

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

DESLOCAMENTO VERTICAL NO MARÉGRAFO E ESTAÇÃO GNSS DE CANANEIA/SP

Sarah M. COSTA¹; Ana B. B. ALVEZ¹; Monieli K. DOMINGUES¹; Fabio L. ALBARICI²

RESUMO

Os deslocamentos verticais são fontes de erros que influenciam diretamente na solidez das estações GNSS e maregráficas. Estes erros podem ser quantificados através da abordagem do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) para verificação do deslocamento da crosta, e modelagem da maré oceânica, para quantificar a variação do nível médio no local. O objetivo deste trabalho é analisar e quantificar cada uma destas forças que atuam no marégrafo e na estação GNSS de Cananeia/SP. Os resultados indicam que estas forças apresentaram boa modelagem no local, onde os valores encontrados são considerados baixos para esta aplicação, tornando a estação GNSS e maregráfica de Cananeia/SP consistente.

Palavras-chave:

Posicionamento GNSS; Maré Oceânica; Soerguimento da crosta.

1. INTRODUÇÃO

A maré oceânica pode ser entendida como o deslocamento de partículas líquidas, ou seja, é o fenômeno da subida e da descida do nível das águas de uma região por causa dos efeitos gravitacionais criados pelos corpos celestes e a maré terrestre é a deformação visco-elástica da crosta terrestre, sob a ação gravitacional da Lua e do Sol, constituindo um assunto de muita relevância por suas implicações na Oceanografia, Geodésia e, mais recentemente, nas Engenharias (GEMAEL, 2002).

Uma quantidade importante neste contexto é a carga oceânica, que pode ser definida como a deformação da crosta terrestre causada pela redistribuição da massa oceânica sobre ela, ou seja, as marés oceânicas em seu movimento periódico exercem uma pressão ou carga sobre a crosta terrestre provocando deslocamentos verticais.

Segundo Sánchez (2015), o movimento da crosta está associado com o movimento visco elástico que a Terra possui e também com fenômenos externos. A instalação de uma estação GNSS próximo ao marégrafo ajuda a modelar o que é movimento da crosta e o diferenciar o nível do mar. Uma técnica usada para a modelagem da crosta terrestre é o Posicionamento por Ponto Preciso (PPP),

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

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

onde 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 (XU, 2008). Já na modelagem da maré oceânica e carga de maré, observações maregráficas e gravimétricas, respectivamente, são utilizadas.

Assim, o objetivo deste trabalho é quantificar o deslocamento da crosta, modelar a maré oceânica, além de verificar a interação entre estas forças.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A estação maregráfica de Cananeia possui uma estação GNSS pertencente a RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), onde tem-se disponibilidade de dados diariamente, dessa forma através do método de posicionamento GNSS chamado PPP, pode-se detectar e modelar a movimentação da crosta terrestre. Os arquivos utilizados nesta pesquisa estão disponíveis gratuitamente no sítio do IBGE-RBMC (http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm) (IBGE, 2016). Dessa forma, realizou-se o *download* dos arquivos dos anos de 2012 a 2015, que se encontram no banco de dados do IBGE, obteve-se uma série de 4 anos de dados GNSS da RBMC, onde tem-se um total de ~ 1200 arquivos. Para o processamento dos dados coletados da estação recorreu-se ao serviço de processamento *on-line* GAPS (*GNSS Analysis and Positioning Software*), disponibilizado pela UNB-GGE (*University of New Brunswick - Geodesy and Geomatics Engineering*). O GAPS possui dois processos de submissão, um básico e o modo avançado, nesse trabalho utilizou-se do avançado com as configurações padrão: modo estático, órbitas IGS final, correção atmosférica e sem correção de maré e carga oceânica.

O modelo de carga oceânica *FES95.2* (*Finite Element Solution 95.2*) foi escolhido, pois este modelo é o que melhor se ajusta para o estado de São Paulo (COSTA, 2007). Para obter-se este modelo, utilizou-se do sítio *Ocean tide load provider* do Observatório Espacial de Onsala (Bélgica), onde há a necessidade de se realizar algumas configurações, como: o tipo de formato de saída do arquivo texto, que neste caso foi o *BLQ*, além da unidade da gravidade ($\mu\text{m/s}^2$) (OSO, 2017).

O modelo *FES95.2*, foi aplicado às coordenadas da estação geodésica de Cananeia. Depois de receber o modelo de carga oceânica, fez-se necessário utilizar um conversor de *BLQ* para o formato do *Tsoft* denominado “*olgt.pl*”. Outra correção necessária foi o movimento do pólo, para tal fez-se o *download* dos dados de movimento do pólo disponibilizados pelo IERS (*International Earth Rotation and Reference Systems Service*) (IERS, 2015). As observações maregráficas foram processadas e utilizaram-se os filtros disponíveis no *software* PACMARÉ desenvolvido por Franco (1982), e

disponibilizado pelo Instituto Oceanográfico da USP, para obter o modelo da maré oceânica (HARARI *et al.*, 2004).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na análise do deslocamento vertical da estação maregráfica de Cananeia, realizou-se a filtragem das leituras do marégrafo, onde pode-se verificar através da Figura 1 que a série maregráfica mantém-se estável, onde o valor do nível médio é de 250 cm e a tendência é de ± 2 mm para a série observada. Pode-se dizer que os valores obtidos são satisfatórios, uma vez que esta variação é a mesma quando comparada com trabalhos anteriores de Trabanco *et al.* (2003); Trabanco *et al.* (2005).

Ao se analisar a interação entre maré oceânica e o PPP, pode-se verificar que os mesmos possuem o mesmo valor de tendência (2 mm/ano), isso implica em dizer que essa confrontação mostra a solidez da estação NEIA, e que a mesma tem uma variação constante de aumento ao ano, além de ressaltar a importância de uma boa modelagem geodinâmica.

As altitudes geométricas obtidas através da técnica de posicionamento PPP (possuem correlação inversa com a maré oceânica onde se observa as implicações da maré oceânica sobre as altitudes geométricas, acentuando a movimentação da crosta. Estes deslocamentos da crosta causados pela influência da maré, afetam de forma direta as estações GNSS e maregráfica, tendo a necessidade de serem modeladas de tempos em tempos. A Figura 1 mostra um trecho desta situação:

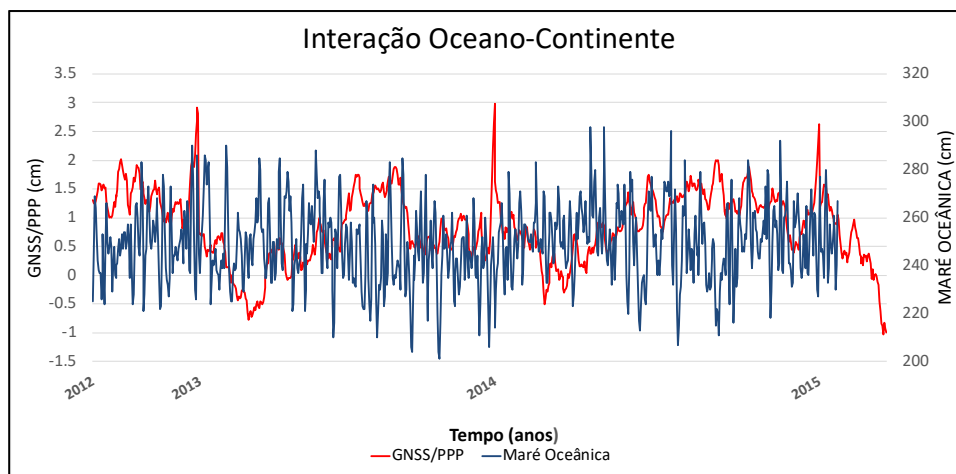


Figura 1 - Influência da Maré Oceânica sobre a estação RBMC-NEIA

4. CONCLUSÕES

As análises sobre a deformação da crosta terrestre mostram a influência da maré oceânica na

estação GNSS, mais especificamente na altitude geométrica. A maré oceânica possui valor para a série analisada de 2 mm/ano, o que a torna estável. O valor obtido para o nível médio do mar é de 250 cm, e sua tendência é um aumento de 2 mm/ano, o que mostra que as observações maregráficas possui boa acurácia e proporcionam determinar esta pequena variação ao longo da série utilizada.

Conforme os resultados obtidos para cada uma das fontes (maré e PPP) pode-se dizer que elas são potenciais fontes de erros e que tem forte interação entre si. A não modelagem geodinâmica ou a negligência destes dois efeitos podem resultar em diferenças significativas, por exemplo, no cálculo do nível médio do mar, uma vez que a estação maregráfica está sobre influência direta destas cargas.

REFERÊNCIAS

COSTA, D. S. **Variação do Nível Médio do Mar - Técnicas para a Avaliação**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FRANCO, A. S.. Au sujet de la méthode de vérification des hauteurs horaires de marée de Karunaratne. **Révue Hydrographique Internationale**, Mônaco, v. 59, n. 1, p.151-155,1982.

GEMAEL, C. **Introdução a Geodésia Física**, Curitiba, 304p. Editora da UFPR. 2002.

HARARI, Joseph; FRANÇA, Carlos Augusto de Sampaio; CAMARGO, Ricardo. **Variabilidade de Longo Termo de Componentes de Marés e do Nível Médio do Mar na Costa Brasileira**. 2004. Afro-America Gloss News. Disponível em: <<http://www3.io.usp.br:32080/maptolab/aagn/aagn8/ressi/ressimgf.html>>. Acesso em: 06 jan. 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/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>> Acesso: 26 set.2016.

IERS (Org.). **The International Terrestrial Reference System (ITRS)**. 2015. Disponível em: <<http://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/ITRS/itrs.html>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

ONSALA SPACE OBSERVATORY (OSO). 2017. **Welcome to the free ocean tide loading provider**. Disponível em: < <http://holt.oso.chalmers.se/loading/>> 16 jan 2017.

SÁNCHEZ, L. Sistema Vertical de Referência, In: **Taller Sistema Vertical de Referência SIRGAS (SVRS)**, Curitiba, Brasil, 2015.

TRABANCO, J.L.A.; Freitas, S.R.C.; Blizkow, D.; Schuab, S. 2003. Periodical local load effects and geocentric positioning of Cananeia tide gauge, Brazil. In: **IUGG - XXIII GENERAL ASSEMBLY OF GEODESY AND GEOPHYSICAL SOCIETY**, Sapporo, 2003. p. 1-5.

TRABANCO, J.L.A.; Blitzkow, D.; França, C.A.S.; Mesquita, R.A. 2005. Analysis of the sea level from a 50 years tide gauge Record and GPS. In: **DYNAMIC PLANET 2005 IAG/IAPSO/IABO JOINT ASSEMBLY**, Austrália, 2005. p. 34 – 49.

XU, G. **Orbits**. Germany: Springer-verlag Berlin Heidelberg, 2008. 230 p.