

Análise da influência de parâmetros de importância relevante no Processamento de Redes Geodésicas com o Sistema de Posicionamento Global - GPS

Eng.^a Mestre Ana Paula Camargo Larocca ¹
 Prof. Dr. Paulo César Lima Segantine ²

¹ EESC-USP - Departamento de Transportes
 Rua Ruth Bloem Souto, 152 - Centro
 13560-620 São Carlos SP
 ✉ alarocca@sc.usp.br

² EESC-USP - Departamento de Transportes
 Av. Trabalhador SãoCarlense, 400 - Centro
 13566-590 São Carlos SP
 ✉ seganta@sc.usp.br

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Rede GPS do Estado de São Paulo
	3 Elaboração da Configuração Vetorial para as Estratégias de Processamento
	3.1 Dados Necessários
	3.2 Escolha dos Pontos de Injunção
	3.3 Escolha dos Vetores para a Composição das Estratégias de Processamento
	3.4 Análise ao Nível de Planejamento das Sessões de Observação
	3.5 Apresentação da Estratégia Proposta
	4 As Estratégias de Processamento
	4.1 Estratégia de processamento 1
	4.2 Estratégia de processamento 2
	4.3 Estratégia de processamento 3
	4.4 Estratégia de processamento 4
	5 Recursos Utilizados para o Processamento
	5.1 Programa computacional para processamentos
	5.2 Dados Meteorológicos
	5.3 Dados de Efemérides
	6 Análise dos Ajustamentos
	6.1 Análise 1 - Verificação da suficiência de sessões com 2:30 horas de observação
	6.2 Análise 2 - Verificação da influência da utilização de valores atmosféricos reais
	6.3 Análise 3 - Verificação da influência da utilização de efemérides precisas e das transmitidas
	7 Conclusões
	7.1 Conclusões sobre o ajustamento das estratégias 1 e 2
	7.2 Conclusões sobre os ajustamentos das estratégias 2 e 3
	7.3 Conclusões sobre os ajustamentos das estratégias 2 e 4
	8 Referências Bibliográficas

Resumo : O presente trabalho consiste de apresentação de metodologia para estudo, elaboração e análise de estratégias para processamento de observáveis GPS, para a constituição de redes geodésicas. No desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os dados observados da rede geodésica do Estado de São Paulo, concluída em 1994. Através das estratégias elaboradas são analisados diversos fatores de importância relevante nos processamentos dos dados GPS, como: influência de dados meteorológicos no processamento de linhas bases longas; resultados de processamentos considerando apenas duas horas e trinta minutos do tempo total de duração das sessões de observação.

Palavras chave : redes geodésica, GPS, Geodésia, estratégias de processamento.

Abstract : The present work consists in the presentation of a methodology for study, elaboration and analyses of strategies to process GPS observables for geodetic networks. In the development of this work, GPS data of the geodetic network of the State of São Paulo, concluded in 1994, were used. Through the strategies elaborated, several factors of important importance for data GPS processing, are analyzed, such as: the influence of meteorological data processing of long baselines; the results of data processing with broadcast and precise ephemeris; the results of data processing considering only two hours and thirty minutes of the total time of duration of the observation sessions.

Keywords : geodetic networks, GPS, Geodesy, strategies of processings.

1 Introdução

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa Norte-Americano (DoD) como um recurso de navegação e posicionamento global, para uso militar e civil. Pode ser usado sob quaisquer condições meteorológicas, para determinar, em tempo real e instantâneo, a posição de pontos em três dimensões (latitude, longitude e altura geométrica ou elipsoidal) e o tempo, em relação a um sistema de referência definido para qualquer ponto sobre a superfície terrestre, próximo a ela ou no

espaço. Atualmente, o sistema GPS tem sido utilizado em todos os tipos de levantamentos de áreas, levantamento de perfis de estradas, gerenciamento de recursos naturais, controle geodésico de sub-redes, monitoramento de edificações, monitoramento dos movimentos da crosta terrestre, exploração costeira, gerenciamento de transporte de frotas, monitoramento de navios petroleiros nas entradas de portos, etc.

2 Rede GPS do Estado de São Paulo

Esta rede regional, implantada em 1994, foi estabelecida com o sistema NAVSTAR(NAVigation System with Time and Ranging)/GPS, sob a coordenação da EPUSP/PTR e do IBGE. É uma típica rede regional formada de 24 pontos distribuídos pelo Estado de São Paulo e mais o vértice CHUA. Os pontos da rede foram observados a partir de sessões de observações previamente estabelecidas, nos meses de março, novembro e dezembro de 1994. As sessões tiveram períodos de 6 e 8 horas, utilizando o número mínimo de quatro receptores. Foram usados receptores de dupla frequência Geodetic Surveyor of Trimble Series 4000 SST.

3 Elaboração da Configuração Vetorial para as Estratégias de Processamento

3.1 Dados Necessários

Para a elaboração das estratégias de processamento foi necessário inicialmente, a obtenção:

Dos dados GPS da rede do Estado de São Paulo coletados nas campanhas de observação realizadas em 1994, que foram obtidos de SEGANTINE (1995), em formato padrão do equipamento utilizado;

A localização e identificação das estações da rede com o nome que está relacionado à localidade da estação, uma abreviação do nome usado no processamento e a indicação do município. Estes foram extraídos de SEGANTINE (1995) e de FONSECA Jr. (1996);

Mapa do Estado de São Paulo para visualização da localização das estações da rede;

A descrição das sessões de observações, realizadas em 1994, com a indicação do DIA, das estações observadas e a duração de cada sessão.

3.2 Escolha dos Pontos de Injunção

Na elaboração da estratégia proposta foram considerados como pontos de injunção (ponto cujas coordenadas são consideradas fixas e sem erros):

Vértice CHUA: vértice fundamental da triangulação do Sistema Geodésico Brasileiro. As coordenadas deste ponto, referentes ao WGS - 84 estão apresentadas na Tabela 1:

Coordenadas Geodésicas	Coordenadas Cartesianas
$\varphi = -19^{\circ} 45' 43,34588''$	X = 4010548,44 m
$\lambda = -48^{\circ} 06' 05,67317''$	Y = -4470076,61 m
h = 754,150m	Z = -2143179,02 m

Fonte: Banco de Dados do IBGE

Estação Cachoeira Paulista (CAPA): esta estação foi ocupada em 1995, pelas campanhas de observação definidas no projeto SIRGAS. As coordenadas desta estação, referentes ao ITRF94, obtidas de SIRGAS - Relatório Final (1997) e referentes ao WGS-84 e são apresentadas na Tabela 2:

ITRF94*	WGS84**	
Coordenadas Cartesianas	Sigma (m)	Coordenadas Cartesianas
X = 4164684,609m	0.004	X = 4164684,614m
Y = -4162401,036m	0.004	Y = -4162401,031m
Z = -2445011,067m	0.004	Z = -2445011,073m

Fonte: SIRGAS - Relatório Final - IBGE (1997).

- **Estação Presidente Prudente (UEPP):** esta estação, também foi ocupada em 1995, pelas campanhas de observação definidas no projeto SIRGAS. As coordenadas desta estação, referentes ao ITRF94, obtidas de SIRGAS - Relatório Final (1997) e referentes ao WGS-84 e são apresentadas na Tabela 3.

ITRF94*	WGS84**	
Coordenadas Cartesianas	Sigma (m)	Coordenadas Cartesianas
X = 3687624,310m	0.003	X = 3687624,315m
Y = -4620818,571m	0.004	Y = -4620818,565m

Fonte: SIRGAS - Relatório Final - IBGE (1997).

3.3 Escolha dos Vetores para a Composição das Estratégias de Processamento

Para a escolha dos vetores tornaram-se necessárias:

A visualização gráfica de todos os dados GPS existentes, ou seja, dos vetores, entre as estações, observados em 1994 e processados por SEGANTINE (1995) e

A escolha das estações que seriam consideradas como injeção: CHUA e CAPA.

Assim, partiu-se para a construção gráfica da rede constituída em 1994. Sobre mapas com as estações da rede GPS do Estado de São Paulo, desenhou-se, separadamente, para cada uma das 16 sessões, todos os vetores observados, anotando-se os respectivos comprimentos. É mostrado, a seguir, um exemplo das construções gráficas realizadas. Na Figura 1 estão ilustrados todos o vetores observados independentes (coloridos) e apenas parte dos vetores dependentes (em linhas pretas tracejadas), que foram processados.

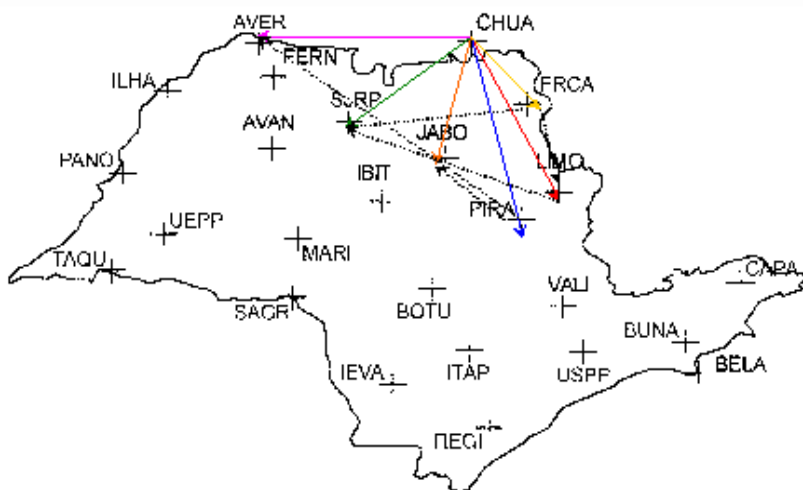


Fig. 1 : Construção gráfica original dos vetores observados na sessão do DIA072

3.4 Análise ao Nível de Planejamento das Sessões de Observação

Observou-se que apesar de os vinte e quatro pontos da rede GPS do Estado de São Paulo estarem distantes entre si na ordem de aproximadamente 100 a 160km (considerando-os em disposição adjacente); grande parte das observações foram realizadas entre pontos espaçados de 150km até 382km (UEPP-IEVA). Algumas sessões possuem 70% de observações de linhas bases com comprimentos maiores que 160km. Ainda, observando a disposição das estações da rede, os vetores mais curtos ocorreriam, em maioria, somente entre estações adjacentes. E sabendo-se que quanto menor a distância entre dois pontos observados simultaneamente, com GPS, menos heterogêneas são as condições atmosféricas; adotou-se, então, como o melhor comprimento máximo para os vetores, comprimentos da ordem de 150km. Assim, iniciou-se a elaboração da estratégia proposta de processamento, com vetores de comprimentos ≤ 150 km, a partir das construções gráficas originais. Na Figura 2 está ilustrado um exemplo das construções gráficas, das sessões, para a elaboração da estratégia proposta neste trabalho. Nelas, estão ilustrados os vetores independentes e dependentes, escolhidos de acordo com os critérios apresentados acima.

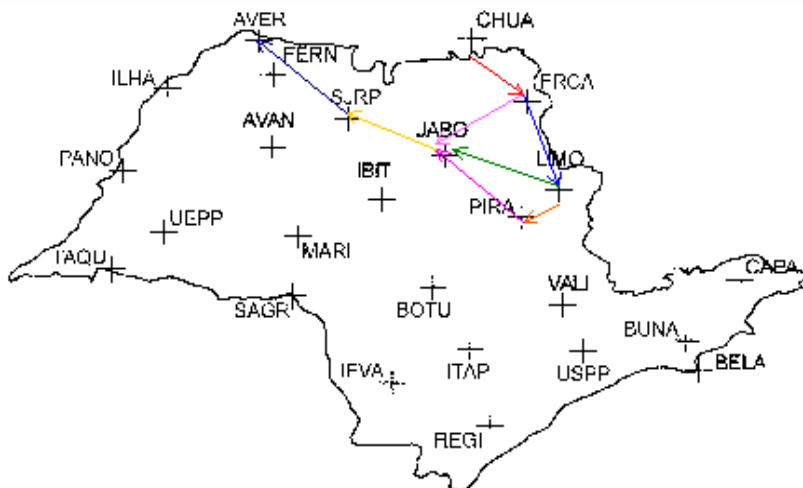


Fig. 2 : Construção gráfica final da sessão DIA072 (a partir da FIGURA 09)

Ainda assim, para a ligação de todos os pontos da rede, obedecendo aos critérios de observação propostos por SEEBER (1993), foi necessária a inclusão de 5 vetores com comprimentos maiores que 150km.

3.5 Apresentação da Estratégia Proposta

A estratégia utilizada neste trabalho possui, então, sessenta e seis vetores, sendo cinco com comprimentos maiores que 150km; dois pontos de injeção: VT-CHUA e CAPA (Cachoeira Paulista). Na Figura 3 está ilustrada a construção gráfica vetorial.

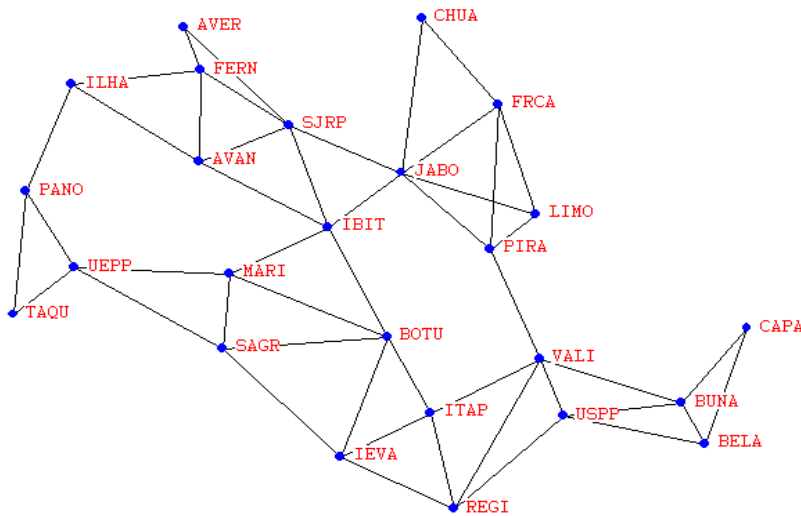


Fig. 3 : Construção gráfica vetorial da estratégia de processamento proposta

4 As Estratégias de Processamento

Para atingir os objetivos deste trabalho, então, foram elaboradas quatro estratégias de processamento, baseadas na disposição vetorial apresentada na Figura 5, ou seja, vetores com comprimentos ≤ 150 km entre as estações.

As quatro estratégias, apresentam em comum as seguintes características:

- Processamento com dois pontos de injeção mínima: VT-CHUA e CAPA (Cachoeira Paulista);
- Sistema de referência WGS-84;
- Processamento 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-line;
- Opção por não resolver a ambigüidade devido ao comprimento dos lados.

4.1 Estratégia de processamento 1

- Processamento dos dados considerando o tempo total das observações realizadas em 1994;
- Processamento com dados meteorológicos reais, ao invés dos valores do *default* do software;
- Processamento utilizando efemérides precisas do IGS.

4.2 Estratégia de processamento 2

- Processamento dos dados considerando apenas duas horas e trinta minutos do tempo total de duração das sessões realizadas em 1994;
- Processamento com dados meteorológicos reais, ao invés dos valores do *default* do software;
- Processamento utilizando efemérides precisas do IGS.

4.3 Estratégia de processamento 3

- Processamento dos dados considerando apenas duas horas e trinta minutos do tempo total de duração das sessões realizadas em 1994;
- Processamento com dados meteorológicos reais, ao invés dos valores do *default* do software;
- Processamento utilizando efemérides transmitidas no processamento.

4.4 Estratégia de processamento 4

- Processamento dos dados considerando apenas duas horas e trinta minutos do tempo total de duração das sessões realizadas em 1994;
- Processamento com os valores meteorológicos do *default* do software;
- Processamento utilizando efemérides precisas do IGS.

5 Recursos Utilizados para o Processamento

5.1 Programa computacional para processamentos

Utilizou-se o programa OMNI v4.0, que é um programa científico do NGS.

5.2 Dados Meteorológicos

Pretende-se verificar a influência de dados meteorológico (temperatura, pressão e umidade) reais no processamento de linhas bases longas. Para esta investigação, então, foi realizado o processamento dos dados da rede GPS do Estado de São Paulo utilizando dados meteorológicos reais, registrados nos dias e locais em que cada sessão de observação foi realizada.

5.3 Dados de Efemérides

As efemérides precisas para o processamento dos dados da rede GPS foram obtidas junto ao IGS. As efemérides transmitidas foram obtidas a partir do próprio arquivo de dados de navegação, em formato RINEX, a partir dos dados brutos.

6 Análise dos Ajustamentos

Os ajustamentos, dos resultados obtidos dos processamentos das quatro estratégias, foram realizados no programa comercial COLUMBUS - Geodetic Network Adjustment Software. A análise dos ajustamentos das quatro estratégias de processamentos, em relação aos objetivos propostos, estão apresentadas abaixo. Como parâmetro de comparação entre os resultados obtidos, utilizou-se os seguintes critérios sugeridos por SEGANTINE:

- O valor do erro médio das elipses de erros, calculado através da média dos erros obtidos para o semi eixo maior, semi-eixo menor e altura. Elevou-se todos estes três termos ao quadrado e extraiu-se a raiz quadrada.

$$\text{erro médio das elipses} = \sqrt{\text{semi-eixomaior}^2 + \text{semi-eixomenor}^2 + \text{altura}^2} \quad (1)$$

- O valor da variância a posteriori do ajustamento.

Estes valores estão apresentados na Tabela 4, com a indicação da estratégia, entre parênteses o tempo de observação e as injunções. Para as estratégias de duas horas e trinta minutos de dados observados, há a indicação sobre as efemérides e os dados meteorológicos, para facilitar a distinção e comparação.

Tabela 4: Valores dos erros médios das elipses e variâncias a posteriori

Descrição da estratégia ajustada	Variância a posteriori	Erro médio das elipses (mm)
Estratégia 1 (total) - CHUA - CAPA	9,8	100
Estratégia 1 (total) - CAPA - UEPP	13,7	160
Estratégia 2 (2:30h) - CHUA - CAPA / Efemérides precisas e Valores atmosféricos reais	10,0	150
Estratégia 3 (2:30h) - CHUA - CAPA / Efemérides precisas e valores atmosféricos do default	12,5	170
Estratégia 4 (2:30h) - CHUA - CAPA / Efemérides transmitidas e valores atmosféricos reais	81,0	500

Realizou-se essas comparações com as coordenadas de alguns pontos escolhidos estrategicamente. Apresenta-se os resultados obtidos para o ponto USPP, que é um dos mais utilizados.

6.1 Análise 1 - Verificação da suficiência de sessões com 2:30 horas de observação

Foram analisados os valores obtidos para as variâncias a posteriori e dos erros médio das elipses da estratégia 1 - CHUA e CAPA e da estratégia 2 - CHUA e CAPA. Como pode ser observado na Tabela 5, ocorreram discrepâncias pequenas entre esses valores, sendo que entre os valores de erros médio das elipses, as discrepâncias foram de 50mm, ou 5cm entre as duas estratégias.

Tabela 5: Estratégia 1 e estratégia 2

Descrição da estratégia Ajustada	Variância a posteriori	Erro médio das elipses (mm)
----------------------------------	------------------------	-----------------------------

Estratégia 1 (total) - CHUA - CAPA / Efemérides precisas e Valores atmosféricos reais	9,8	100
Estratégia 2 (2:30h) - CHUA - CAPA / Efemérides precisas e Valores atmosféricos reais	10,0	150

Assim, fica provado, que quando da elaboração das estratégia para observação dos vetores da rede GPS do Estado de São Paulo, em 1994, não havia necessidade de sessões com 6 ou 8 horas de observação. Sessões com apenas 2:30h forneceriam resultados totalmente favoráveis. A seguir, está apresentada a Tabela com as coordenadas do ponto USPP.

Tabela 6: Coordenadas UTM do Ponto USP-SP

Descrição/Ponto	Norte (m)	Este (m)	h (m)	DELTA E (mm)	DELTA N (mm)	DELTA H (mm)
Estratégia 1 - USP - SP	7394432.244	323255.446	718.346	446	244	346
Estratégia 2 - USP - SP	7394431.740	323255.742	717.435	742	-260	-565

Ponto USP - Delta h x Estratégia

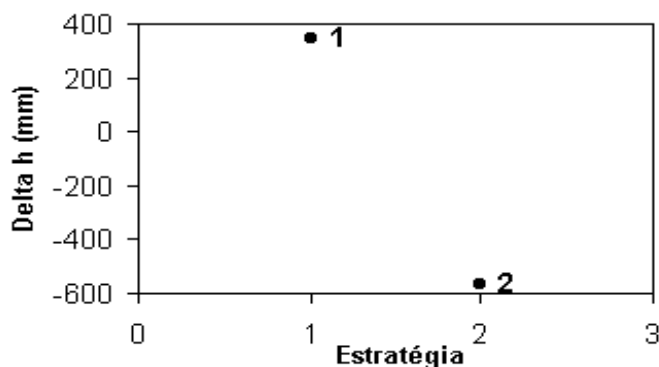


Fig. 4 : Gráfico dos valores das diferenças obtidas nas Direções N e E do ponto USPP

Ponto USP - SP - Delta N x Delta E

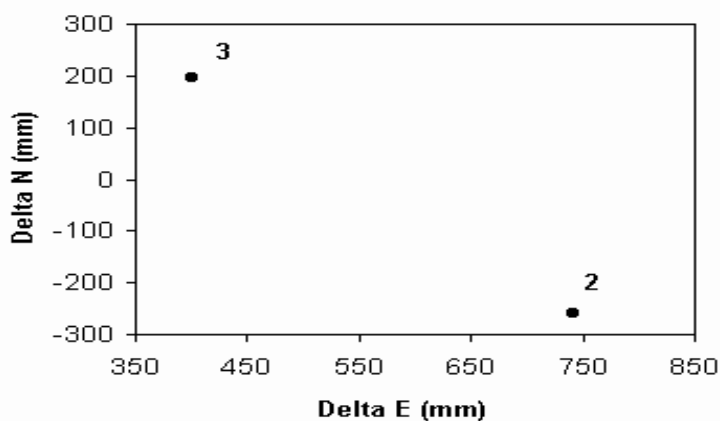


Fig. 5 : Gráfico dos valores das diferenças das alturas do ponto USPP

6.2 Análise 2 - Verificação da influência da utilização de valores atmosféricos reais

Foram analisados os valores obtidos para as variâncias a posteriori e dos erros médio das elipses da estratégia 2 - CHUA e CAPA e da estratégia 3 - CHUA e CAPA. Como pode ser observado na Tabela 7, os valores da estratégia 2 são ligeiramente melhores que os obtidos para a estratégia 3, indicando que utilização dos valores de temperatura, umidade e pressão no processamento, resultam em valores ajustados melhores, que quando da utilização de valores do default do próprio software.

Tabela 7: Estratégia 2 e estratégia 3

Descrição da estratégia ajustada	Variância a posteriori	Erro médio das elipses (mm)

Estratégia 2 (2:30h) - CHUA - CAPA / Efemérides precisas e Valores atmosféricos reais	10,0	150
Estratégia 3 (2:30h) - CHUA - CAPA / Efemérides precisas e valores atmosféricos do default	12,5	170

A diferença, nos erros médios das elipses, apesar de pequenas, 20mm ou 2 cm, ocorrem, não são nulas. Assim, em trabalhos que se deseja grande precisão, como rede geodésicas de alta precisão, sugere-se, sempre, a realização de coleta do dados meteorológicos. A seguir, está apresentada a tabela com as coordenadas do ponto USPP, em UTM, as respectivas diferenças e em seguida a visualização gráfica destas diferenças.

Tabela 8: Coordenadas UTM do USP - SP

Descrição/Ponto	Norte (m)	Este (m)	h(m)	DELTA E (mm)	DELTA N (mm)	DELTA H (mm)
Estratégia 2 / USP - SP	7394431.740	323255.742	717.435	742	-260	-565
Estratégia 3 / USP - SP	7394432.197	323255.400	718.764	400	197	764

Figura 6: Gráfico dos valores das diferenças obtidas nas Direções N e E do ponto USP - SP

Figura 7: Gráfico dos valores das diferenças das alturas do ponto USPP

6.3 Análise 3 - Verificação da influência da utilização de efemérides precisas e das transmitidas

Foram analisados os valores obtidos para as variâncias a posteriori e dos erros médio das elipses da estratégia 2 - CHUA e CAPA e da estratégia 4 - CHUA e CAPA. Como pode ser observado na Tabela 9, as grandes discrepâncias entre os valores da estratégia 2 e os da estratégia 4, de aproximadamente 0,40m, indicam a necessidade de utilização de efemérides precisas em trabalhos que se deseja grande precisão e principalmente, envolvem distância longas.

Tabela 9: Comparação Estratégia 2 e Estratégia 4

Descrição da estratégia ajustada	Variância a posteriori	Erro médio das elipses (mm)
Estratégia 2 (2:30h) - CHUA - CAPA / Efemérides precisas e Valores atmosféricos reais	10,0	120
Estratégia 4 (2:30h) - CHUA - CAPA / Efemérides transmitidas e valores atmosféricos. reais	81,0	500

A seguir, está apresentada a tabela com as coordenadas do ponto USPP, as respectivas diferenças e em seguida a visualização gráfica destas diferenças.

Tabela 10: Coordenadas UTM do Ponto USP -SP

Descrição/Ponto	Norte (m)	Este (m)	h(m)	DELTA E (mm)	DELTA N (mm)	DELTA H (mm)
Estratégia 2 / USP - SP	7394431.740	323255.742	717.435	742	-260	-565
Estratégia 4 / USP - SP	7394432.566	323255.317	718.866	317	566	866

Ponto USP - SP - Delta h x Estratégia

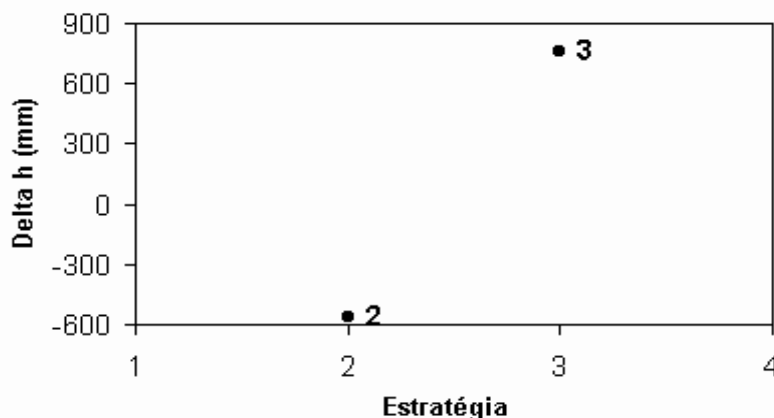


Fig. 8 : Gráfico dos valores das diferenças obtidas nas Direções N e E do ponto USPP

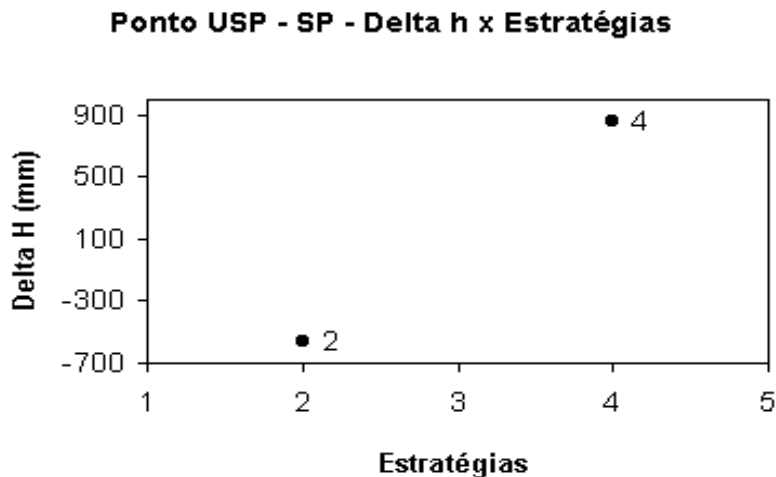


Fig. 9 : Gráfico dos valores das diferenças das alturas do ponto USPP

7 Conclusões

7.1 Conclusões sobre o ajustamento das estratégias 1 e 2

A partir da análise das figuras que comparam os resultados das estratégias 1 e 2, conclui-se que o processamento das linhas bases com duas horas e trinta minutos é viável, revelando que não havia necessidade de sessões de observação com seis ou oito horas. As diferenças observadas, da ordem de 1m para a altura em alguns pontos e bem menores nas direções N e E podem ser resultantes de períodos com dados ruins, quando se considerou, no processamento, o período total de observação. Já, o período de observação de duas horas e trinta minutos foi extraído do período em que se verificou menos ocorrência de perdas de ciclos, do período total, apresentando, portanto, dados com menos perdas de ciclos e com comportamento geodésico mais homogêneo.

7.2 Conclusões sobre os ajustamentos das estratégias 2 e 3

A partir da análise das figuras que comparam os resultados das estratégias 2 e 3, observou-se que o processamento das linhas bases com valores meteorológicos do *default* do programa, apresentam diferenças de mais de 1m no valor da altura, para a maioria dos pontos analisados, em relação aos obtidos de processamento com valores reais. Estes resultados são um forte indicativo que ocorrem diferenças nas coordenadas finais, quando se considera todos os pontos ou extremidades dos vetores com os mesmos valores de temperatura, pressão e umidade, em relação à quando se aplica os valores reais registrados nestes pontos. Assim, partindo-se do princípio que para linhas bases maiores que 20km, as condições atmosféricas já não consideradas as mesmas, há necessidade a realização de medidas atmosféricas nas bases, bem como a inserção destes valores nos processamentos. Menciona-se, também, que assim como há necessidade da inserção dos valores meteorológicos reais nos processamento, há a necessidade, também, do desenvolvimento de modelos atmosféricos confiáveis para as diversas regiões do Brasil. Provavelmente, quando houver a combinação de uso, num processamento futuro, de um modelo atmosférico para o estado de São Paulo, por exemplo, juntamente com dados atmosféricos coletados *in loco*, os valores obtidos para as coordenadas finais ajustadas serão diferentes dos apresentados. Não se pode ignorar as limitações imposta pela atmosfera, à utilização do sistema GPS, quando a mesma não está modelada com parâmetros da região em que se está trabalhando.

7.3 Conclusões sobre os ajustamentos das estratégias 2 e 4

A partir da análise das figuras que comparam os resultados das estratégias 2 e 4, observou-se que o processamento das linhas bases com efemérides transmitidas apresentam diferenças por volta de 1,5m para a altura para a maioria dos pontos analisados; diferenças de mais 0,60m na direção N e E para alguns dos pontos analisados, em relação aos obtidos de processamento com efemérides precisas. Isto deixa claro que para trabalhos que envolvam linhas bases grandes é imprescindível a utilização de efemérides precisas.

8 Referências Bibliográficas

ALBER, C.; JOHNSON, J.; ROCKEN, C.; HOVE, T.V.; SOLHEIM, F.; WARE, R.: *GPS Sensing of Atmospheric Water Vapor*. Geoscientific Research and the Global Positioning System, v.17, n.5.30, Agu., 1995.

ALTAMINI, Z.: *Explanations about WGS 84 and ITRF92*. altamini@ensg.ign.fr (27/10/99).

BERNESE GPS SOFTWARE: Transformation of Trimble Navigation data into RINEX - Format v1.1. Astronomical Institute, University of Berne.

BOUCHER, B.: *Transformation parameters*. boucher@ensg.ign (27/10/99).

CANNON, M.E., LACHAPPELLE, G., LU, G.: *Ambiguity Resolution without Static Initialization using a High Performance C/A Code Receiver*. In: Proceedings of 48th Annual Meeting, The Institute of Navigation, Washington, DC. p.161-166.,1992.

COLUMBUS BEST-FIT: Windows User's Manual, version 1.1. Beaverton, Oregon 97006, USA, 1996.

EPUSP. ESCOLA POLITÉCNICA DA USP: Descrição dos vértices da rede GPS do Estado de São Paulo. *Relato GPS –Revista Latino Americana de GPS*. n.7, p.04-19, mar/abr, 1998.

FONSECA Jr., E. S.: *Estudo e avaliação Metodológica da Rede GPS do Estado de São Paulo*. 120p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.,1996.

HILLA, S.: *A more recent version of OMNI on the NGS anonymous ftp server. (OMNI version 4.0x)*. steveh@ngs.noaa.gov (25/03/99).

HOFMANN-WELLWYNHOF,B. et al.: *Global Positioning System - Theor and Practice*.4 ed. Springer-Verlag Wien New York., 1997.

IBGE: *Especificação e Normas gerais para levantamentos GPS. Parte 1*. Revista Fator GIS, v.2, n.5, p.29-32., 1994.

IBGE: *Especificação e Normas gerais para levantamentos GPS. Parte 2*. Revista Fator GIS, v.2, n.6, p.31-34., 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE: *Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul - SIRGAS*. Relatório Final. Rio de Janeiro., 1997.

ITRF94. Transformation Parameters from ITRF94 to individual frames. <ftp://lareg.ensg.ign.fr/pub/itrf/old/itrf94.tp>.

KRAKIWSKY, E. J. et al.: *Geodesy: The Concepts*. 2.ed. Fredericton, N.B., Canada, Elsevier Science Publishers B. V., 1986.

LEICK, A.: *GPS Satellite Surveying*. 2.ed. Orono, Maine, John Wiley & Sons, Inc., 1995.

MALYS, S.: *Explanations about WGS 84 and ITRF92*. malyss@nima.mil (21/10/99).

MCCARTHY, D.D.: *IERS Conventions (1996)*.U.S. Naval Observatory. (Technical Note 21).

RIGHETTO, A. M.: *Hidrologia e Recursos Hídricos*. 1 ed. São Carlos, SP, Publicação EESC-USP., 1998.

SEEBER, G.: *Satellite Geodesy: foundations, methods, and applications*. Berlin, Walter de Gruyter., 1993.

SEGANTINE, P.C.L.: *Estabelecimento e ajuste de uma rede geodésica no Estado de São Paulo com o sistema de posicionamento NAVSTAR/GPS*. São Paulo. 216p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.,1995.