

**11ª Jornada Científica e
Tecnológica do IFSULDEMINAS**
& **8º Simpósio de
Pós-Graduação**

**ANÁLISE TEMPORAL DO DESLOCAMENTO CRUSTAL ATRAVÉS DE
OBSERVAÇÕES GNSS**

Monieli K. DOMINGUES¹; Ana B. B. ALVEZ¹; Sarah M. COSTA¹; Fabio L. ALBARICI²; Paulo A. F. BORGES²

RESUMO

No âmbito da Geodésia Espacial, várias são suas aplicações diretas ou indiretas, permitindo investigar alguns fenômenos, como exemplo, o deslocamento crustal. Este deslocamento está associado com o movimento visco-elástico que ocorre na Terra. Com o objetivo de quantificar e verificar este deslocamento da crosta, utilizou-se de uma série temporal de 10 anos (2006-2016) da estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) chamada de NEIA. Os resultados indicam que existe movimentação da crosta, porém de forma suave e constante, com valores máximos e mínimos de +3,8 cm e 0,9 cm, respectivamente.

Palavras-chave:

PPP; Deslocamento da crosta; Série Temporal.

1. INTRODUÇÃO

Quando as observações GNSS são pós-processadas, é possível utilizar as efemérides precisas e correções para os relógios dos satélites. Essas informações podem ser usadas tanto no processamento de observações de pseudodistância, como de fase da onda portadora ou em ambos os casos. Esse procedimento é o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) e pode ser aplicado em uma grande variedade de atividades geodésicas (MONICO, 2008).

O PPP elimina a necessidade de aquisição simultânea de dados de rastreamento a partir de uma estação de referência (base) e os problemas dependentes das distâncias que envolvem as linhas de base (NRCAN, 2007).

A ideia por trás do PPP é a seguinte: órbitas precisas e relógios dos satélites são estimados, com base em observações de uma rede fiducial global de alta qualidade. Esta informação é tomada para resolver parâmetros da estação podendo ser acessado em qualquer sítio do mundo. Apenas uma única estação é processada de cada vez.

Segundo Kouba (2009), as equações envolvidas no PPP são:

1 Alunas, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. E-mail: monidomingues98@gmail.com; biabueno75@gmail.com; sarahmoreira1911@gmail.com.

2 Orientador, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. E-mail: fabio.albarici@ifsuldeminas.edu.br; paulo.borges@ifsuldeminas.edu.br.

$$f_p = \rho + c dT + M zpd + \varepsilon_p - l_p = 0 \quad (1)$$

$$f_\phi = \rho + c dT + M zpd + N \lambda + \varepsilon_\phi - l_\phi = 0 \quad (2)$$

Onde: l_p é a combinação livre de ionosfera da pseudodistância, l_ϕ é a combinação livre de ionosfera das fases da onda portadora, dT é o relógio da estação receptora deslocado do tempo GPS, c é a velocidade da luz no vácuo, N é a ambiguidade não-inteira da combinação livre de ionosfera em fase da onda portadora, λ é o comprimento de onda da fase da onda portadora, ε_p e ε_ϕ são os componentes de ruído, ρ é o intervalo geométrico calculado pela iteração a partir da posição do satélite (X_s, Y_s, Z_s) na época de transmissão e a posição da estação (x, y, z) na época da recepção, $M zpd$ é o atraso do caminho troposférico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Segundo Sánchez *et al.* (2015), o movimento da crosta está associado com o movimento visco elástico que a Terra possui. A instalação de uma estação GNSS próximo ao marégrafo ajuda a modelar o que é movimento da crosta. A estação maregráfica de Cananeia possui uma estação GNSS pertencente a RBMC, onde tem-se disponibilidade de dados diariamente, dessa forma através do método de posicionamento GNSS chamado de Posicionamento Por ponto Preciso (PPP), pode-se detectar e modelar a movimentação da crosta terrestre.

Os arquivos utilizados nesta pesquisa estão disponíveis gratuitamente no sitio do IBGE-RBMC (http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm) (IBGE, 2016). Cada estação está denominada por um nome que denomina o local onde esta se encontra. Assim, escolheu-se a estação NEIA para esta pesquisa, onde o local de estudo é no marégrafo de Cananeia. Dessa forma, realizou-se o *download* dos arquivos dos anos de 2006 a 2016, que se encontram no banco de dados do IBGE, obteve-se uma série de 10 anos de dados GNSS da RBMC – NEIA, onde tem-se um total de ~ 3650 arquivos.

Para o processamento dos dados coletados da estação recorreu-se ao serviço de processamento *on-line GNSS Analysis and Positioning Software* (GAPS), disponibilizado pela *University of New Brunswick - Geodesy and Geomatics Engineering* (UNB-GGE). O GAPS fornece aos usuários um posicionamento preciso por satélite usando um único receptor GNSS, tanto no modo estático quanto no cinemático. Através do uso de produtos precisos de órbita e relógio fornecidos por fontes como o *International GNSS Service* (IGS) e o *Natural Resources Canada* (NRCAN), é possível obter posicionamento centimétrico no modo estático e posicionamento de nível decimétrico no modo cinemático, dado um período de convergência suficiente (GAPS, 2017). O GAPS possui dois processos de submissão, um básico onde apenas seleciona-se o arquivo de entrada, quais constelações

foram rastreadas, tipo de posicionamento realizado e por fim o ângulo de corte. Já o modo avançado tem outros parâmetros que podem ser explorados pelo usuário, como: Tipo de órbita e relógio a ser utilizado, tipo de observáveis (GPS, Galileo e Beidou), modelos de troposfera e ionosfera e pode-se aplicar ao processamento modelos de maré terrestre e carga de maré. Neste trabalho utilizou-se o método avançado com as configurações padrão: modo estático, órbitas IGS final, correção atmosférica e sem correção de maré e carga oceânica.

As coordenadas (E, N e h) e seus respectivos desvios padrão foram calculados e enviados para o e-mail do usuário. Para este trabalho utilizou-se apenas as altitudes geométricas (h).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizou-se a análise da estabilidade da estação RBMC – NEIA, através do processamento das observações GNSS, onde foi extraída a altitude geométrica, assim pode-se quantificar e verificar com precisão a existência ou não da movimentação da crosta.

A Figura 1 mostra os resultados obtidos do processamento GNSS pelo método PPP, ao se analisar a variação da altitude geométrica, constata-se que há movimentação da crosta. Apesar dos valores máximo e mínimos da Figura 1 serem respectivamente +3,8 cm e -0,9 cm, observa-se que a linha de tendência possui valor, da movimentação da crosta, de 2 mm para esta série de 10 anos (2006 - 2016). Os valores apresentados reforçam os estudos anteriores sobre o deslocamento da crosta, e as referências bibliográficas são comprovadas mostrando a potencialidade do PPP na geodinâmica.

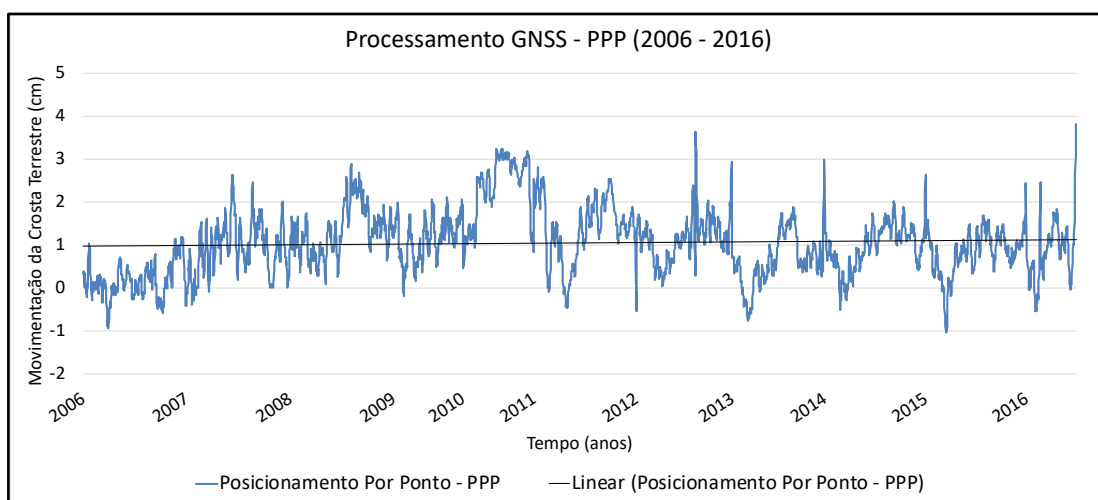


Figura 1 – Movimentação Vertical da Estação RBMC-NEIA

4. CONCLUSÕES

As análises sobre a deformação da crosta terrestre (Figura 1) indicam uma movimentação vertical, sendo que esta movimentação possui valor estável, ou seja, tem uma variação pequena ao longo da série analisada.

As altitudes obtidas através do PPP têm alta acurácia, pois as mesmas podem ser confirmadas pela solução que o IBGE produz. Esta solução é realizada semanalmente em dezenas de estações que compõem a rede Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000). Os dados são processados no modo relativo utilizando estações *International GNSS Service* (IGS) e o *software* científico Bernese 5.0 (IBGE, 2016). Uma comparação com o processamento do IBGE foi realizada com objetivo de avaliar o método de posicionamento utilizado (PPP), verificou-se que o comportamento da crosta é o mesmo da solução produzida pelo IBGE.

REFERÊNCIAS

GAPS. GNSS Analysis and Positioning Software. Disponível em: <<http://gaps.gge.unb.ca/index.html>>. Acesso em: 07 jun. 2017.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS. 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/Geodésia/rbmc/rbmc.shtm>> Acesso: 26 set.2016.

KOUBA, J. A **GUIDE TO USING INTERNATIONAL GNSS SERVICE (IGS) PRODUCTS**. 2009. Disponível em: <<http://acc.igs.org/UsingIGSProductsVer21.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2019.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo, Editora UNESP, 2008.

NRCAN (NATURAL RESOURCE CANADA). 2007. CSRS-PPP an online Global GPS Processing Service. Canadian Spatial Reference System, **Geodetic Survey Canada**. Disponível em: <<https://www.unavco.org/projects/project-support/polar/.../PPP.pdf>> Acesso: 19 maio 2017.

SÁNCHEZ, L. *et al.* Report of joint working group 0.1.1: vertical datum standardization (JWG 0.1.1). In: Drewes H, Hornik H (eds) **Travaux de l'AIG 39, IAG reports 2011–2015**. 2015