

ANÁLISE DO SERVIÇO ON-LINE DE PPP (GDGPS - APPS) PARA RECEPTORES DE DUPLA FREQUÊNCIA: UM ESTUDO ENVOLVENDO DADOS DE ESTAÇÕES DA RBMC

IVANDRO KLEIN
MARCELO TOMIO MATSUOKA
SERGIO FLORÊNCIO DE SOUZA

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Instituto de Geociências - IGEO
Laboratório de Pesquisas em Geodésia (LAGEO)
Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, RS
{ivandroklein, tomiomatsuoka, sergioflorenciodesouza}@gmail.com

RESUMO – O PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) é um método de posicionamento por GNSS (*Global Navigation Satellite System*) que vem adquirindo grande popularidade, em parte devido aos serviços on-line de processamento, muitos deles disponibilizados de forma gratuita. O PPP requer fundamentalmente dados GNSS de um único receptor e o emprego de efemérides e correções precisas. Um destes serviços on-line de processamento PPP é o APPS (*Automatic Precise Positioning Service*), disponibilizado gratuitamente (de maneira pós-processada) pela NASA, sendo um serviço derivado do GDGPS (*Global Differential GPS*), que é um sistema de monitoramento GPS (*Global Positioning System*) em tempo-real com mais de 100 estações de monitoramento contínuo, distribuídas globalmente. Neste artigo avaliou-se o serviço APPS processando dados GPS correspondentes a um período de 30 dias das estações brasileiras POAL, CHPI e IMPZ, pertencentes à rede oficial do referencial SIRGAS. As coordenadas diárias destas estações, estimadas pelo PPP, foram atualizadas para a época de referência do SIRGAS2000 (2000,4) e comparadas com as coordenadas oficiais, divulgadas pelo IBGE. As discrepâncias apresentaram erro médio quadrático inferior a 2 cm tanto em planimetria quanto em altimetria, evidenciando o potencial de uso do PPP/APPS em aplicações de alta acurácia para receptores de dupla frequência, como estudos geodinâmicos.

ABSTRACT – The PPP (Precise Point Positioning) is a positioning method by GNSS (*Global Navigation Satellite System*) that has gained great popularity, basically due to online services for processing, many of them available for free. The PPP fundamentally requires GNSS data from a unique receiver and the use of precise ephemeris and corrections. One of these on-line PPP processing services is the APPS (*Automatic Precise Positioning Service*), free available (post-processed mode) by NASA, being derived from GDGPS (*Global Differential GPS*), which is a real-time GPS monitoring system with more than 100 real-time sites, distributed globally. This paper evaluated the service APPS processing GPS data corresponding to a period of 30 days of the Brazilian stations POAL, CHPI and IMPZ, that belong to the official network of SIRGAS reference system. The daily coordinates of these stations, estimated by the PPP, have been updated to the SIRGAS2000 reference's epoch (2000,4) and compared with the station's official coordinates, published by IBGE. The discrepancies showed root mean square error less than 2 cm, both in planimetry and in altimetry, showing the potential's use of PPP/APPS in high-accuracy applications for dual frequency receivers, as geodynamic studies.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos métodos mais precisos e utilizados no posicionamento terrestre é por meio do uso de receptores GPS (*Global Positioning System*), no qual a posição de um receptor é determinada através do rastreamento de sinais dos satélites artificiais constituintes desse sistema (TEUNISEN e KLEUSBERG, 1999). Dentre as

diversas técnicas de posicionamento utilizando GPS, o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) utiliza apenas um receptor e o uso de efemérides precisas e correções precisas dos relógios dos satélites, usualmente de maneira pós-processada (MONICO, 2007).

O PPP vem adquirindo grande popularidade, que pode ser explicada pelos serviços de processamento disponibilizados na Internet, muitos deles gratuitos, como

por exemplo, o CSRS-PPP do NRCan (*Natural Resource Canada*) e o IBGE-PPP do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Nestes serviços de processamento PPP on-line, o usuário envia seus arquivos com observações GPS, e o próprio serviço processa os dados (MATSUOKA et. al., 2009). Como resultado, o serviço envia ao usuário as coordenadas (posição) de seu receptor no período processado, vinculadas a um referencial, bem como diversas outras informações técnicas que permitem ao usuário fazer a análise do PPP realizado.

O PPP possui diversas aplicações que exijam alta acurácia, como estudos geodinâmicos e mais recentemente, o Georreferenciamento de Imóveis Rurais no Brasil, visto que a nova norma técnica do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), divulgada pela Portaria N° 69 de 22/02/2010, permite que as coordenadas dos vértices de apoio básico sejam determinadas por meio desta técnica de posicionamento.

Outro serviço de processamento PPP on-line é o APPS (*Automatic Precise Positioning Service*), derivado do GDGPS (*Global Differential GPS*) e disponibilizado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). O APPS pode ser utilizado de maneira pós-processada (gratuitamente) ou em tempo-real (serviço não gratuito). O objetivo deste artigo é avaliar o serviço APPS pós-processado com receptores de dupla frequência em regiões brasileiras, utilizando efemérides precisas disponíveis dez dias após a coleta das observações GPS.

2 NASA GLOBAL DIFFERENTIAL GPS

O GDGPS (*Global Differential GPS*) é um sistema de monitoramento GPS em tempo-real completo, preciso e robusto (JPL, 2010). Através de uma rede global de estações de referência e softwares de processamento de dados em tempo-real, fornece precisão decimétrica no posicionamento em qualquer lugar do mundo, no solo, no ar e no espaço, independentemente da infra-estrutura local (JPL, 2010). O GDGPS foi desenvolvido pelo JPL (*Jet Propulsion Laboratory*), para suporte as operações terrestres, aéreas e espaciais da NASA, bem como para prestação de serviços a clientes governamentais e comerciais.

Possui uma rede global de monitoramento GPS em tempo-real, com estações rastreando sinais nas portadoras L1 e L2. (JPL, 2010). As observações são transmitidas para os centros GDGPS de operações (em Los Angeles, Pasadena e Denver). Nestes centros de operações os dados são processados pelo software *Real Time GIPSY* (RTG), para obter as correções diferenciais em tempo real para a órbita dos satélites e estados dos relógios, bem como disponibilizar muitos subprodutos e serviços (como por exemplo, o APPS). A latência fundamental do sistema é de aproximadamente 5 segundos, a partir do rastreamento do sinal GPS pelo receptor da estação monitora até a produção e difusão das correções diferenciais em tempo-real (JPL, 2010).

A *NASA Global GPS Network* é uma rede geodésica com cerca de 70 estações com receptores de dupla frequência, distribuídos globalmente. Dados adicionais de outras estações são fornecidos por uma variedade de parceiros internacionais, formando uma rede global com mais de 100 estações de monitoramento contínuo.

A Figura 1 ilustra a distribuição das estações da rede GDGPS:

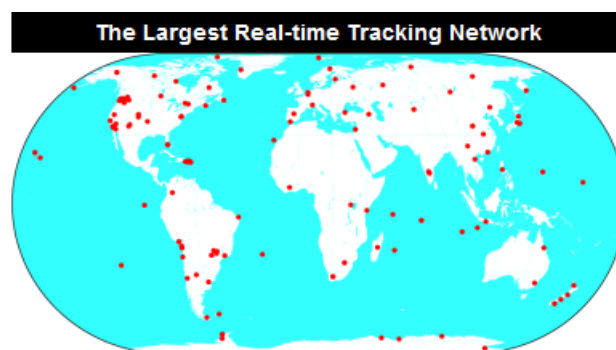


Figura 1 – Distribuição das estações da rede GDGPS
(Fonte: JPL, 2010)

Dentre os vários serviços oferecidos pelo NASA/GDGPS, será abordado neste artigo o gratuito APPS (Serviço de PPP). Maiores informações sobre o GDGPS podem ser encontradas no seguinte endereço: <http://www.gdgps.net/>.

3 POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO

3.1 Conceituação

Segundo Monico (2007), quando se utilizam as observáveis pseudodistância e/ou fase da onda portadora, coletadas por receptores de simples ou dupla frequência, com efemérides precisas, trata-se do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). Ainda segundo Monico (2007), nas efemérides precisas, ou pós-processadas, a órbita (posição) e o erro do relógio (tempo) dos satélites são determinados com alta precisão por algum serviço e disponibilizados por algum meio de comunicação, como por exemplo, a Internet. O referencial vinculado ao posicionamento é aquele das efemérides precisas.

No PPP as coordenadas de um receptor podem ser consideradas parâmetros locais, enquanto os parâmetros que afetam as observações GPS podem ser considerados globais, como por exemplo, órbita e estado do relógio dos satélites e parâmetros de rotação da Terra. Uma rede global de monitoramento GPS estima os parâmetros globais (produzindo as efemérides precisas), permitindo ao usuário a solução dos parâmetros locais (coordenadas do receptor) através do PPP, para cada época de observação processada (TEUNISSEN e KLEUSBERG, 1999).

Para receptores de dupla frequência, deve-se usar como observável GPS no processamento a combinação linear livre dos efeitos da Ionosfera (ion-free), e para receptores de simples frequência, deve-se minimizar estes efeitos com emprego de algum modelo da Ionosfera disponível (HOFMANN-WELLENHOF et. al., 2008).

Segundo Leick (2004), o modelo matemático do PPP para receptores de dupla frequência, com uso da observável GPS ion-free (para a fase) é dado por:

$$\varphi_{r(IF)}^S = \frac{f_1}{c} \rho_r^S + f_1 (dt_r - dt^s) + N_{IF} + \frac{f_1}{c} T_{r0}^S + \frac{f_1}{c} dT_z m(E) \quad (1)$$

Onde:

$\varphi_{r(IF)}^S$ = fase obtida da combinação linear ion-free;

ρ_r^S = distância geométrica entre o centro de fase da antena do satélite e do receptor;

dt_r = erro do relógio do receptor;

dt^s = erro do relógio do satélite;

N_{IF} = ambigüidade da observável ion-free;

T_{r0}^S = atraso troposférico aproximado por algum modelo disponível;

dT_z = atraso zenital troposférico residual a ser estimada no modelo;

$m(E)$ = função de mapeamento em função do ângulo de elevação E do satélite;

c = velocidade da luz no vácuo; e

f_1 = é a frequência da observável ion-free (igual a da portadora L_1).

Outros parâmetros podem ser considerados no modelo matemático, como por exemplo, variação do centro de fase da antena dos satélites e receptor, marés terrestres, cargas oceânicas, efeitos relativísticos, fase Wind-up e etc. (HOFMANN-WELLENHOF et. al., 2008).

Maiores detalhes sobre PPP podem ser obtidos em Teunissen e Kleusberg (1999), Leick (2004), Monico (2007) e Hofmann-Wellenhof et. al. (2008).

3.2 Automatic Precise Positioning Service

No caso do APPS (*Automatic Precise Positioning Service*), serviço de PPP do sistema GDGPS, a órbita e o erro do relógio dos satélites são determinados com base nas estações monitoras que compõem a rede GDGPS, e o

software que processa o PPP é o *JPL's GIPSY-OASIS v.5* (JPL, 2010).

O referencial vinculado é o ITRF2005 (IGS05). Para fins práticos, podem-se considerar os referenciais ITRF2005 e SIRGAS2000 compatíveis (MONICO, 2007).

O APPS disponibiliza serviços em tempo-real (não gratuito) ou de maneira pós-processada (gratuitamente), tanto no modo de posicionamento estático quanto no modo cinemático. Se desejado pelo usuário, além dos arquivos de observáveis GPS, em formato RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*), o APPS recebe como entrada arquivos com dados de pressão atmosférica para melhorar o posicionamento, principalmente para receptores a bordo de aviões e helicópteros, dado que o posicionamento cinemático destas aeronaves é muito sensível à componente hidrostática da Troposfera (JPL, 2010).

As opções de processamento do APPS são o modo de posicionamento (estático ou cinemático), o tipo do receptor (atualmente, apenas o processamento de dados de dupla frequência é disponibilizado), as efemérides utilizadas ("quase" tempo-real ou mais acuradas), o código da portadora L_1 (C/A ou P), o emprego ou não de arquivos de dados de pressão atmosférica, o ângulo mínimo de elevação dos satélites e a taxa de processamento das observáveis GPS (em segundos).

Um fato importante no qual o usuário deve estar atento é quanto à marca e o modelo da antena empregada, bem como a altura da antena. Essas informações devem estar no cabeçalho do arquivo de dados GPS que foi submetido (MATSUOKA et. al., 2009).

Para receptores de uma frequência, o APPS aplica calibrações ionosféricas baseadas nos dados do Global JPL Ionospheric Map (GIM), e em dados do Real Time Ionosphere (RTI), dependendo da disponibilidade. Os dados GINS normalmente estão disponíveis com latência de um dia, e os dados RTI normalmente estão disponíveis com latência de 5 minutos.

As efemérides utilizadas pelo APPS são de três tipos (JPL, 2010):

- *JPL's Final products* (também conhecido como *FlinnR*), disponível gratuitamente cerca de 10 dias após as observações serem coletadas, e possuindo erro médio quadrático (EMQ) de cerca de 3 centímetros. As correções dos relógios dos satélites são fornecidas a cada 5 minutos.
- *JPL's Rapid products* (também conhecido como *QuickLookR*), disponível gratuitamente aproximadamente 1 dia depois que as observações são coletadas, e possuindo EMQ de cerca de 5 centímetros. As correções dos relógios dos satélites são fornecidas a cada 5 minutos.
- *JPL's Real Time products*, disponível comercialmente 1 minuto após as observações serem coletadas, e possuindo EMQ de cerca de 8 centímetros. As correções dos relógios dos satélites são fornecidas a cada minuto.

O APPS estima os seguintes parâmetros: coordenadas do receptor, estado do relógio do receptor, atraso zenital troposférico residual, ambigüidade da observável utilizada (solução fixa), além de aplicar as seguintes correções: centro de fase da antena, fase Wind-up, atraso troposférico, movimento do pólo, maré terrestre, carga oceânica, atraso ionosférico de segunda ordem (JPL, 2010).

A Tabela 1 resume a precisão de posicionamento esperada deste serviço (Erro médio quadrático, em cm) para um arquivo de 24 horas de observações, com taxa de coleta de 1 segundo (1 Hz):

Tabela 1 – Erro médio quadrático esperado no APPS
(Fonte: JPL, 2010)

Tipo de usuário	Efemérides utilizadas	
	QuickLookR	FlinnR
Estático (dupla frequência)	< 5 cm	~1 cm
Cinemático (dupla frequência)	< 15 cm	< 5 cm
Aerotransportado (dupla frequência)	< 20 cm	< 10 cm
Estático* (simples frequência)	~20 cm	~10 cm
Cinemático* (simples frequência)	~50 cm	~25 cm
Aerotransportado* (simples frequência)	~50 cm	~25 cm

* A Ionosfera é uma importante fonte de erro no posicionamento dos usuários de receptores de simples frequência. Nas baixas latitudes, e durante as tempestades ionosféricas, o erro de posicionamento pode ser maior do que apresentado na tabela acima (JPL, 2010).

Para utilizar o APPS, basta fazer um cadastramento gratuito e enviar os arquivos com as observáveis GPS para a página eletrônica do serviço. Após alguns instantes, um *link* com os resultados do PPP e demais informações é disponibilizado para download. Maiores informações sobre o APPS podem ser encontradas na página eletrônica do serviço: <http://apps.gdgps.net/>

4 METODOLOGIA DE PROCESSAMENTO DOS DADOS

No estudo do serviço APPS para receptores de dupla frequência efetuou-se o PPP das estações POAL (localizada na cidade brasileira de Porto Alegre/RS), CHPI (localizada na cidade brasileira de Cachoeira Paulista/SP) e IMPZ (localizada na cidade brasileira de Imperatriz/MA), pertencentes à RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), sendo estações que compõem a rede oficial do referencial SIRGAS. O período de observações processado para cada estação foi

30 dias, com taxa de dados de 15 segundos e arquivos diários (24 horas). Para a estação POAL, o período de observações processado foi o mês de Maio de 2009, para a estação CHPI, o período de observações processado foi o mês de Janeiro de 2009, e para a estação IMPZ, o período de observações processado foi o mês de Agosto de 2009.

As coordenadas obtidas por meio do PPP foram comparadas com as coordenadas oficiais das estações, divulgadas pelo IBGE (em SIRGAS2000), para isto, as coordenadas processadas e fornecidas pelo APPS, no mês correspondente de 2009, foram atualizadas para a época de referência do SIRGAS2000 (Maio de 2000 ou 2000,4). Lembrando que o APPS fornece as coordenadas no referencial ITRF2005(IGS05). Neste estudo não se teve a preocupação de transformar as coordenadas de ITRF2005 para SIRGAS2000 (que é ITRF2000 – veja: <http://www.sirgas.org/index.php?id=53&L=0>), somente efetuou-se a evolução temporal das coordenadas. Considerou-se, portanto, compatível para fins práticos o ITRF2005 e o SIRGAS2000. E de fato, analisando os parâmetros de transformação divulgados em http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2005/tp_05-00.php, verifica-se valores de translação menores do que 1 mm e rotações nulas.

Para a redução das coordenadas para a época 2000,4, as velocidades das estações foram obtidas utilizando o modelo VEMOS2009, disponibilizado gratuitamente a partir de um aplicativo computacional na página do SIRGAS, e que possui uma grade do campo de velocidades de coordenadas para a placa litosférica sul-americana, sendo o modelo de velocidades de coordenadas recomendado para o referencial SIRGAS.

O modelo matemático empregado na atualização das coordenadas é dado por (SIRGAS, 2010):

$$\begin{aligned} X_t &= X_0 + V_x (t - t_0) \\ Y_t &= Y_0 + V_y (t - t_0) \\ Z_t &= Z_0 + V_z (t - t_0) \end{aligned} \quad (2)$$

Sendo:

X_0, Y_0, Z_0 = Coordenadas da estação obtidas por PPP em cada dia processado (ano de 2009);

X_t, Y_t, Z_t = Coordenadas da estação na época de referência do SIRGAS2000 (Maio de 2000 ou 2000,4);

V_x, V_y, V_z = Velocidades das coordenadas da estação, em metros por ano, obtidas com o modelo VEMOS2009;

t = Época para a qual se deseja atualizar as coordenadas (No caso, Maio de 2000 ou 2000,4)

t_0 = Época das coordenadas das estações (mês correspondente de 2009);

Após esta redução temporal de coordenadas, as coordenadas fornecidas no sistema cartesiano geocêntrico (X Y Z), foram transformadas em coordenadas de um sistema geodésico local, (leste - e, norte - n e vertical - u), com o objetivo de analisar as componentes horizontal e

vertical separadamente. A origem adotada foi a posição oficial das estações, divulgadas pelo IBGE (SIRGAS2000), e, portanto, as coordenadas estimadas transformadas para esse sistema local já representam os valores de discrepâncias com relação as coordenadas conhecidas das estações. Detalhes sobre a formulação envolvida na transformação para sistema geodésico local podem ser obtidos em Monico (2007, p.394).

5 RESULTADOS E ANÁLISES

As figuras 2, 3 e 4 ilustram as discrepâncias (em metros) na resultante das componentes planimétricas (e,n) e na componente vertical (u), no período processado de cada estação, oriundos da comparação entre as coordenadas obtidas do serviço APPS com as coordenadas oficiais das estações, na mesma época de referência (2000,4).

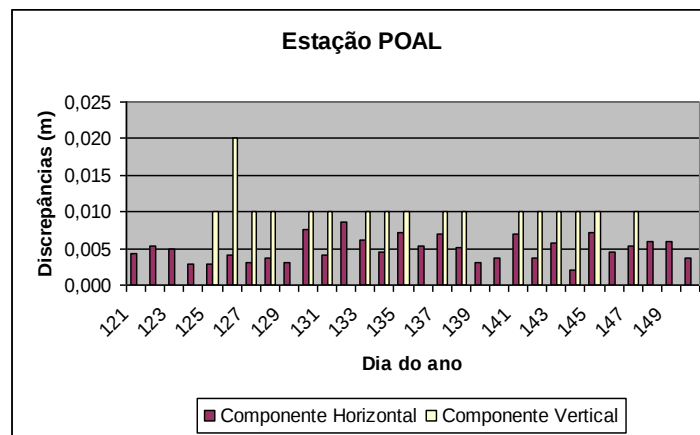


Figura 2 – Discrepância horizontal e vertical da estação POAL no período processado (Março/2009).

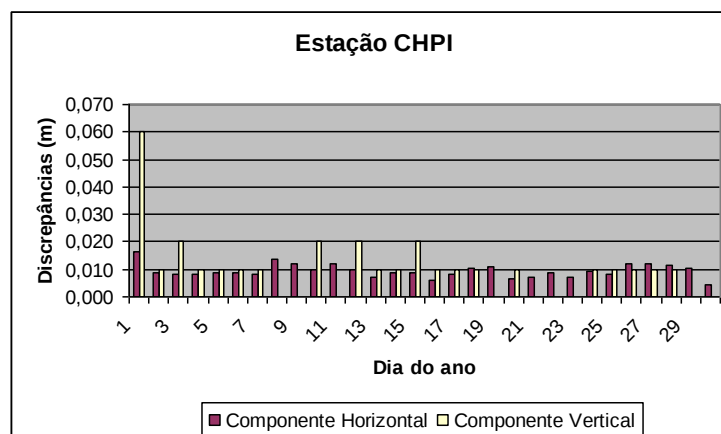


Figura 3 – Discrepância horizontal e vertical da estação CHPI no período processado (Janeiro/2009).

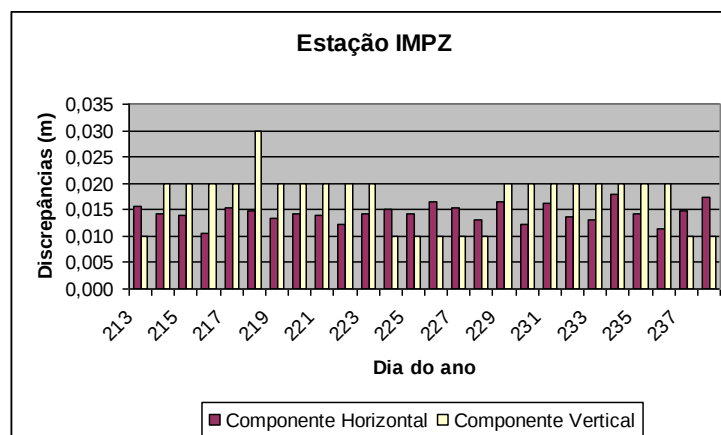


Figura 4 – Discrepância horizontal e vertical da estação IMPZ no período processado (Agosto/2009).

Nota-se que os erros apresentaram magnitude milimétrica/centimétrica para as três estações, raramente ultrapassando o valor de 3 cm, tanto em planimetria quanto em altimetria. A estação POAL propiciou os melhores resultados, mas todas elas apresentam erros de magnitude relativamente baixa nos períodos processados. Em alguns dias, o erro na componente vertical nas estações POAL e CHPI se mostrou inferior a 1 milímetro (deve-se salientar que a precisão das altitudes geométricas oficiais das estações, fornecidas pelo IBGE, é de ordem centimétrica).

As Tabela 2 e 3 sintetizam os resultados para as componentes horizontal e vertical, respectivamente, apresentando o erro médio quadrático (EMQ), e o erro mínimo, máximo e médio para cada estação no período processado:

Tabela 2 – Erros na componente horizontal para cada estação

Estação	Componente Horizontal (m)			
	EMQ	Mín.	Max.	Médio
POAL	0,005	0,002	0,009	0,005
CHPI	0,010	0,004	0,016	0,009
IMPZ	0,014	0,010	0,018	0,014

Tabela 3 – Erros na componente vertical para cada estação

Estação	Componente Vertical (m)			
	EMQ	Mín.	Max.	Médio
POAL	0,008	0,000	0,020	0,006
CHPI	0,015	0,000	0,060	0,010
IMPZ	0,018	0,010	0,030	0,017

Analisando a Tabela 2, nota-se que para as três estações, os valores máximos foram inferiores a 2 cm evidenciando o potencial de uso do serviço APPS/NASA para aplicações de alta precisão, como posicionamentos geodésicos e estudos geodinâmicos.

Analisando a Tabela 3, nota-se que para as três estações, o EMQ altimétrico também foi inferior a 2 cm, apresentando resultados ligeiramente inferiores a planimetria, conforme era esperado, pois segundo Matsuoka et. al. (2009), no posicionamento por GPS a configuração espacial da órbita dos satélites favorece a determinação horizontal e não a vertical.

Importante salientar que o serviço (pós-processado) é gratuito, e que foram utilizados arquivos de observações de 24h, de receptores de dupla frequência e com taxa de dados de 15 segundos, além de correções *FlinnR*, disponíveis 10 dias após as observações terem sido coletadas, propiciando ótimos resultados, coerentes com os divulgados por (JPL, 2010) na Tabela 1.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O método de posicionamento com GPS denominado PPP tem-se tornado popular nos últimos anos, em parte devido ao surgimento de serviços gratuitos de processamento on-line. Neste artigo avaliou-se o serviço APPS (subproduto do sistema NASA/GDGPS) para receptores de dupla frequência, utilizando dados de três estações brasileiras oficiais do referencial SIRGAS: POAL (RS), CHPI (SP) e IMPZ (MA).

Para cada estação, foi processado um período de observações de 30 dias, com arquivos GPS de 24h com taxa de dados de 15 segundos, resultando em estimativas diárias para as coordenadas cartesianas geocêntricas através do PPP deste serviço. Posteriormente, estas coordenadas das estações foram atualizadas para a época de referência do SIRGAS2000 (2000,4), com as velocidades fornecidas pelo modelo VEMOS2009, e então convertidas para um sistema geodésico local, para decompor a análise de discrepâncias em componentes horizontal e vertical.

Por fim, as coordenadas estimadas pelo serviço de PPP foram comparadas com as coordenadas oficiais das estações, divulgadas pelo IBGE e na mesma época de referência. Os resultados mostraram que tanto em planimetria quanto em altimetria, o erro médio quadrático se mostrou inferior a 2 cm, para as três estações, evidenciando o potencial de uso do serviço APPS/NASA para aplicações de alta precisão, como posicionamentos geodésicos e estudos geodinâmicos.

Recomendam-se estudos sobre o PPP em tempo-real através deste serviço, bem como o PPP de arquivos com receptores de simples frequência, porém, salientando que o serviço APPS em tempo-real não é gratuito. Também se recomenda estudos sobre o PPP de arquivos com receptores de dupla frequência, porém com menor tempo de coleta de dados, pois, em aplicações práticas raramente o usuário fará ocupações de 24 horas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao IBGE pelo fornecimento dos dados das estações POAL, CHPI e IMPZ, ao SIRGAS pelo fornecimento do programa VEMOS2009 e ao JPL por disponibilizar de forma gratuita o serviço on-line de processamento PPP denominado APPS. Agradecem também a CAPES pelo fornecimento de bolsa de Mestrado do primeiro autor, e ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Proc.n. 307472/2009-4) do segundo autor.

REFERÊNCIAS

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; WASLE, E. 2008. *GNSS – Global Navigation Satellite System: GPS, GLONASS, GALILEO, and More*, Austria, SpringerWienNewYork, 516p.

INCRA. **PORTARIA Nº 69, DE 22 DE FEVEREIRO DE 2010.** Aprova a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais 2ª Edição. Disponível em:

<<http://www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=81&data=04/03/2010>>.

Acesso: 8 março 2010.

LEICK, A. 2004. **GPS Satellite Surveying**, 3ª ed., New Jersey, John Wiley & Sons, 435p.

MATSUOKA, M. T.; AZAMBUJA, J. L. F.; SOUZA, S. F.; VERONEZ, M. **Potencialidades do serviço on-line de Posicionamento por Ponto Preciso (CSRS-PPP) em aplicações geodésicas.** Gaea (São Leopoldo. Impresso) (Cessou em 2007. Cont. 1983-3628 Gaea (São Leopoldo. Online), v. 5, p. 42-48, 2009.

MONICO, J.F.G. 2007. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações.** São Paulo, Editora Unesp, 476 p.

JPL, JET PROPULSION LABORATORY. **The Automatic Precise Positioning Service of the Global Differential GPS (GDGPS) System.**

Disponível em: <<http://apps.gdgps.net/>>.

Acesso: 20 janeiro 2010.

JPL, JET PROPULSION LABORATORY. **The NASA Global Differential GPS System.**

Disponível em: <<http://www.gdgps.net/index.html>>.

Acesso: 20 janeiro 2010.

SIRGAS. **VEMOS2009.** Disponível em:

<<http://www.sirgas.org/index.php?id=54>>.

Acesso: 1 março 2010.

TEUNISSEN, P. J. G.; KLEUSBERG, A. **GPS For Geodesy.** 2nd Edition. Ed. Springer Verlage, 1999. 650p.