

Estabelecimento de uma Base de Alta Precisão para Levantamentos Geodésicos em Santa Catarina

De Freitas, S.R.C.; Cordini, J.; do Prado, A.; de Souza, C.B.

UFPR, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Laboratório de Aferição e Instrumentação Geodésicas
Fone: (041) 361-3150, Fax (041) 266-2393, Caixa Postal 19011
81.531-990 Curitiba PR, Brasil

✉ sfreitas@cce.ufpr.br

✉ jucilei@geoc.ufpr.br

Conteúdo	
	1. Introdução
	2. Experimento
	3. Caracterização das estações GPS
	3.1 Identificação
	3.2 Localização
	3.3 Equipamentos utilizados
	3.4 Rastreo e armazenamento das observações
	4. Estratégia de Processamento
	4.1 Software utilizado
	4.2 Processamento das observações
	4.3 Resumo do Processamento
	4.4 Resultados
	5. Considerações finais
	6. Agradecimentos
	7. Referências Bibliográficas

Resumo: Os levantamentos geodésicos e topográficos aplicados aos levantamentos cadastrais, legalmente devem ser vinculados ao SGB. O presente artigo aborda a implantação de uma base geodésica de alta precisão, no Estado de Santa Catarina, utilizando o melhor sistema de posicionamento para o desenvolvimento de bases geodésicas na atualidade: GPS. A UFPR estabeleceu um programa de observações GPS, com grande envergadura, para atender o projeto de Geodinâmica do CPGCG, visando o estudo das variações da posição do **Datum** Vertical Brasileiro, localizado no porto de Imbituba/SC. Um dos principais resultados obtidos está relacionado com um perfil continental no Sul do Brasil, com 315 km de extensão e três estações GPS: Imbituba/SC; Blumenau/SC e Curitiba/PR (base), e controle externo com estações IGS (International GPS Geodynamics Service) de Santiago do Chile e de Brasília, constituindo-se na mais longa série de observações na América do Sul, para implantação de uma base geodésica em rede. Receptores GPS de dupla frequência coletaram continuamente as observações durante 45 dias. Uma visão geral dos pontos implantados, do Software utilizado, da estratégia de processamento e os resultados de interesse, serão apresentados.

Palavras chaves: Base geodésica; Levantamento GPS

Abstract: In 1997, it was devised a multi-parametric experiment with a great span to assist the Geodynamic project of the Post-Graduation Program in Geodetic Sciences of Federal University of Parana (UFPR), seeking to study of the changing positions at Brazilian Vertical **Datum**, located at Imbituba Harbour. One of the main obtained results is related with a continental profile, along the N-S direction, in Southern Brazil, with 315 km of length and three GPS sites - Imbituba/SC, Blumenau/SC e Curitiba/PR (base) and monitored by IGS (International GPS Geodynamics Service) stations in Santiago-Chile and Brasília-Brazil. This profile constitutes the longest observed series in South America, with the purpose in implanting a geodetic baseline linked with IGS network. In each stations it were installed several equipments, in their midst, a dual-frequency GPS receiver, and the observations were continuously collected along forty-five days. A general view of the implanted sites, the adopted Software structure, the processing strategy and the results of interest, are here discussed and presented.

Keywords: Geodetic baseline; GPS surveying

1. Introdução

Do ponto de vista legal, os levantamentos geodésicos e topográficos em geral, e aqueles aplicados aos levantamentos cadastrais, devem ser vinculados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)(IBGE,1989).

Historicamente, a medição e a implantação de uma base geodésica de precisão era realizada por equipes altamente treinadas,

utilizando o fio ou fita de invar, envolvendo uma série de cuidados especiais, um significativo aparato de campo e demorava alguns meses. Com o surgimento dos Distanciômetros Eletrônicos a tarefa de medição de distâncias se tornou mais simples e rápida. A portabilidade e facilidade de operação e, principalmente a precisão conseguida com os distanciômetros mais modernos, foram atrativos suficientes para a sua utilização nos mais diversos trabalhos topográficos, geodésicos e nos grandes empreendimentos da Engenharia Civil, tal como, acompanhamento da execução e controle de barragens, entre outros. Atualmente, com o desenvolvimento tecnológico introduzido nos equipamentos de medição, estes equipamentos se transformaram nas conhecidas estações totais de trabalho.

Com a chegada da era espacial, novas técnicas de medição remota foram desenvolvidas. O surgimento do Sistema TRANSIT, que possibilitava o posicionamento de pontos sobre a superfície da Terra através do rastreamento de satélites artificiais, sem a preocupação das condições meteorológicas, motivou sobremaneira a comunidade geodésica mundial, antevendo uma técnica de medição com potencial generalizado. O Sistema TRANSIT evoluiu muito rapidamente e por volta dos anos 80, surge o Sistema de Posicionamento Global - GPS. Atualmente, este sistema é o melhor sistema de posicionamento para o desenvolvimento de uma base geodésica de precisão.

A região Sul do Brasil, pelas suas características e importância no cenário nacional, exige o posicionamento de perfis e a discriminação de limites com alta precisão. Tendo em vista esta preocupação, o presente artigo apresenta a metodologia empregada na implantação da base geodésica Blumenau-Imbituba, utilizando observações contínuas GPS. Discute-se ao longo deste trabalho, o experimento realizado, a estratégia de processamento e a qualidade da base implantada.

2. Experimento

A Universidade Federal do Paraná (UFPR) vem desenvolvendo estudos na área de Geodinâmica, através de projeto de pesquisa do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (CPGCG). Para atendimento do projeto de Geodinâmica, foi estabelecido um programa de observações GPS, de grande envergadura, visando o estudo das variações de posição do DATUM Vertical Brasileiro, localizado no município de Imbituba, litoral sul do Estado de Santa Catarina. Mais precisamente, a referência altimétrica brasileira está localizada no cais do porto da Companhia Docas de Imbituba.

Um dos principais resultados obtidos deste programa é o relacionado com um perfil continental, implantado no sul do Brasil, com aproximadamente 315 km de extensão, composto de três estações GPS: Imbituba/SC, Blumenau/SC e Curitiba/PR (base). Para monitoramento externo destas estações, foram utilizadas duas estações fiduciais pertencentes ao IGS: Santiago do Chile (SANT) e Brasília (BRAZ).

A campanha foi desenvolvida entre abril e maio de 1997, totalizando quarenta e cinco (45) dias de observações contínuas (24 h). Em cada estação foi instalado, entre outros equipamentos, um receptor geodésico GPS de dupla frequência e a antena posicionada em pilar especialmente construído em local adequado.

Este perfil de observações GPS constitui a mais longa série de observações na América do Sul, para a implantação de uma base geodésica em rede.

3. Caracterização das estações GPS

3.1 Identificação

Para a realização dos estudos propostos, as estações implantadas ao longo do perfil continental receberam uma identificação provisória, com exceção da estação GPS de Curitiba, que é uma estação permanente e integrante da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).

Estação GPS de Curitiba: PARA - permanente da RBMC;

Estação GPS de Imbituba: IMB0 - estação em estudos;

Estação GPS de Blumenau: BLU0 - estação em estudos.

3.2 Localização

A estação IMB0 localiza-se no município de Imbituba, litoral sul do Estado de Santa Catarina. Situa-se no pátio central da Administração do Porto de Imbituba, da Companhia Docas de Imbituba. O município dista aproximadamente 90 km de Florianópolis e o acesso se dá através da BR-101.

A estação BLU0 localiza-se no município de Blumenau, na região do baixo vale do rio Itajaí-Açu, distante cerca de 50 km da costa. Situa-se no pátio do Campus III da Fundação Universidade Regional de Blumenau. O município dista aproximadamente 130 km de Florianópolis e o acesso se dá através da BR-101.

A estação PARA localiza-se no município de Curitiba, Estado do Paraná, distante cerca de 80 km da costa. Situa-se no pátio frontal do Centro Politécnico da UFPR. O acesso mais fácil e rápido é através da BR-277 (início) em direção ao litoral (Figura 1 e Tabelas 1 e 2).

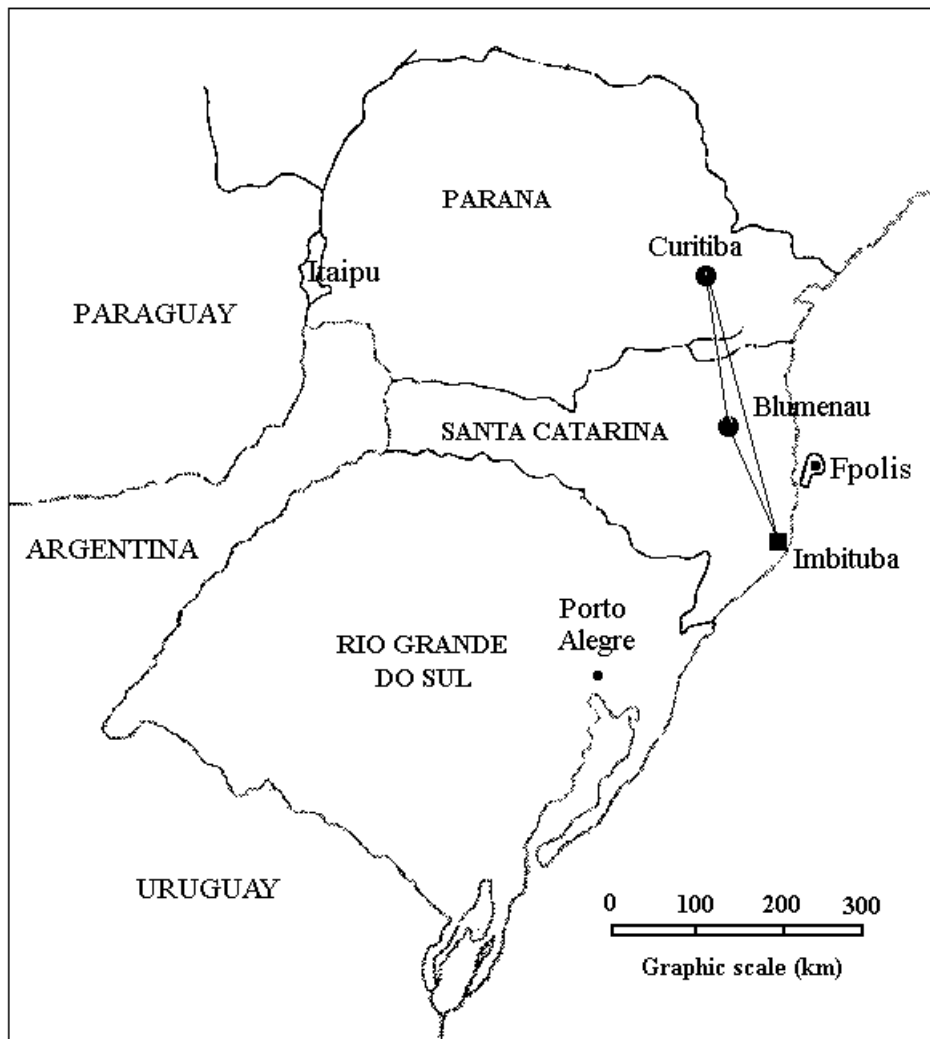


Fig. 1: Estações usadas no experimento desenvolvido entre 09/04/97 e 21/05/97 (- Receptor GPS com L1+L2 + Medição de: maré gravimétrica; pressão atmosférica; temperatura; - Receptor GPS com L1+L2 + Medição de: maré gravimétrica; maré oceânica; pressão atmosférica; temperatura)

Tabela 1: Posição das Estações (GPS)

Estações	Latitude	Longitude	H (m)	d @ Mar (km)
Curitiba	25° 26' 54.1291 S	49° 13' 51.4368 W	925.7591	» 80
Blumenau	26° 53' 30.0421 S	49° 05' 00.8292 W	26.7669	» 50
Imbituba	28° 14' 11.8106 S	48° 39' 21.8818 W	11.7642	» 0.200

Tabela 2: Comprimento das linhas de base (km)

Curitiba --> Blumenau	160.592
Curitiba --> Imbituba	314.170
Blumenau --> Imbituba	154.895

3.3 Equipamentos utilizados

Em todas as estações foram utilizados equipamentos receptores geodésicos de dupla frequência. Nas estações IMB0 e BLU0 foram utilizados os receptores Z12 da *Ashtech* e antena geodésica L₁/L₂ modelo 718; na estação PARA o receptor instalado é o 4000 SS/ da *Trimble*, e antena geodésica L₁/L₂ Dorne Margolin T.

3.4 Rastreo e armazenamento das observações

Dada a natureza dos estudos, as observações foram coletadas através de rastreo contínuo durante um período de quarenta e cinco dias. Os três primeiros dias da campanha foram destinados à verificação das condições de funcionamento dos equipamentos e das condições de rastreo. Nesta fase foram efetuados treinamentos dos operadores, verificações de rotina como aferição das baterias e acesso de pessoas à antena. Também foram verificadas as possíveis perdas de satélites e detecção de satélites com problemas.

O sistema para a descarga contínua dos dados foi montado a partir da conexão do receptor a um microcomputador, através da porta RS-232, disponível nos receptores geodésicos. Mediante a utilização de *Software* apropriado, os dados de rastreo eram armazenados direta e continuamente no microcomputador. A cada 23 h 45 min, o operador fechava o arquivo diário e um novo arquivo era aberto.

4. Estratégia de Processamento

4.1 Software utilizado

O *Software* utilizado para o processamento das observações é conhecido por *The Bernese GPS Software Version 4.0* [Rothacher & Mervart, 1996]. Encontra-se em sua 6ª versão desde que foi desenvolvido por cientistas do Instituto Astronômico da Universidade de Bern, no final da década de 80. No Brasil, s.m.j., duas instituições adquiriram o *Software*: o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [COSTA, S.M.A., 1998] e a Universidade Federal do Paraná através do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.

O *Bernese GPS Software Version 4.0* é um dos melhores softwares científicos para processamento de dados GPS, por atender às necessidades dos mais variados usuários, os quais buscam, acima de tudo, resultados de alta precisão. Justamente por proporcionar soluções altamente confiáveis, é utilizado pelos centros de processamento e análises do IGS.

Resumidamente, apresentamos a seguir as principais características do *Software Bernese*, extraídas de [COSTA, S.M.A., 1998]:

- Permite o processamento do código (P e C/A) e fase (L₁ e L₂), ou ambas simultaneamente;
- Possui cinco diferentes combinações lineares entre as observações de L₁ e L₂;
- Possibilita a utilização de receptores de diferentes fabricantes, combinados em um único processamento, efetuando a correção do centro de fase das antenas;
- Possui três modelos de Ionosfera e quatro modelos de Troposfera; também permite o cálculo dos parâmetros troposféricos específicos para cada estação;
- Para os dados de mais de dois receptores, o processamento é feito em sessão, reduzindo o tempo de processamento e possibilitando a modelagem das correlações matemáticas;
- Permite a combinação de resultados de várias sessões e/ou de várias campanhas, obtendo-se parâmetros de interesse científico;
- Em um único processamento, inúmeros parâmetros podem ser estimados;
- Possui versões para as plataformas computacionais: LINUX, UNIX e DOS;
- Estruturado de forma a permitir ao usuário definir suas opções para o processamento;
- Possibilidade de pós-processamento dos dados obtidos através de levantamentos cinemáticos;
- Processamento automático das sessões, utilizando a ferramenta *BPE - Bernese Processing Engine*.

O *Bernese* está estruturado em forma de painéis de fácil interação com o operador, integrando mais de cem programas principais e cerca de duzentas subrotinas.

4.2 Processamento das observações

O processamento das observações pelo *Software Bernese* é dividido em quatro etapas principais: Transferência, Órbitas, Processamento e Serviços. A passagem dos dados do formato receptor para o formato RINEX e posteriormente para o formato *Bernese*, é realizada na etapa de transferência. Nesta etapa são gerados também os arquivos de zero diferenças de código e fase. A fase de preparação de órbitas precisas para o processamento compreende duas etapas. Na primeira etapa as informações das órbitas são transformadas em efemérides tabulares referidas ao sistema J2000.0 [McCarthy, 1996]. A segunda etapa é reservada para a criação do arco de órbita, denominada órbita padrão. A fase de processamento é realizada em etapas. No pré processamento são calculadas a correção do relógio do receptor com relação ao tempo GPS e as coordenadas das estações a partir das observações do código. A segunda fase do pré processamento destina-se a formação das linhas de base. As simples diferenças (entre receptores) são armazenadas em arquivos e as duplas diferenças serão criadas na última fase do processamento. Cuidado na escolha da estratégia de formação das linhas de base, pois o comprimento da linha é determinante na resolução das ambigüidades. Na última fase do pré processamento, são eliminadas as observações de má qualidade e é realizada a correção da perda de ciclos. Em seguida são geradas coordenadas a partir das triplas diferenças de fase, cuja solução deverá apresentar erro médio quadrático na ordem de 1 centímetro. O processamento final é dedicado à estimativa dos parâmetros através das duplas diferenças de fase. Inicialmente é feita a análise das observações cujos resíduos ultrapassarem uma tolerância estabelecida pelo operador. Em seguida são resolvidas as ambigüidades, podendo ser adotadas quatro estratégias disponíveis. A conclusão do processamento se dá com a geração do arquivo de coordenadas finais e das equações normais, para posterior combinação das soluções de diferentes sessões. A fase de serviços permite efetuar uma série de análises, dentre as quais, a análise de resíduos e a comparação de resultados.

4.3 Resumo do Processamento

O resumo da estratégia utilizada para o processamento dos dados GPS para a implantação da base Blumenau-Ibituba, está

sintetizada na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Resumo do processamento

Definição do Referencial	
Estações fiduciais	IGS: Brasília (BRAZ) e Santiago (SANT)
Satélites	Órbitas precisas do IGS
Coordenadas fonte:	ITRF-94
Época de referência:	1997,4
Constantes Utilizadas	
Velocidade da luz:	299 792 458 m/s
GM:	3,986 005 000 x 10 ¹⁴ m ³ /s ²
A _e :	6 378 137 m
Modelos Aplicados	
Ionosfera:	Combinação linear entre L ₁ e L ₂
Troposfera:	Modelo de Saastamoinen
Centro de fase da antena:	Dependente do ângulo de elevação
Maré terrestre:	IERS Standards 1992
Maré oceânica:	Não aplicado
Parâmetros Ajustados	
Estações:	Posição (X,Y,Z) exceto para estações fiduciais
Troposfera:	1 parâmetro troposférico para cada estação
Ambigüidades:	Ajustadas como números reais e fixadas como
	Inteiros p/a determinação das abcissas horárias

Outros aspectos relativos ao processamento em rede das observações do perfil em estudo:

- Rede local com distâncias superiores a 140 km; adotada a frequência L₃ para todas as etapas do processamento; utilizada a combinação linear L₅ para a resolução das ambigüidades;
- Utilizada a combinação linear L₁/L₂ livre de ionosfera (L₃) não sendo necessário calcular um modelo de ionosfera;
- Atmosfera padrão baseado no modelo global de Saastamoinen para a correção dos erros sistemáticos devido à troposfera;
- Órbitas precisas fornecidas pelo IGS;
- Ângulo de elevação de 15 graus para as observações;
- 30 segundos como taxa de rastreo;
- Estação de referência no processamento das bases: estação PARA.

4.4 Resultados

A Tabela 3 abaixo relaciona os resultados de todas as sessões processadas e os respectivos RMS.

Tabela 3: Soluções das sessões

DIA 118 - 28/04/97			DIA 119 - 29/04/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8439	0,0004	PARA/BLU0	160592,8451	0,0007
PARA/IMB0	314170,9242	0,0002	PARA/IMB0	314170,9279	0,0007
BLU0/IMB0	154895,6003	0,0004	BLU0/IMB0	154895,6031	0,0007
DIA 120 - 30/04/97			DIA 121 - 01/05/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8437	0,0002	PARA/BLU0	160592,8450	0,0002
PARA/IMB0	314170,9179	0,0003	PARA/IMB0	314170,8925	0,0487
BLU0/IMB0	154895,5970	0,0003	BLU0/IMB0	154895,6047	0,0539
DIA 122 - 02/05/97			DIA 123 - 03/04/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8445	0,0002	PARA/BLU0	160592,8495	0,0002
PARA/IMB0	314170,9423	0,0013	PARA/IMB0	314170,9319	0,0002
BLU0/IMB0	154895,6242	0,0016	BLU0/IMB0	154895,6058	0,0003
DIA 124 - 04/05/97			DIA 125 - 05/04/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8542	0,0003	PARA/BLU0	160592,8481	0,0003
PARA/IMB0	314170,9370	0,0003	PARA/IMB0	314170,9288	0,0003

BLU0/IMB0	154895,6055	0,0003	BLU0/IMB0	154895,6050	0,0003
DIA 126 - 06/05/97			DIA 127 - 07/04/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8493	0,0004	PARA/BLU0	160592,8436	0,0004
PARA/IMB0	314170,9228	0,0003	PARA/IMB0	314170,9260	0,0005
BLU0/IMB0	154895,5966	0,0005	BLU0/IMB0	154895,6031	0,0005
DIA 128 - 08/05/97			DIA 129 - 09/04/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8420	0,0003	PARA/BLU0	160592,8447	0,0002
PARA/IMB0	314170,9182	0,0003	PARA/IMB0	314170,9220	0,0003
BLU0/IMB0	154895,6016	0,0004	BLU0/IMB0	154895,5995	0,0003
DIA 130 - 10/05/97			DIA 131 - 11/04/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8454	0,0002	PARA/BLU0	160592,8433	0,0002
PARA/IMB0	314170,9249	0,0002	PARA/IMB0	314170,9231	0,0003
BLU0/IMB0	154895,6034	0,0003	BLU0/IMB0	154895,6042	0,0003
DIA 132 - 12/05/97			DIA 133 - 13/04/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8421	0,0002	PARA/BLU0	160592,8438	0,0002
PARA/IMB0	314170,9253	0,0005	PARA/IMB0	314170,9231	0,0002
BLU0/IMB0	154895,6054	0,0006	BLU0/IMB0	154895,6020	0,0003
DIA 134 - 14/05/97			DIA 135 - 15/04/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8492	0,0003	PARA/BLU0	160592,8475	0,0002
PARA/IMB0	314170,9284	0,0003	PARA/IMB0	314170,9281	0,0002
BLU0/IMB0	154895,6021	0,0004	BLU0/IMB0	154895,6040	0,0003
DIA 136 - 16/05/97			DIA 137 - 17/04/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8493	0,0003	PARA/BLU0	160592,8562	0,0003
PARA/IMB0	314170,9261	0,0003	PARA/IMB0	314170,9326	0,0003
BLU0/IMB0	154895,5981	0,0004	BLU0/IMB0	154895,5976	0,0004
DIA 138 - 18/05/97			DIA 139 - 19/04/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8518	0,0002	PARA/BLU0	160592,8345	0,0326
PARA/IMB0	314170,9321	0,0003	PARA/IMB0	314170,9324	0,0004
BLU0/IMB0	154895,6034	0,0004	BLU0/IMB0	154895,6003	0,0431
DIA 140 - 20/05/97			DIA 141 - 21/04/97		
Linha	Comprimento	RMS	Linha	Comprimento	RMS
PARA/BLU0	160592,8494	0,0003	PARA/BLU0	160592,8535	0,0003
PARA/IMB0	314170,9351	0,0003	PARA/IMB0	314170,9392	0,0004
BLU0/IMB0	154895,6079	0,0004	BLU0/IMB0	154895,6086	0,0005

As coordenadas das estações e respectivos desvios-padrão, fornecidas pela solução combinada das diversas sessões, utilizando o programa ADDNEQ, estão relacionadas na Tabela 4.

Tabela 4: Coordenadas das estações (WGS-84/ITRF)

Estação	X	SigmaX	Y	SigmaY	Z	SigmaZ
PARA	3763751,6390	0,001	-4365113,7680	0,001	-2724404,7550	0,004
BLU0	3728247,3387	0,0002	-4301512,4071	0,0002	-2867528,3883	0,0001
IMB0	3714672,3986	0,0002	-4221791,3892	0,0002	-2999637,9143	0,0001

As coordenadas das estações referidas ao Sistema Geodésico Sul Americano-1969 são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Coordenadas no Sistema Sul Americano-1969

Estação	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (H)

PARA	-25° 26' 52,363203	-49° 13' 49,726585	928,7732
BLU0	-26° 53' 28,254700	-49° 04' 59,101914	028,5137
IMB0	-28° 14' 10,000520	-48° 39' 20,146203	012,5254

5. Considerações finais

Neste primeiro estágio de análise, dentro do contexto do projeto de Geodinâmica, as observações com GPS visaram somente identificar os movimentos relativos das estações Imituba e Blumenau em relação à estação Curitiba/PARA, no sentido de demonstrar a existência de efeitos de flexão diferencial. Para isto, foram processadas fixando a estação PARA e considerando o modelo teórico de resposta às marés terrestres (Standards, 1992-IERS) contido no Software Bernese.

De imediato, foi possível a determinação da base geodésica Blumenau-Imbituba (BLU0/IMB0), que servirá como apoio aos levantamentos geodésicos e outros, no Estado de Santa Catarina. Trata-se de uma base de alta precisão determinada através da mais longa série de observações realizada na América do Sul.

O estágio atual de análise, visa a determinação precisa das respostas locais às marés e efeitos indiretos dos oceanos associados com as variações de posição, agora das três estações. Para isto, o processamento das observações GPS já foi efetuado em relação às estações IGS de Santiago e Brasília, adotadas como fixas, com e sem a adoção do modelo teórico de maré fornecido pelo Standards 1992-IERS.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES/PICDT pela concessão da bolsa de doutoramento e também ao CNPq pelo apoio ao projeto (Proc. 52.4030/96-NV). Também desejamos manifestar nosso reconhecimento ao apoio dispensado a este projeto pela Prof^a. Dra. Cláudia P. Krueger, Eng^a. Sônia M. A. da Costa MSc., Prof. Pedro L. Faggion MSc. e Eng^o. Eno D. Saatkamp.

7. Referências Bibliográficas

Costa, S.M.A.; *Características do Software Bernese e sua Aplicação em Redes Locais*. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas-UFPR, Curitiba, 1998.

IBGE: *Coletânea de Normas*, Rio de Janeiro, 1989.

Mc Carthy, D.D.. *IERS Conventions 1996. IERS Technical note no 21*. 1996.

Rothacher M. & Mervart L.; *Bernese GPS Software Version 4.0*. Astronomical Institute University of Berne. Berne. 1996.