation Limited, 1989.

WANNINGER, L.; SEEBER, G.; CAMPOS, M. A. Limitations of GPS in equatorial regions due to the ionosphere. /Apresentado no 7º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, 1993/

APÊNDICE I: PADRÕES ADOTADOS PELO IERS

ASTRONOMICAL CONSTANTS

Defining Constants

- Gaussian Gravitational Constant	$k = 0.01720209895$
- Velocity of Light	$c = 2.99792458 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$

Primary Constants

- Astronomical Unit in Light-Seconds	$\tau_A = 499.00478353 \text{ s}$	IAU (1976) Value = 499.004782 s
- Equatorial Radius of the Earth	$a_e = 6378136.3 \text{ m}$	IAU Value = 6378137m GEM T3 Value = 6378137m
- Dynamical Form Factor of Earth	$J_2 = 0.0010826362$	GEM T3 Value = 0.0010826361
- Geocentric Constant of Gravitation	$GM_e = 3.986004418 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ (TT Units) $= 3.986004415 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ (TCG Units)	IAU (1976) Value = $3.986005 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ GEM T3 Value = $3.98600436 \times 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
- Constant of Gravitation	$G = 6.67259 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$	
- Earth Moon Mass Ratio	$\mu = 0.012300034$	IAU (1976) Value = 0.01230002
- General Precession in Longitude Per Century for J2000.0	$p = 5029^{\circ}0966$	
- Obliquity of the Ecliptic for J2000.0	$\epsilon_0 = 23^{\circ}26'21''.4119$	IAU(1976) Value = $23^{\circ}26'21''.448$. See chapter 5 ⁽¹⁾
- Mean Angular Velocity of the Earth	$\omega = 7.292115 \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$	

Derived Constants

- Astronomical Unit	$c\tau_A = 1.4959787061 \times 10^{11} \text{ m}$	IAU (1976) Value = $1.49597870 \times 10^{11} \text{ m}$
- Solar Parallax	$\pi_e = \text{Sin}^{-1}(a_e / A) = 8^{\circ}794142$	IAU (1976) Value = $8^{\circ}794148$
- Earth Flattening	$f^{-1} = 298.257$	
- Heliocentric Constant for Gravitation	$GM_{\odot} = 1.32712440 \times 10^{20} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$	IAU (1976) Value = $1.32712438 \times 10^{20} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
- Ratio of the solar Mass to the Mass of the Earth	$M_{\odot}/M_e = 332,946.045$	IAU (1976) Value = 332,946.0
- Ratio of the Solar Mass to the Mass of the Earth-Moon System	$M_{\odot}/M_e(1 + \mu) = 328,900.56$	IAU (1976) Value = 328,900.5
- Solar Mass	$M_{\odot} = 1.9889 \times 10^{30} \text{ kg}$	

System of Masses (See Chapter 4 for references and discussion) (Expressed in Reciprocal Solar Masses)

- Mercury	6,023,600	IAU (1976) Value = 6,023,600
- Venus	408,523.71	IAU (1976) Value = 408,523.5
- Earth-Moon System	328,900.56	IAU (1976) Value = 328,900.5 (adjustable in LLR)
- Mars	3,098,708	IAU (1976) Value = 3,098,710
- Jupiter	1,047,3486	IAU (1976) Value = 1,047,355
- Saturn	3,397.90	IAU (1976) Value = 3,498.5
- Uranus	22,902.94	IAU (1976) Value = 22,869
- Neptune	19,412.24	IAU (1976) Value = 19,314
- Pluto-Charon	135,000,000	IAU (1976) Value = 3,000,000
- Ceres	2.0×10^9	IAU (1976) Value = 1.7×10^9
- Pallas	8×10^9	IAU (1976) Value = 9.1×10^9
- Vesta	7×10^9	IAU (1976) Value = 8.3×10^9

Lunar Gravitational Parameters for LLR

$\gamma = (B - A) / C$	2.280043×10^{-4}	IAU (1976) Value = 2.278×10^{-4}
$\beta = (C - A) / B$	6.316769×10^{-4}	IAU (1976) Value = 6.313×10^{-4}
C / MR*	0.39053	IAU (1976) Value = 0.392
I*	5553 ⁷⁵	IAU (1976) Value = $5552^7 = 1^31^32^7$
GM*	$4902.7889 \text{ km}^3/\text{sec}^2$	
Love Number (k_2)	0.0222	
Rotation Dissipation (k_2T)	$4.643 \times 10^{-3} \text{ days}$	
C ₂₀	-2.02151×10^{-4}	IAU (1976) Value = -2.027×10^{-4}
C ₂₂ ^A	2.2302×10^{-5}	IAU (1976) Value = $+2.23 \times 10^{-5}$
C ₃₀	-8.626×10^{-6}	IAU (1976) Value = -6×10^{-6}
C ₃₁	3.071×10^{-5}	IAU (1976) Value = $+2.9 \times 10^{-5}$
S ₃₁	5.6107×10^{-6}	IAU (1976) Value = $+4 \times 10^{-6}$
C ₃₂	4.8348×10^{-6}	IAU (1976) Value = $+4.8 \times 10^{-6}$
S ₃₂	1.684×10^{-6}	IAU (1976) Value = $+1.7 \times 10^{-6}$
C ₃₃	1.436×10^{-6}	IAU (1976) Value = $+1.8 \times 10^{-6}$
S ₃₃	-3.3435×10^{-7}	IAU (1976) Value = -1×10^{-6}
C ₄₀	1.5×10^{-7}	
C ₄₁	-7.18×10^{-6}	
S ₄₁	2.95×10^{-6}	
C ₄₂	-1.440×10^{-6}	
S ₄₂	-2.884×10^{-6}	
C ₄₃	-8.5×10^{-8}	
S ₄₃	-7.89×10^{-7}	
C ₄₄	-1.549×10^{-7}	
S ₄₄	5.64×10^{-8}	

* Derived Constants

DYNAMICAL MODELSGeopotential

- Laser Satellites		
Lageos	GEM-T3, truncated at degree and order 20	See Chapter 6 ⁽¹⁾
GPS, Etalon	GEM-T3, truncated at degree and order 8	See Chapter 6 ⁽¹⁾
- LLR	IAU (1976) Value = (1976) zonals through degree 4 for DE200/LE200.	

Solid Earth Tides

- Lageos, GPS, Etalon		See Chapter 7 ⁽¹⁾
-----------------------	--	------------------------------

Ocean Tides

- Lageos, GPS, Etalon	Schwiderski Ocean Tide Model	See Chapter 8 ⁽¹⁾
-----------------------	------------------------------	------------------------------

Non-Gravitational Force Parameters (Area and Mass)

- Lageos	$A = 0.283 \text{ m}^2, m = 407 \text{ kg}$	
- Etalon-1, -2	$A = 1.315 \text{ m}^2, m = 1346 \text{ kg}$	
- GPS (Satellite Dependent)		See Chapter Fliegel, <i>et al.</i> (1992) ⁽²⁾

Radiation Pressure

		See Chapter 12 ⁽¹⁾
- Reflectance Model		See Chapter 12 ⁽¹⁾
- Earth Radiation Pressure	Ignored	For GPS See Chapter Fliegel (1992) ⁽²⁾
- Penumbra Model	6 402 km 1 738 km 696 000 km	Radius of Earth for shadow model. Radius of Moon for shadow model. Radius of Sun for shadow model.

The Values of these parameters are consistent with the DE200/LE200 ephemerides but they are adjustable in LLR.

Along-Track Force

- Lageos, Etalon-1, -2 $C_T \times 10^{-12} \text{ ms}^{-2} - / \nu$ per unit mass C_T is an adjusted parameter

Other non-gravitational Force

- GPS γ -bias, C_γ C_γ is an adjusted parameter for each satellite

Relativistic Correction**- Propagation**

- LLR Retardation due to Sun and Earth See Chapter 14⁽¹⁾
 - VLBI Retardation and bending due to Sun, Earth and Moon See Chapter 14⁽¹⁾
 - SLR Retardation due to Earth See Chapter 14⁽¹⁾
 - GPS Retardation due to Earth See Chapter 14⁽¹⁾

- Time Epoch and Interval

- LLR, VLBI Annual, diurnal and other periodic terms See Chapter 13⁽¹⁾
 - SLR, GPS none See Chapter 13⁽¹⁾

- Dynamics

- LLR Barycentric (n-body) formulation ($- = - = 1$) See Chapter 13⁽¹⁾
 - SLR Geocentric (1-body) formulation ($- = - = 1$) See Chapter 13⁽¹⁾
 - GPS Geocentric (1-body) formulation ($- = - = 1$) See Chapter 13⁽¹⁾

Secular Acceleration of the Moon

$n = -24.9 \text{ arcsec cy}^{-2}$ n is an adjusted parameter in LLR. IAG (1991) Value

MEASUREMENT MODEL**Troposphere**

- SLR and LLR Surface meteorology measurement plus Marini and Murray Model (1973) See Chapter 11⁽¹⁾
 - VLBI See Chapter 11⁽¹⁾
 Water vapor radiometry if available-otherwise use model plus possible adjustment of vertical delay.
 - GPS See Chapter 11⁽¹⁾

Satellite Center Mass Correction

- Lageos 0.251 m This may vary depending on detection type for site.
 - Etalon-1, -2 0.558 m
 - GPS Block I $dx = 0.210 \text{ m}$
 $dy = 0.0 \text{ m}$
 $dz = 0.854 \text{ m}$ dx, dy, dz are given in the satellite body-fixed coordinate frame (Fliegel, 1991).
 - GPS Block II $dx = 0.2794 \text{ m}$
 $dy = 0.0 \text{ m}$
 $dz = 1.0229 \text{ m}$ dx, dy, dz are given in the satellite body-fixed coordinate frame (Fliegel, 1991).

Unit vectors for the body fixed coordinates are given by k , defined as a unit vector pointing from the satellite center of mass to the center of the Earth; j , defined by $\hat{j} = k \times \hat{S}$,

where S is a unit vector pointing from the center of mass of the satellite to the Sun, assuming the cross product is not zero; and i , determined by $\hat{i} = \hat{j} \times \hat{k}$. Within 3 degrees of Earth-Sun-satellite line, only the correction to the x-coordinate is made.

Solid Earth Tides Displacement

Wahr Solid Tide Model See Chapter 7⁽¹⁾

Ocean Loading Site Displacement

Schwiderski tides See Chapter 10⁽¹⁾

REFERENCE SYSTEMS	1984 Conventions except as noted	
<u>Conventional Inertial System</u>	Mean equinox and equator of J2000.0	See Chapter 2 ⁽¹⁾
<u>Time Synchronization</u>	UTC as given by BIPM	If using UTC(USNO), then use UTC(USNO)-UTC(BIPM) as published by BIPM to correct to UTC(BIPM).
<u>Precession</u>	IAU 1976	See Chapter Lieske, <i>et al.</i> (1977) for application ⁽³⁾
<u>Nutation</u>	IAU 1980	Based on Wahr Theory. Reference pole is the Celestial Ephemeris Pole (CEP). See Chapter 4 ⁽¹⁾
<u>Terrestrial Reference Frame</u>		See Chapter 3 ⁽¹⁾
<u>Tidal Variations in UTI</u>		See Chapter 10 ⁽¹⁾
<u>VLBI Radio Source Positions and Designations</u>		See Chapter 2 ⁽¹⁾
<u>Tectonic Motion</u>	NUVEL Not Net Rotation	See Chapter 3 ⁽¹⁾
<u>Ephemeris System</u>	Astronomical Almanac, 1984 (DE200/LE200).	Uses the Equinox and Equator of J2000. Origin in right ascension is set equal to the dynamical equinox of J2000.0. See Chapter 5 ⁽¹⁾

Lunar Reference Frame

- Retro-Reflector Coordinates (meters)

These coordinates are consistent with the DE200/LE200 ephemeris system but they are adjustable in LLR.

Apollo 11

	X1	X2	X3
PA	1592012.174	690605.998	21006.310
ME	1591752.786	691221.995	20394.850
	R	LONG	LAT
PA	1735477.073	23.45093088	0.69352820
ME	1735477.073	23.47299617	0.673333975

Apollo 14

	X1	X2	X3
PA	1652662.237	-521095.647	-109727.640
ME	1652821.419	-520455.963	-110364.156
	R	LONG	LAT
PA	1736339.050	-17.50041767	-3.62321101
ME	1736339.050	-17.47866283	-3.64425710

Apollo 15

	X1	X2	X3
PA	1554686.268	98004.046	765010.082
ME	1554942.413	98604.650	764412.078
	R	LONG	LAT
PA	1735481.089	3.60702873	26.15530389
ME	1735481.089	3.62847880	26.13331104

Lunakhod 2

	X1	X2	X3
--	----	----	----

PA	1339413.779	801793.356	756361.607
ME	1339394.295	802310.618	755847.426
	R	LONG	LAT
PA	1734642.539	30.90537743	25.85105146
ME	1734642.539	30.92203167	25.83218088

PA = Principal Axis Coordinates

ME = Mean Earth Coordinates

Rotation Angles between mean Earth and principal axis
coordinates at $\tau = 79.815$, $P1 = -79.350$, $P2 = 0.295$
arcseconds

⁽¹⁾ - D.D. McCarthy (ed). IERS Standards (1992). IERS Technical Notes 13.

⁽²⁾ - Fliegel, H. F., Gallini, T. E., and Swift, E. R., 1992, "Global Positioning System Radiation Force Model for Geodetic Applications," *J. Geophys. Res.*, 97, N° B1, pp. 559-568

⁽³⁾ - Lieske, J. H., Lederle, T., Fricke, W., and Morando, B., 1977, "Expression for the Precession Quantities Based upon the IAU (1976) Value = (1976) System of Astronomical Constants," *Astron. Astrophys.*, 58, pp. 1-16.

APÊNDICE II: DADOS GPS NA INTERNET

Atualmente algumas instituições internacionais divulgam dados das estações fiduciais e de efemérides precisas. Existem duas formas de copiar tais dados:

1 - Utilizando o comando FTP - File Transfer Protocol para acessar os seguintes endereços: [igsb.jpl.nasa.gov](ftp://igsb.jpl.nasa.gov) ou (128.149.70.171) e indo para o diretório /igsb.

2 - Acessando a WWW - World Wide Web usando o seguinte endereço: <http://igsb.jpl.nasa.gov/>.

Nos dois endereços acima, existem diversas informações interessantes para usuários de efemérides precisas e dados observacionais das estações fiduciais.

Além, da instituição citada acima o dados podem ser acessados através do seguinte endereço: 192.33.147.230 e indo para o diretório pub/igs/obs. Este endereço é do IGN, na França.

APÊNDICE III: FORMATO RINEX

RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2

(Revision, April 1993)
 (Clarification December 1993)
 (Doppler Definition: Jan. 1994)
 (PR Clarification: Oct. 1994)
 (Wlfact Clarification: Feb. 1995)

Werner Gurtner
 Astronomical Institute
 University of Berne

0. INTRODUCTION

This paper is a revised version of the one published by W. Gurtner and G. Mader in the CSTG GPS Bulletin of September/October 1990. The main reason for a revision is the new treatment of antispoofing data by the RINEX format (see chapter 7). Chapter 4 gives a recommendation for data compression procedures, especially useful when large amounts of data are exchanged through computer networks. In Table A3 in the original paper the definition of the "PGM / RUN BY / DATE" navigation header record was missing, although the example showed it. The redefinition of AODE/AODC to IODE/IODC also asks for an update of the format description. For consistency reasons we also defined a Version 2 format for the Meteorological Data files (inclusion of a END OF HEADER record and an optional MARKER NUMBER record).

* The slight modification (or rather the definition of a bit in the Loss *
 * of Lock Indicator unused so far) to flag AS data is so small a change *
 * that we decided to NOT increase the version number! *

In order to have all the available information about RINEX in one place we also included parts of earlier papers and a complete set of format definition tables and examples.

URA Clarification (10-Dec-93):

The user range accuracy in the Navigation Message File did not contain a definition of the units: There existed two ways of interpretation: Either the 4 bit value from the original message or the converted value in meters according to GPS ICD-200. In order to simplify the interpretation for the user of the RINEX files I propose the bits to be converted into meters prior to RINEX file creation.

1. THE PHILOSOPHY OF RINEX

The first proposal for the "Receiver Independent Exchange Format" RINEX has been developed by the Astronomical Institute of the University of Berne for the easy exchange of the GPS data to be collected during the large European GPS campaign EUREF 89, which involved more than 60 GPS receivers of 4 different manufacturers. The governing aspect during the development was the following fact:

Most geodetic processing software for GPS data use a well-defined set of observables:

- the carrier-phase measurement at one or both carriers (actually being a measurement on the beat frequency between the received carrier of the satellite signal and a receiver-generated reference frequency).
- the pseudorange (code) measurement, equivalent to the difference of the time of reception (expressed in the time frame of the receiver) and the time of transmission (expressed in the time frame of the satellite) of a distinct satellite signal.
- the observation time being the reading of the receiver clock at the instant of validity of the carrier-phase and/or the code measurements.

Usually the software assumes that the observation time is valid for both the phase AND the code measurements, AND for all satellites observed.

Consequently all these programs do not need most of the information that is usually stored by the receivers: They need phase, code, and time in the above mentioned definitions, and some station-related information like station name, antenna height, etc.

2. GENERAL FORMAT DESCRIPTION

Currently the format consists of three ASCII file types:

1. Observation Data File
2. Navigation Message File
3. Meteorological Data File

Each file type consists of a header section and a data section. The header section contains global information for the entire file and is placed at the beginning of the file. The header section contains header labels in columns 61-80 for each line contained in the header section. These labels are mandatory and must appear exactly as given in these descriptions and examples.

The format has been optimized for minimum space requirements independent from the number of different observation types of a specific receiver by indicating in the header the types of observations to be stored. In computer systems allowing variable record lengths the observation records may then be kept as short as possible. The maximum record length is 80 bytes per record.

Each Observation file and each Meteorological Data file basically contain the data from one site and one session. RINEX Version 2 also allows to include observation data from more than one site subsequently occupied by a roving receiver in rapid static or kinematic applications.

If data from more than one receiver has to be exchanged it would not be economical to include the identical satellite messages collected by the different receivers several times. Therefore the Navigation Message File from one receiver may be exchanged or a composite Navigation Message File created containing non-redundant information from several receivers in order to make the most complete file.

The format of the data records of the RINEX Version 1 Navigation Message file is identical to the former NGS exchange format.

The actual format descriptions as well as examples are given in the Tables at the end of the paper.

3. DEFINITION OF THE OBSERVABLES

GPS observables include three fundamental quantities that need to be defined: Time, Phase, and Range.

TIME:

The time of the measurement is the receiver time of the received signals. It is identical for the phase and range measurements and is identical for all satellites observed at that epoch. It is expressed in GPS time (not Universal Time).

PSEUDO-RANGE:

The pseudo-range (PR) is the distance from the receiver antenna to the satellite antenna including receiver and satellite clock offsets (and other biases, such as atmospheric delays):

$$PR = \text{distance} + c * (\text{receiver clock offset} - \text{satellite clock offset} + \text{other biases})$$

so that the pseudo-range reflects the actual behavior of the receiver and satellite clocks. The pseudo-range is stored in units of meters.

PHASE:

The phase is the carrier-phase measured in whole cycles at both L1 and L2. The half-cycles measured by squaring-type receivers must be converted to whole cycles and flagged by the wavelength factor in the header section.

The phase changes in the same sense as the range (negative doppler). The phase observations between epochs must be connected by including the integer number of cycles. The phase observations will not contain any systematic drifts from intentional offsets of the reference oscillators.

The observables are not corrected for external effects like atmospheric refraction, satellite clock offsets, etc.

If the receiver or the converter software adjusts the measurements using the real-time-derived receiver clock offsets $dT(r)$, the consistency of the 3 quantities phase / pseudo-range / epoch must be maintained, i.e. the receiver clock correction should be applied to all 3 observables:

```

Time(corr) = Time(r) - dT(r)
PR(corr)   = PR(r)   - dT(r)*c
phase(corr) = phase(r) - dT(r)*freq

```

DOPPLER:

The sign of the doppler shift as additional observable is defined as usual: Positive for approaching satellites.

4. THE EXCHANGE OF RINEX FILES:

We recommend using the following naming convention for RINEX files:

```

ssssdddf.yyt      ssss:  4-character station name designator
                   ddd:   day of the year of first record
                   f:    file sequence number within day
                   0:    file contains all the existing
                        data of the current day
                   yy:   year
                   t:   file type:
                        O: Observation File
                        N: Navigation file
                        M: Meteorological data file

```

To exchange RINEX files on magnetic tapes we recommend using the following tape format:

- Non-label; ASCII; fixed record length: 80 characters; block size: 8000
- First file on tape contains list of files using above-mentioned naming conventions

When data transmission times or storage volumes are critical we recommend compressing the files prior to storage or transmission using the UNIX "compress" and "uncompress" programs. Compatible routines are available on VAX/VMS and PC/DOS systems, as well.

Proposed naming conventions for the compressed files:

System	Observation files	Navigation Files
UNIX	ssssdddf.yyO.Z	ssssdddf.yyN.Z
VMS	ssssdddf.yyO_Z	ssssdddf.yyN_Z
DOS	ssssdddf.yyY	ssssdddf.yyX

5. RINEX VERSION 2 FEATURES

The following section contains features that have been introduced for RINEX Version 2.

5.1 Satellite Numbers:

Version 2 has been prepared to contain GLONASS or other satellite systems' observations. Therefore we have to be able to distinguish the satellites of the different systems: We precede the 2-digit satellite number with a system denominator.

```

snn              s:  satellite system
                  blank: system as defined in header record
                  G   : GPS
                  R   : GLONASS
                  T   : Transit
                  nn:  PRN (GPS), channel number (GLONASS)
                       or two-digit satellite number

```

Note: G, R, and T are mandatory in mixed files

5.2 Order of the Header Records:

As the record descriptors in columns 61-80 are mandatory, the programs reading a RINEX Version 2 header are able to decode the header records with formats according to the record descriptor, provided the records have been first read into an internal buffer.

We therefore propose to allow free ordering of the header records, with the following exceptions:

- The "RINEX VERSION / TYPE" record must be the first record in a file
- The default "WAVELENGTH FACT L1/2" record (if present) should precede all records defining wavelength factors for individual satellites

- The "# OF SATELLITES" record (if present) should be immediately followed by the corresponding number of "PRN / # OF OBS" records. (These records may be handy for documentary purposes. However, since they may only be created after having read the whole raw data file we define them to be optional.

5.3 Missing Items, Duration of the Validity of Values

Items that are not known at the file creation time can be set to zero or blank or the respective record may be completely omitted. Consequently items of missing header records will be set to zero or blank by the program reading RINEX files. Each value remains valid until changed by an additional header record.

5.4. Event Flag Records

The "number of satellites" also corresponds to the number of records of the same epoch followed. Therefore it may be used to skip the appropriate number of records if certain event flags are not to be evaluated in detail.

5.5 Receiver Clock Offset

A large number of users asked to optionally include a receiver-derived clock offset into the RINEX format. In order to prevent confusion and redundancy, the receiver clock offset (if present) should report the value that has been used to correct the observables according to the formulae under item 1. It would then be possible to reconstruct the original observations if necessary. As the output format for the receiver-derived clock offset is limited to nanoseconds the offset should be rounded to the nearest nanosecond before it is used to correct the observables in order to guarantee correct reconstruction.

6. ADDITIONAL HINTS AND TIPS

Programs developed to read RINEX Version 1 files have to verify the version number. Version 2 files may look different (version number, END OF HEADER record, receiver and antenna serial number alphanumeric) even if they do not use any of the new features

We propose that routines to read RINEX Version 2 files automatically delete leading blanks in any CHARACTER input field. Routines creating RINEX Version 2 files should also left-justify all variables in the CHARACTER fields.

DOS, and other, files may have variable record lengths, so we recommend to first read each observation record into a 80-character blank string and decode the data afterwards. In variable length records, empty data fields at the end of a record may be missing, especially in the case of the optional receiver clock offset.

7. RINEX UNDER ANTISPOOFING (AS)

Some receivers generate code delay differences between the first and second frequency using cross-correlation techniques when AS is on and may recover the phase observations on L2 in full cycles. Using the C/A code delay on L1 and the observed difference it is possible to generate a code delay observation for the second frequency.

Other receivers recover P code observations by breaking down the Y code into P and W code.

Most of these observations may suffer from an increased noise level. In order to enable the postprocessing programs to take special actions, such AS-infected observations are flagged using bit number 2 of the Loss of Lock Indicators (i.e. their current values are increased by 4).

8. REFERENCES

Evans, A. (1989): "Summary of the Workshop on GPS Exchange Formats." Proceedings of the Fifth International Geodetic Symposium on Satellite Systems, pp. 917ff, Las Cruces.

Gurtner, W., G. Mader, D. Arthur (1989): "A Common Exchange Format for GPS Data." CSTG GPS Bulletin Vol.2 No.3, May/June 1989, National Geodetic Survey, Rockville.

Gurtner, W., G. Mader (1990): "The RINEX Format: Current Status, Future Developments." Proceedings of the Second International Symposium of Precise Positioning with the Global Positioning system, pp. 977ff, Ottawa.

Gurtner, W., G. Mader (1990): "Receiver Independent Exchange Format

Version 2.* CSTG GPS Bulletin Vol.3 No.3, Sept/Oct 1990, National Geodetic Survey, Rockville.

9. RINEX VERSION 2 FORMAT DEFINITIONS AND EXAMPLES

TABLE A1 OBSERVATION DATA FILE - HEADER SECTION DESCRIPTION		
HEADER LABEL (Columns 61-80)	DESCRIPTION	FORMAT
RINEX VERSION / TYPE	- Format version (2) - File type ('O' for Observation Data) - Satellite System: blank or 'G': GPS 'R': GLONASS 'T': NNSS Transit 'M': Mixed	I6,14X, A1,19X, A1,19X
PGM / RUN BY / DATE	- Name of program creating current file - Name of agency creating current file - Date of file creation	A20, A20, A20
* COMMENT	Comment line(s)	A60 *
MARKER NAME	Name of antenna marker	A60
* MARKER NUMBER	Number of antenna marker	A20 *
OBSERVER / AGENCY	Name of observer / agency	A20,A40
REC # / TYPE / VERS	Receiver number, type, and version (Version: e.g. Internal Software Version)	3A20
ANT # / TYPE	Antenna number and type	2A20
APPROX POSITION XYZ	Approximate marker position (WGS84)	3F14.4
ANTENNA: DELTA H/E/N	- Antenna height: Height of bottom surface of antenna above marker - Eccentricities of antenna center relative to marker to the east and north (all units in meters)	3F14.4
WAVELENGTH FACT L1/2	- Wavelength factors for L1 and L2 1: Full cycle ambiguities 2: Half cycle ambiguities (squaring) 0 (in L2): Single frequency instrument - Number of satellites to follow in list 0 or blank: Default wavelength factors Maximum 7. If more than 7 satellites: Repeat record. - List of PRNs (satellite numbers)	2I6, I6, 7(3X,A1,I2)
# / TYPES OF OBSERV	- Number of different observation types stored in the file - Observation types The following observation types are defined in RINEX Version 2: L1, L2: Phase measurements on L1 and L2 C1 : Pseudorange using C/A-Code on L1 P1, P2: Pseudorange using P-Code on L1,L2 D1, D2: Doppler frequency on L1 and L2 T1, T2: Transit Integrated Doppler on 150 (T1) and 400 MHz (T2) Observations collected under Antispoofing are converted to "L2" or "P2" and flagged with bit 2 of loss of lock indicator (see Table A2). Units : Phase : full cycles Pseudorange : meters Doppler : Hz Transit : cycles The sequence of the types in this record has to correspond to the sequence of the observations in the observation records	I6, 9(4X,A2)
* INTERVAL	Observation interval in seconds	I6 *

TIME OF FIRST OBS	Time of first observation record year (4 digits), month,day,hour,min,sec	5I6,F12.6
* TIME OF LAST OBS	Time of last observation record year (4 digits), month,day,hour,min,sec	5I6,F12.6 *
* # OF SATELLITES	Number of satellites, for which observations are stored in the file	I6 *
* PRN / # OF OBS	PRN (sat.number), number of observations for each observation type indicated in the "# / TYPES OF OBSERV" - record. This record is repeated for each satellite present in the data file	3X,A1,I2,9I6 *
END OF HEADER	Last record in the header section.	60X

Records marked with * are optional

TABLE A2 OBSERVATION DATA FILE - DATA RECORD DESCRIPTION		
OBS. RECORD	DESCRIPTION	FORMAT
EPOCH/SAT OR EVENT FLAG	<ul style="list-style-type: none"> - Epoch : <li style="padding-left: 20px;">year (2 digits), month,day,hour,min,sec - Epoch flag 0: OK <li style="padding-left: 40px;">1: power failure between previous and current epoch <li style="padding-left: 40px;">>1: Event flag - Number of satellites in current epoch - List of PRNs (sat.numbers) in current epoch <li style="padding-left: 20px;">If more than 12 satellites: Continued in next line with n(A1,I2) - receiver clock offset (seconds, optional) <p>If EVENT FLAG record (epoch flag > 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Event flag: <li style="padding-left: 20px;">2: start moving antenna <li style="padding-left: 20px;">3: new site occupation (end of kinem. data) (at least MARKER NAME record follows) <li style="padding-left: 20px;">4: header information follows <li style="padding-left: 20px;">5: external event (epoch is significant) <li style="padding-left: 20px;">6: cycle slip records follow to optionally report detected and repaired cycle slips (same format as OBSERVATIONS records; slip instead of observation; LLI and signal strength blank) - "Number of satellites" contains number of records to follow (0 for event flags 2,5) 	<p>5I3,F11.7,</p> <p>I3,</p> <p>I3,</p> <p>12(A1,I2),</p> <p>F12.9</p>
OBSERVATIONS	<ul style="list-style-type: none"> - Observation - LLI - Signal strength <p>rep. within record for each obs.type (same seq as given in header)</p> <p>This record is repeated for each satellite given in EPOCH/SAT - record.</p> <p>If more than 5 observation types (=80 char): Continue observations in next record.</p> <p>Observations:</p> <p style="padding-left: 20px;">Phase : Units in whole cycles of carrier</p> <p style="padding-left: 20px;">Code : Units in meters</p> <p>Missing observations are written as 0.0 or blanks.</p> <p>Loss of lock indicator (LLI). Range: 0-7</p> <p>0 or blank: OK or not known</p> <p>Bit 0 set : lost lock between previous and current observation: cycle slip possible</p> <p>Bit 1 set : Inverse wavelength factor to default (does NOT change default)</p> <p>Bit 2 set : observation under Antispoofing (may suffer from increased noise)</p> <p>Bits 0 and 1 for phase only.</p> <p>Signal strength projected into interval 1-9:</p> <p style="padding-left: 20px;">1: minimum possible signal strength</p> <p style="padding-left: 20px;">5: threshold for good S/N ratio</p> <p style="padding-left: 20px;">9: maximum possible signal strength</p> <p>0 or blank: not known, don't care</p>	<p>m(F14.3,</p> <p>I1,</p> <p>I1)</p>

TABLE A3 NAVIGATION MESSAGE FILE - HEADER SECTION DESCRIPTION		
HEADER LABEL (Columns 61-80)	DESCRIPTION	FORMAT
RINEX VERSION / TYPE	- Format version (2) - File type ('N' for Navigation data)	I6,14X, A1,19X
PGM / RUN BY / DATE	- Name of program creating current file - Name of agency creating current file - Date of file creation	A20, A20, A20
* COMMENT	Comment line(s)	A60
* ION ALPHA	Ionosphere parameters A0-A3 of almanac (page 18 of subframe 4)	2X,4D12.4
* ION BETA	Ionosphere parameters B0-B3 of almanac	2X,4D12.4
* DELTA-UTC: A0,A1,T,W	Almanac parameters to compute time in UTC (page 18 of subframe 4) A0,A1: terms of polynomial T : reference time for UTC data W : UTC reference week number	3X,2D19.12, 2I9
* LEAP SECONDS	Delta time due to leap seconds	I6
END OF HEADER	Last record in the header section.	60X

Records marked with * are optional

TABLE A4 NAVIGATION MESSAGE FILE - DATA RECORD DESCRIPTION		
OBS. RECORD	DESCRIPTION	FORMAT
PRN / EPOCH / SV CLK	- Satellite PRN number - Epoch: Toc - Time of Clock year (2 digits) month day hour minute second - SV clock bias (seconds) - SV clock drift (sec/sec) - SV clock drift rate (sec/sec ²)	I2, 5I3, F5.1, 3D19.12
BROADCAST ORBIT - 1	- IODE Issue of Data, Ephemeris - Crs (meters) - Delta n (radians/sec) - M0 (radians)	3X,4D19.12
BROADCAST ORBIT - 2	- Cuc (radians) - e Eccentricity - Cus (radians) - sqrt(A) (sqrt(m))	3X,4D19.12
BROADCAST ORBIT - 3	- Toe Time of Ephemeris (sec of GPS week) - Cic (radians) - OMEGA (radians) - CIS (radians)	3X,4D19.12
BROADCAST ORBIT - 4	- i0 (radians) - Crc (meters) - omega (radians) - OMEGA DOT (radians/sec)	3X,4D19.12
BROADCAST ORBIT - 5	- IDOT (radians/sec) - Codes on L2 channel - GPS Week # (to go with TOE) - L2 P data flag	3X,4D19.12
BROADCAST ORBIT - 6	- SV accuracy (meters) - SV health (MSB only) - TGD (seconds) - IODC Issue of Data, Clock	3X,4D19.12

BROADCAST ORBIT - 7	- Transmission time of message (sec of GPS week, derived e.g. from Z-count in Hand Over Word (HOW)) - spare - spare - spare	3X,4D19.12
---------------------	--	------------

TABLE A5
METEOROLOGICAL DATA FILE - HEADER SECTION DESCRIPTION

HEADER LABEL (Columns 61-80)	DESCRIPTION	FORMAT
RINEX VERSION / TYPE	- Format version (2) - File type ('M' for Meteorological Data)	I6,14X, A1,39X
PGM / RUN BY / DATE	- Name of program creating current file - Name of agency creating current file - Date of file creation	A20, A20, A20
* COMMENT	Comment line(s)	A60 *
MARKER NAME	Station Name (preferably identical to MARKER NAME in the associated Observation File)	A60
* MARKER NUMBER	Station Number (preferably identical to MARKER NUMBER in the associated Observation File)	A20 *
# / TYPES OF OBSERV	- Number of different observation types stored in the file - Observation types The following meteorological observation types are defined in RINEX Version 2: PR : Pressure (mbar) TD : Dry temperature (deg Celsius) HR : Relative Humidity (percent) ZW : Wet zenith path delay (millimeters) (for WVR data) The sequence of the types in this record must correspond to the sequence of the measurements in the data records	I6, 9(4X,A2)
END OF HEADER	Last record in the header section.	60X

TABLE A6
METEOROLOGICAL DATA FILE - DATA RECORD DESCRIPTION

OBS. RECORD	DESCRIPTION	FORMAT
EPOCH / MET	- Epoch in GPS time (not local time!) year (2 digits), month,day,hour,min,sec - Met data in the same sequence as given in the header	6I3, mF7.1

TABLE A7
OBSERVATION DATA FILE - EXAMPLE

```

-----|---1|0---|---2|0---|---3|0---|---4|0---|---5|0---|---6|0---|---7|0---|---8|
      2      OBSERVATION DATA      M (MIXED)      RINEX VERSION / TYPE
BLANK OR G = GPS, R = GLONASS, T = TRANSIT, M = MIXED      COMMENT
XXRINEXO V9.9      AIUB      22-APR-93 12:43      PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A MIXED RINEX FILE      COMMENT
A 9080      MARKER NAME
9080.1.34      MARKER NUMBER
BILL SMITH      ABC INSTITUTE      OBSERVER / AGENCY
X1234A123      XX      ZZZ      REC # / TYPE / VERS
234      YY      ANT # / TYPE
    
```

```

4375274.      587466.      4589095.
      .9030      .0000      .0000
1      1
1      2      6      G14      G15      G16      G17      G18      G19
4      P1      L1      L2      P2
18
1990      3      24      13      10      36.000000
APPROX POSITION XYZ
ANTENNA: DELTA H/E/N
WAVELENGTH FACT L1/2
WAVELENGTH FACT L1/2
# / TYPES OF OBSERV
INTERVAL
TIME OF FIRST OBS
END OF HEADER

90 3 24 13 10 36.0000000 0 3G12G 9G 6      -.123456789
23629347.915      .300 8      -.353      23629364.158
20891534.648      -.120 9      -.358      20891541.292
20607600.189      -.430 9      .394      20607605.848
90 3 24 13 10 50.0000000 4 3
1      2      2      G 9      G12
*** WAVELENGTH FACTOR CHANGED FOR 2 SATELLITES ***
WAVELENGTH FACT L1/2
COMMENT
COMMENT

90 3 24 13 10 54.0000000 0 5G12G 9G 6R21R22      -.123456789
23619095.450      -53875.632 8      -41981.375      23619112.008
20886075.667      -28688.027 9      -22354.535      20886082.101
20611072.689      18247.789 9      14219.770      20611078.410
21345678.576      12345.567 5
22123456.789      23456.789 5
90 3 24 13 11 0.0000000 2
4      1
*** FROM NOW ON KINEMATIC DATA! ***
COMMENT
90 3 24 13 11 48.0000000 0 4G16G12G 9G 6      -.123456789
21110991.756      16119.980 7      12560.510      21110998.441
23588424.398      -215050.557 6      -167571.734      23588439.570
20869878.790      -113803.187 8      -88677.926      20869884.938
20621643.727      73797.462 7      57505.177      20621649.276
3      4

A 9080
9080.1.34
      .9030      .0000      .0000
MARKER NAME
MARKER NUMBER
ANTENNA: DELTA H/E/N
COMMENT
--> THIS IS THE START OF A NEW SITE <--
90 3 24 13 12 6.0000000 0 4G16G12G 6G 9      -.123456987
21112589.384      24515.877 6      19102.763 3      21112596.187
23578228.338      -268624.234 7      -209317.284 4      23578244.398
20625218.088      92581.207 7      72141.846 4      20625223.795
20864539.693      -141858.836 8      -110539.435 5      20864545.943
90 3 24 13 13 1.2345678 5 0
4      1
(AN EVENT FLAG WITH SIGNIFICANT EPOCH)
COMMENT
90 3 24 13 14 12.0000000 0 4G16G12G 9G 6      -.123456012
21124965.133      89551.30216      69779.62654      21124972.2754
23507272.372      -212616.150 7      -165674.789 5      23507288.421
20828010.354      -333820.093 6      -260119.395 5      20828017.129
20650944.902      227775.130 7      177487.651 4      20650950.363
4      2
*** ANTISPOOFING ON G 16 AND LOST LOCK
COMMENT
90 3 24 13 14 12.0000000 6 2G16G 9
123456789.0      -9876543.5
0.0      -0.5
4      2
----> CYCLE SLIPS THAT HAVE BEEN APPLIED TO
COMMENT
THE OBSERVATIONS
COMMENT
90 3 24 13 14 48.0000000 0 4G16G12G 9G 6      -.123456234
21128884.159      110143.144 7      85825.18545      21128890.7764
23487131.045      -318463.297 7      -248152.728 4      23487146.149
20817844.743      -387242.571 6      -301747.22925      20817851.322
20658519.895      267583.67817      208507.26234      20658525.869
4      3
*** SATELLITE G 9 THIS EPOCH ON WLFACT 1 (L2)
COMMENT
*** G 6 LOST LOCK AND ON WLFACT 2 (L2)
COMMENT
(INVERSE TO PREVIOUS SETTINGS)
COMMENT

```

```

----|---1|0---|---2|0---|---3|0---|---4|0---|---5|0---|---6|0---|---7|0---|---8|

```

```

+-----+
|                                     |
|               TABLE A8             |
|          NAVIGATION MESSAGE FILE - EXAMPLE          |
|-----+

```

```

----|---1|0---|---2|0---|---3|0---|---4|0---|---5|0---|---6|0---|---7|0---|---8|

```

```

2      N: GPS NAV DATA      RINEX VERSION / TYPE
XXRINEXN V2.0      AIUB      12-SEP-90 15:22      PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF VERSION 2 FORMAT      COMMENT
.1676D-07 .2235D-07 -.1192D-06 -.1192D-06      ION ALPHA
.1208D+06 .1310D+06 -.1310D+06 -.1966D+06      ION BETA
.133179128170D-06 .107469588780D-12 552960      39 DELTA-UTC: A0,A1,T,W
6      LEAP SECONDS
END OF HEADER
6 90 8 2 17 51 44.0 -.839701388031D-03 -.165982783074D-10 .000000000000D+00

```

```
.91000000000D+02 .93406250000D+02 .116040547840D-08 .162092304801D+00
.484101474285D-05 .626740418375D-02 .652112066746D-05 .515365489006D+04
.40990400000D+06 -.242143869400D-07 .329237003460D+00 -.596046447754D-07
.111541663136D+01 .326593750000D+03 .206958726335D+01 -.638312302555D-08
.307155651409D-09 .00000000000D+00 .55100000000D+03 .00000000000D+00
.00000000000D+00 .00000000000D+00 .00000000000D+00 .91000000000D+02
.40680000000D+06
13 90 8 2 18 59 60.0 .490025617182D-03 .204636307899D-11 .00000000000D+00
.13300000000D+03 -.96312500000D+02 .146970407622D-08 .292961152146D+01
-.498816370964D-05 .200239347760D-02 .928156077862D-05 .515328476143D+04
.41400000000D+06 -.279396772385D-07 .243031939942D+01 -.558793544769D-07
.110192796930D+01 .271187500000D+03 -.232757915425D+01 -.619632953057D-08
-.785747015231D-11 .00000000000D+00 .55100000000D+03 .00000000000D+00
.00000000000D+00 .00000000000D+00 .00000000000D+00 .38900000000D+03
.41040000000D+06
```

----|---1|0---|---2|0---|---3|0---|---4|0---|---5|0---|---6|0---|---7|0---|---8|

```
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
                                  TABLE A9
                                  METEOROLOGICAL DATA FILE - EXAMPLE
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

----|---1|0---|---2|0---|---3|0---|---4|0---|---5|0---|---6|0---|---7|0---|---8|

```
2 METEOROLOGICAL DATA RINEX VERSION / TYPE
XXRINEXM V9.9 AIUB 22-APR-93 12:43 PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A MET DATA FILE COMMENT
A 9080 MARKER NAME
3 PR TD HR # / TYPES OF OBSERV
END OF HEADER
90 3 24 13 10 15 987.1 10.6 89.5
90 3 24 13 10 30 987.2 10.9 90.0
90 3 24 13 10 45 987.1 11.6 89.0
```

----|---1|0---|---2|0---|---3|0---|---4|0---|---5|0---|---6|0---|---7|0---|---8|

APÊNDICE IV: FORMATO SP3

The National Geodetic Survey Standard GPS Format SP3

Paul R. Spofford
National Geodetic Survey
National Ocean Service, NOAA
Silver Spring, MD 20910-3282, USA

and

Benjamin W. Remondi, PhD
P.O. Box 37
Dickerson, Maryland 20842, USA

INTRODUCTION

Why do we need standardized orbit formats? Standard orbit formats provide many advantages, the most obvious being orbit exchange. ASCII and binary formats both satisfy this function, but ASCII does it with greater generality because binary formats are computer operating system dependent.

The NGS standard GPS orbit format SP1 was introduced in Remondi (1985). After a few years of use, it was realized that enhancements would eventually be required. The "orbit type," the coordinate system, and the GPS week associated with the first epoch of the ephemeris file were added in a manner that did not impact the formats and existing software.

A more serious omission of the initial NGS orbit format was the satellite clock corrections. This omission reflected an earlier belief that all geodetic applications could be accomplished in differential mode. Today we realize that standard formats serve a wider community and include those who find it inconvenient to operate in a differential mode. A user can operate in single-receiver or navigation mode based on the broadcast message. However, the user can get more accurate (post-processed) results if the precise orbital data and the associated satellite clock corrections, which were determined simultaneously with those precise orbits, are available. This becomes even more valuable when the broadcast orbit and clock information are intentionally degraded.

Thus, a new NGS orbit format was proposed in Remondi (1989), and modified and adopted in Remondi (1991). This format is similar to the original NGS orbit format, but comprises positional and satellite clock correction data. Furthermore, other changes were proposed which allow more flexibility with regard to enhancements. This summary document combines the specifications and enhancements discussed in Remondi (1989) and Remondi (1991), with examples for the benefit of the user.

SP3

In this document the NGS orbital format SP3 (Standard Product # 3) for Global Positioning System (GPS) satellites is discussed (see examples 1 and 2). The major addition to earlier formats is the satellite clock correction information which is computed simultaneously with the orbits. The basic format is a position and clock record; a second, optional, record contains velocities and clock rates-of-change. The Position Record Flag, P, in line one indicates that no velocities are included. The

Velocity Record Flag, V, in line one indicates that at each epoch, and for each satellite, a satellite velocity and clock rate-of-change has been computed. The SP3 format has been designed such that satellites other than GPS could be described as well.

Note: All times referred to in this document are GPS times, even when they are represented as Gregorian or Modified Julian Dates. Thus, information for conversion of GPS time to Coordinated Universal Time (UTC) is not provided as part of the SP3 format.

1 Standard Product #3 ASCII SP3 Format Version "a"
(refer to example given in figure 1)

SP3 First Line

Columns 1-2	Version Symbol	#a
Column 3	Pos or Vel Flag	P or V
Columns 4-7	Year Start	1994
Column 8	Unused	_
Columns 9-10	Month Start	_12
Column 11	Unused	_
Columns 12-13	Day of Month St	_17
Column 14	Unused	_
Columns 15-16	Hour Start	_0
Column 17	Unused	_
Columns 18-19	Minute Start	_0
Column 20	Unused	_
Columns 21-31	Second Start	_0.00000000
Column 32	Unused	_
Columns 33-39	Number of Epochs	____96
Column 40	Unused	_
Columns 41-45	Data Used	____d
Column 46	Unused	_
Columns 47-51	Coordinate Sys	ITR92
Column 52	Unused	_
Columns 53-55	Orbit Type	FIT
Column 56	Unused	_
Columns 57-60	Agency	_NGS

SP3 Line Two

Columns 1-2	Symbols	##
Column 3	Unused	_
Columns 4-7	GPS Week	_779
Column 8	Unused	_
Columns 9-23	Seconds of Week	518400.00000000
Column 24	Unused	_
Columns 25-38	Epoch Interval	_900.00000000
Column 39	Unused	_
Columns 40-44	Mod Jul Day St	49703
Column 45	Unused	_
Columns 46-60	Fractional Day	0.00000000000000

SP3 Line Three

Columns 1-2	Symbols	+_
Column 3-4	Unused	_
Columns 5-6	Number of Sats	25
Column 7-9	Unused	_
Columns 10-12	Sat #1 Id	__1
Column 13-15	Sat #2 Id	__2
*		
*		
*		
Columns 58-60	Sat #17 Id	_22

SP3 Line Four

Columns 1-2	Symbols	+_
Columns 3-9	Unused	<u> </u>
Columns 10-12	Sat #18 Id	<u> 23</u>
Columns 13-15	Sat #19 Id	<u> 24</u>
*		
*		
*		
Columns 58-60	Sat #34 Id	<u> 0</u>

SP3 Line Five

Columns 1-2	Symbols	+_
Columns 3-9	Unused	<u> </u>
Columns 10-12	Sat #35 Id	<u> 0</u>
Columns 13-15	Sat #36 Id	<u> 0</u>
*		
*		
*		
Columns 58-60	Sat #51 Id	<u> 0</u>

SP3 Line Six

Columns 1-2	Symbols	+_
Columns 3-9	Unused	<u> </u>
Columns 10-12	Sat #52 Id	<u> 0</u>
Columns 13-15	Sat #53 Id	<u> 0</u>
*		
*		
*		
Columns 58-60	Sat #68 Id	<u> 0</u>

SP3 Line Seven

Columns 1-2	Symbols	+_
Columns 3-9	Unused	<u> </u>
Columns 10-12	Sat #69 Id	<u> 0</u>
Columns 13-15	Sat #70 Id	<u> 0</u>
*		
*		
*		
Columns 58-60	Sat #85 Id	<u> 0</u>

SP3 Line Eight

Columns 1-2	Symbols	++
Columns 3-9	Unused	<u> </u>
Columns 10-12	Sat #1 Accuracy	<u> 7</u>
Columns 13-15	Sat #2 Accuracy	<u> 6</u>
*		
*		
*		
Columns 58-60	Sat #17 Accuracy	<u> 5</u>

SP3 Line Nine

Columns 1-2	Symbols	++
Columns 3-9	Unused	<u> </u>
Columns 10-12	Sat #18 Accuracy	<u> 5</u>
Columns 13-15	Sat #19 Accuracy	<u> 5</u>
*		
*		

*
Columns 58-60 Sat #34 Accuracy __0

SP3 Line Ten

Columns 1-2	Symbols	++
Columns 3-9	Unused	_____
Columns 10-12	Sat #35 Accuracy	__0
Columns 13-15	Sat #36 Accuracy	__0

*
*
*
Columns 58-60 Sat #51 Accuracy __0

SP3 Line Eleven

Columns 1-2	Symbols	++
Columns 3-9	Unused	_____
Columns 10-12	Sat #52 Accuracy	__0
Columns 13-15	Sat #53 Accuracy	__0

*
*
*
Columns 58-60 Sat #68 Accuracy __0

SP3 Line Twelve

Columns 1-2	Symbols	++
Columns 3-9	Unused	_____
Columns 10-12	Sat #69 Accuracy	__0
Columns 13-15	Sat #70 Accuracy	__0

*
*
*
Columns 58-60 Sat #85 Accuracy __0

SP3 Lines Thirteen and Fourteen

Columns 1-2	Symbols	%c
Column 3	Unused	-
Columns 4-5	2 characters	cc
Column 6	Unused	-
Columns 7-8	2 characters	cc
Column 9	Unused	-
Columns 10-12	3 characters	ccc
Column 13	Unused	-
Columns 14-16	3 characters	ccc
Column 17	Unused	-
Columns 18-21	4 characters	cccc
Column 22	Unused	-
Columns 23-26	4 characters	cccc
Column 27	Unused	-
Columns 28-31	4 characters	cccc
Column 32	Unused	-
Columns 33-36	4 characters	cccc
Column 37	Unused	-
Columns 38-42	5 characters	ccccc
Column 43	Unused	-
Columns 44-48	5 characters	ccccc
Column 49	Unused	-
Columns 50-54	5 characters	ccccc
Column 55	Unused	-
Columns 56-60	5 characters	ccccc

SP3 Lines Fifteen and Sixteen

Columns	Symbols	%f
Columns 1-2	Unused	—
Column 3	Unused	—
Columns 4-13	10-column float	—0.0000000
Column 14	Unused	—
Columns 15-26	12-column float	—0.000000000
Column 27	Unused	—
Columns 28-41	14-column float	—0.00000000000
Column 42	Unused	—
Columns 43-60	18-column float	—0.000000000000000

SP3 Lines Seventeen and Eighteen

Columns	Symbols	%i
Columns 1-2	Unused	—
Column 3	Unused	—
Columns 4-7	4-column int	—0
Column 8	Unused	—
Columns 9-12	4-column int	—0
Column 13	Unused	—
Columns 14-17	4-column int	—0
Column 18	Unused	—
Columns 19-22	4-column int	—0
Column 23	Unused	—
Columns 24-29	6-column int	—0
Column 30	Unused	—
Columns 31-36	6-column int	—0
Column 37	Unused	—
Columns 38-43	6-column int	—0
Column 44	Unused	—
Columns 45-50	6-column int	—0
Column 51	Unused	—
Columns 52-60	9-column int	—0

SP3 Lines Nineteen to Twenty two

Columns	Symbols	/*
Columns 1-2	Unused	—
Column 3	Unused	—
Columns 4-60	Comment	CC...CC

SP3 Line Twenty three (The Epoch Header Record)

Columns	Symbols	*_
Columns 1-2	Unused	—
Column 3	Unused	—
Columns 4-7	Year Start	1994
Column 8	Unused	—
Columns 9-10	Month Start	12
Column 11	Unused	—
Columns 12-13	Day of Month St	17
Column 14	Unused	—
Columns 15-16	Hour Start	—0
Column 17	Unused	—
Columns 18-19	Minute Start	—0
Column 20	Unused	—
Columns 21-31	Second Start	—0.00000000

SP3 Line Twenty four (The Position and Clock Record)
(See example 1)

Column	Symbol	P
Column 1	Vehicle Id.	—1
Columns 2-4	x-coordinate(km)	—16258.524750
Columns 5-18	y-coordinate(km)	—-3529.015750
Columns 19-32		

Columns 33-46	z-coordinate(km)	_-20611.427050
Columns 47-60	clock (microsec)	____-62.540600
*		
*		
*		

In addition, one could use the Velocity and Clock Rate-of-Change record, V, after the Position and Clock record. The clock rate-of-change units are 10^{*-4} microseconds/second.

SP3 Line Twenty five
(See example 2)

Column 1	Symbol	V
Columns 2-4	Vehicle Id.	__1
Columns 5-18	x-velocity(dm/s)	__16258.524750
Columns 19-32	y-velocity(dm/s)	__ -3529.015750
Columns 33-46	z-velocity(dm/s)	__ -20611.427050
Columns 47-60	clock rate-chg	____-62.540600
*		
*		
*		

SP3 Line 22+NUMEPS*(NUMSATS+1)+1 (i.e., The Last Line)

Columns 1-3	Symbols	EOF
-------------	---------	-----

!Discussion of the SP3 Format

On line one, character two is the format version identification character. The first released version has been designated version 'a'. Subsequent versions will use lower case letters in alphabetical order. The first line comprises the Gregorian date and time of day of the first epoch of the orbit, the number of epochs in the ephemeris file (up to 10 million), the data used descriptor, the orbit type descriptor, and the agency descriptor. The data used descriptor was included for ease in distinguishing between multiple orbital solutions from a single organization. This will have primary use for the agency generating the orbit. A possible convention is given below; this is not considered final and suggestions are welcome.

u	-- undifferenced carrier phase
du	-- change in u with time
s	-- 2-receiver/1-satellite carrier phase
ds	-- change on s with time
d	-- 2-receiver/2-satellite carrier phase
dd	-- change in d with time
U	-- undifferenced code phase
dU	-- change in U with time
S	-- 2-receiver/1-satellite code phase
dS	-- change in S with time
D	-- 2-receiver/2-satellite code phase
dD	-- change in D with time
+	-- type separator

Combinations such as "__u+U" seem reasonable. If the measurements used were complex combinations of standard types, then one could use "mixed" where mixed could be explained on the comment lines.

Orbit type is described by a three character descriptor. At this time only three have been defined: FIT (fitted), EXT (extrapolated or predicted), and BCT (broadcast). Naturally, others are possible. The computing agency descriptor allows four characters (e.g. _NGS).

The second line has: the GPS week (which will exceed 1000 in the year 1999); the seconds of the GPS Week elapsed at the start of the orbit ($0.0 \leq \text{seconds of week} < 604800.0$); the epoch interval ($0.0 < \text{epoch interval} < 100000.0$) in seconds; the modified Julian Day Start (where 44244 represents GPS zero time - January 6, 1980); and fractional part of the day ($0.0 \leq \text{fractional} < 1.0$) at the start of the orbit.

The third line to the seventh lines indicate the number of satellites followed by their respective identifiers. The identifiers must use consecutive slots and continue on lines 4-7, if required. The value 0 should only appear after all the identifiers are listed. Satellite identifiers may be listed in any order. However, for ease in reviewing satellites included in the orbit file it is recommended that numerical order be used.

The eighth line to the twelfth lines have the orbit accuracy exponents. The value 0 is interpreted as accuracy unknown. A satellite's accuracy exponent appears in the same slot on lines 8-12 as the identifier on lines 3-7. The accuracy is computed from the exponent as in the following example. If the accuracy exponent is 13, the accuracy is $2^{**}13$ mm or 8 m. The quoted orbital error should represent one standard deviation and be based on the orbital error in the entire file for the respective satellite. This may lead to some distortion when orbit files are joined together.

Lines 13-18 allow the SP3 ASCII file to be modified, since the SP3 format has been designed so that additional parameters may be added.

Lines 19-22 are free form comments.

Line 23 is the epoch header date and time.

Line 24 is the position and clock line, and the first character is 'P' indicating a position line. The positional values are in kilometers and are precise to 1 mm. A precision of 0.5 mm can be accommodated if rounding is used, i.e., the value shown is never more than 0.5 mm from the computed value. The clock values are in microseconds and are precise to 1 picosecond. Bad or absent positional values are to be set to 0.000000. Bad or absent clock values are to be set to 999999.9999. The six integer nines are required, whereas the fractional part nines are optional. When the position/velocity mode flag is set to 'V' in line one, each position record for a given satellite is followed by a velocity record for the same satellite. The first character of the velocity record is a "V". The velocity components are given in decimeters/second and have a precision of $10^{**}-4$ mm/second. The last column of a velocity record is the rate-of-change of clock correction given in units of $10^{**}-4$ microsecond/second. The precision of this parameter is $10^{**}-16$ second/second.

!Example 1

```
#aP1994 12 17 0 0 0.00000000          96      d ITR92 FIT  NGS
## 779 518400.00000000  900.00000000 49703 0.00000000000000
+ 25      1  2  4  5  6  7  9 12 14 15 16 17 18 19 20 21 22
+      23 24 25 26 27 28 29 31 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
+      0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
+      0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++      7 6 5 5 5 5 5 5 5 6 5 5 5 5 6 5 5
++      5 5 6 5 5 5 5 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++      0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++      0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++      0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
%c cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc ccccc ccccc ccccc ccccc
```

```

%c cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc ccccc ccccc ccccc ccccc
%f 0.0000000 0.000000000 0.00000000000 0.000000000000000
%f 0.00000000 0.0000000000 0.000000000000 0.000000000000000
%i 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
%i 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
/* ccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
/* ccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
/* ccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
/* ccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
* 1994 12 17 0 0 0.00000000
P 1 16258.524750 -3529.015750 -20611.427050 -62.540600
P 2 -21998.652100 -8922.093550 -12229.824050 -131.326200
P 4 -26019.547600 4809.810900 -2508.578200 3.544600
P 5 7014.950200 21130.960300 -14387.334650 79.692800
*
*
*
P 28 13204.937750 -20485.533400 10794.787000 55.200800
P 29 -1638.431050 -24391.479200 10455.312650 3.690300
P 31 6265.255800 -25687.986950 -753.359000 70.830800
* 1994 12 17 0 15 0.00000000
P 1 15716.820135 -1169.850490 -21281.578766 -62.542746
P 2 -22813.261065 -9927.616864 -9816.490189 -131.328686
*
*
*
P 28 13416.746195 -22186.753441 6248.864499 55.385492
P 29 -2745.269113 -22169.709690 14469.340453 3.718873
P 31 5629.986510 -25241.323751 -5659.769347 71.118497
* 1994 12 17 23 45 0.00000000
P 1 16708.907949 -5150.972262 -19904.291167 -62.727331
P 2 -21321.617042 -8048.187511 -13856.581227 -131.555527
P 4 -26107.382526 5010.736034 -422.963345 3.672587
P 5 7932.078481 21838.230749 -12767.671968 79.888744
*
*
*
P 28 13308.321924 -21306.183480 8935.290694 55.387446
P 29 -2059.774801 -23532.083663 12229.852140 3.719337
P 31 6034.395625 -25605.621951 -2843.783172 71.121661
EOF!Example 2

```

```

#aV1994 12 17 0 0 0.00000000 96 d ITR92 FIT NGS
## 779 518400.00000000 900.00000000 49703 0.00000000000000
+ 25 1 2 4 5 6 7 9 12 14 15 16 17 18 19 20 21 22
+ 23 24 25 26 27 28 29 31 0 0 0 0 0 0 0 0 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 7 6 5 5 5 5 5 5 5 6 5 5 5 5 6 5 5
++ 5 5 6 5 5 5 5 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
++ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
%c cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc ccccc ccccc ccccc ccccc
%c cc cc ccc ccc cccc cccc cccc cccc ccccc ccccc ccccc ccccc
%f 0.0000000 0.000000000 0.00000000000 0.000000000000000
%f 0.00000000 0.0000000000 0.000000000000 0.000000000000000
%i 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
%i 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
/* ccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
/* ccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
/* ccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
/* ccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
* 1994 12 17 0 0 0.00000000
P 1 16258.524750 -3529.015750 -20611.427050 -62.540600
V 1 -6560.373522 25605.954994 -9460.427179 -0.024236
P 2 -21998.652100 -8922.093550 -12229.824050 -131.326200

```

```

V 2 -9852.750736 -12435.176313 25738.634180 -0.029422
P 4 -26019.547600 4809.810900 -2508.578200 3.544600
V 4 2559.038002 -3340.527442 -31621.490838 0.016744
*
*
*
P 29 -1638.431050 -24391.479200 10455.312650 3.690300
V 29 5754.005457 -12065.761570 -27707.056273 0.003537
P 31 6265.255800 -25687.986950 -753.359000 70.830800
V 31 3053.344058 -63.091750 31910.454757 0.033749
* 1994 12 17 0 15 0.00000000
P 1 15716.820135 -1169.850490 -21281.578766 -62.542746
V 1 -5439.955846 26738.341429 -5409.793390 -0.023226
P 2 -22813.261065 -9927.616864 -9816.490189 -131.328686
V 2 -8178.974330 -9924.329320 27813.754308 -0.025238
*
*
*
P 31 5629.986510 -25241.323751 -5659.769347 71.118497
V 31 5213.646243 -5585.922919 30831.379942 0.040199
* 1994 12 17 23 45 0.00000000
P 1 16708.907949 -5150.972262 -19904.291167 -62.727331
V 1 -7218.304166 24494.550676 -12283.334526 -0.023824
*
*
*
P 31 6034.395625 -25605.621951 -2843.783172 71.121661
V 31 3831.346050 -2469.229615 31655.436179 0.028935
EOF!

```

REFERENCES

1. Remondi, B. W. 1985: Distribution of Global Positioning System Ephemerides by the National Geodetic Survey, Presented at the First Conference on Civil Applications of GPS - Institute of Navigation, September 12, 1985, 8 pp.
2. Remondi, B. W. 1989: Extending the National Geodetic Survey Geodetic Orbit Formats, NOAA Technical Report 133 NGS 46, 85 pp.
3. Remondi, B. W., 1991: NGS Second Generation ASCII and Binary Orbit Formats and Associated Interpolated Studies, Proceedings of the Twentieth General Assembly, International Union of Geodesy and Geophysics, Vienna, Austria, August 11-24, 1991, 28 pp.

ORDERING INFORMATION

Geodetic publications of NOAA and the National Geodetic Survey are sold in paper form by the Information Services Division, National Geodetic Survey, NOAA. To obtain a price list or to place an order contact:

NOAA, National Geodetic Survey
SSMC3, N/CG112
1315 East-West Highway
Silver Spring, Maryland 20910-3282
USA

Telephone: 301-713-3242
FAX: 301-713-4172.

```

=====
Paul R. Spofford                               Internet: pauls@ngs.noaa.gov
NOAA, National Geodetic Survey                 Telephone: 301-713-3205
1315 East-West Highway, N/CG12                 FAX: 301-713-4322
Silver Spring, Maryland 20910-3282, USA        Home: 301-831-6099
=====

```