

MEDIÇÃO DO NÍVEL DO MAR VIA REFLETOMETRIA GPS: AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE RECEPTOR EXPERIMENTAL

Manuella Anaís Rodrigues Fagundes¹, Felipe Geremia Nievinski²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM), Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR), manuella.fagundes@ufrgs.br;

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM), Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR), felipe.nievinski@ufrgs.br

1. INTRODUÇÃO

RESUMO

O presente trabalho objetiva avaliar a aplicação da técnica de refletometria GPS (GPS-R) na medição do nível da água, a partir do uso de um receptor experimental. A metodologia envolveu a montagem do receptor, a medição do nível da água utilizando a técnica de nivelamento geométrico, a instalação do GPS experimental próximo ao linígrafo localizado no Cais Mauá e o processamento dos dados no software Matlab. O resultado para o nível da água, obtido com GPS-R foi em média 3,695m e o desvio padrão de 0,045m. A discrepância encontrada entre o nivelamento e a refletometria foi da ordem de 3,15% do valor total da altura. Conclui-se que o resultado apresentou-se promissor, possibilitando almejar uma futura instalação do GPS para monitoramento constante do nível do lago Guaíba.

Palavras-chave — Refletometria, nível da água, GPS experimental.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the application of the GPS-reflectometry (GPS-R) technique in the measurement of water level, based on the use of an experimental receiver. The methodology involved the assembly of the receiver, the measurement of the water level using the geometric leveling technique, the installation of the experimental GPS near the pier located at the Mauá Pier and the data processing in Matlab software. The result for the water level, obtained with GPS-R was on average 3,695m and the standard deviation of 0.045m. The discrepancy between leveling and reflectometry was of the order of 3.15% of the total height value. It was concluded that the result was promising, making it possible to aim for a future GPS installation for constant monitoring of the Lake Guaíba level.

Key words — Reflectometry, water level, experimental GPS.

Os desastres naturais são fenômenos que notoriamente ocorrem e atingem a população, causando prejuízos financeiros e muitas vezes danos irreversíveis. Conforme [1], além de associarmos eventos extremos a terremotos, tsunamis e furacões, os desastres naturais podem estar associados também a eventos locais como inundações e deslizamentos. Neste contexto, insere-se a necessidade de monitoramento do nível do mar para tentar reduzir os impactos das mudanças climáticas, que acabam por acentuar ainda mais a ocorrência destes eventos.

O monitoramento constante do nível médio do mar (NMM) envolve análises de séries temporais longas que permitam um maior conhecimento de seu comportamento. A partir disto, planos de ação podem ser implementados a fim de garantir que possíveis situações extremas sejam controladas e causem os menores danos possíveis à população. Para tanto necessita-se de dispositivos de medição de fácil instalação, manutenção e baixo custo.

Redes maregráficas tradicionais enfrentam uma série de dificuldades, como a possibilidade de movimentação dos instrumentos, descontinuidade de observações e a necessidade de correção das derivas. A observação é relativamente simples, porém o controle geodésico necessário para converter NMM relativo em NMM absoluto (geocêntrico) é mais complicada e pode não ocorrer com a regularidade desejável.

Com a instalação de receptores GPS próximos ao mar, surge a possibilidade de medição do NMM indiretamente por técnicas de refletometria (GPS-R). É um tipo sensoriamento remoto à curta distância que consiste em usar as ondas de rádio emitidas pelos satélites GPS e suas reflexões GPS para calcular as variações de nível da água. A técnica de GPS-R revela uma nova possibilidade de instrumento de medição e apresenta vantagens por não necessitar estar imediatamente sobre a água (ou seja, não exigir visada perpendicular) e por adotar um referencial geocêntrico.

Reportamos aqui o desenvolvimento e avaliação de um sensor terrestre para altimetria a curta distância, baseado na técnica GPS-R. O equipamento alternativo é mais acessível e menos custoso quando comparado aos métodos tradicionais de medição, como limnígrafos, marégrafos e

receptores GPS geodésicos. Ademais, a maioria das avaliações anteriores da técnica de GPS-R foram relativas, no sentido em que a diferença média com relação à marégrafos foi ignorada. Aqui propomos uma avaliação absoluta, para identificar um possível viés altimétrico em GPS-R [5].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Sensor experimental

Utilizamos componentes eletrônicos de baixo custo, baseado em hardware aberto e livre (Arduino). Na fabricação do protótipo incluímos dispositivos capazes de gravar os dados em cartão de memória, alimentar energeticamente através de painéis solares e suportar mecanicamente a antena. A figura 1 mostra os componentes do receptor experimental utilizado.

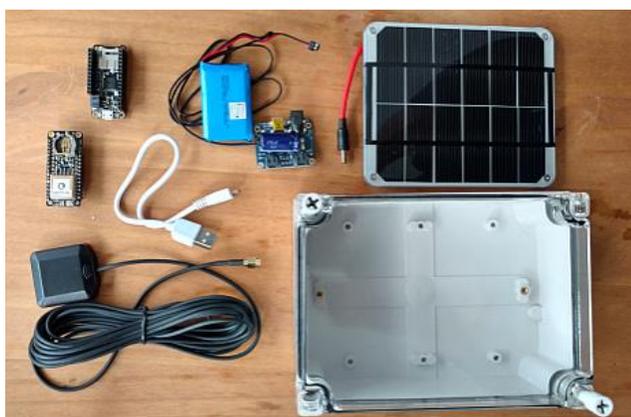


Figura 1. Componentes do GPS experimental

O receptor criado com os componentes do fabricante Adafruit, modelo Feather, foi testado em quatro campanhas de validação com marégrafos convencionais (radar, ultrassom e boia/contrapeso): em Porto Alegre, em Imbituba e em Tramandaí. Neste trabalho apresentaremos os resultados referentes à campanha de realizada no Cais Mauá, em Porto Alegre.

2.2 Experimento de campo

A área de estudo localiza-se no Cais Mauá, à beira do Lago Guaíba, no município de Porto Alegre (RS). Foi utilizado o GPS experimental e também os materiais necessários para realizar o nivelamento geométrico, técnica utilizada para validação dos resultados do receptor.

As melhores condições para coletar a reflexão da onda advinda dos satélites consistem no estacionamento da antena em um local com campo de visada aberto e sem obstruções, o mais próximo possível do corpo d'água e com visibilidade para o céu, para que não haja bloqueio da recepção. Observa-se o cumprimento dessas premissas na instalação do receptor, conforme figura 2.



Figura 2. Sensor estacionado na beira do cais

Com relação à técnica de nivelamento geométrico, sabe-se de sua consolidação na utilização em levantamentos geodésicos de alta precisão. Quando aplicada corretamente, gera resultados com erros inferiores a $0,5\text{mm}\cdot\sqrt{D}$, onde D é a distância em km [6]. Foram tomados os cuidados usuais para evitar a ocorrência e propagação de erros sistemáticos conforme [6]. Os materiais utilizados foram um nível eletrônico DL-202 e régua com código de barras. Foi lida a régua na altura do ponto de referência da antena GPS (APC) e na altura da água. A parte inferior da régua foi colocada em contato direto com a lâmina d'água, a qual estava calma, como pode ser observada na Figura 3, com agitação por ondas inferior a 5 cm, sendo essa a principal fonte de incerteza da medição.



Figura 3. Lâmina d'água

Na medição envolvendo a lâmina d'água e o GPS experimental, os valores de altura obtidos foram relativos ao centro de fase da antena.

2.3 Processamento dos dados

Aplicando-se a técnica de GPS-R, trabalha-se com um modelo de inversão que tem como base os dados de relação sinal-ruído (SNR) e elevação do satélite. A modelagem gera uma curva ajustada, e conforme [8] um modelo inverso estatisticamente rigoroso é empregado para recuperar correções de parâmetros para os resíduos de observação.

3. RESULTADOS

Para refletometria, utilizou-se os dados da relação sinal-ruído (SNR) coletados pelo dispositivo. Na análise foi

utilizado o software Matlab, onde a rotina de inversão automatizada exibe o gráfico da SNR, observando-se o comportamento ao longo da trajetória, e também uma curva ajustada que apresenta o valor de altura calculado.

Na figura 5 verifica-se a trajetória a noroeste do satélite denominado PRN10, o que torna possível concluir que a reflexão recebida foi apenas do Lago, e apresenta também o resultado de inversão.

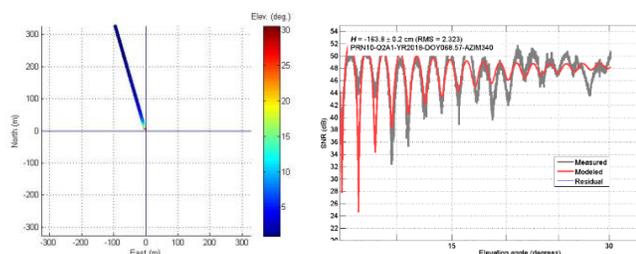


Figura 5. Trajetória e inversão do PRN10

Na figura 6 verifica-se a trajetória a sudoeste do satélite denominado PRN16, o que torna possível concluir que a reflexão recebida foi apenas do Lago, e apresenta também o resultado de inversão.

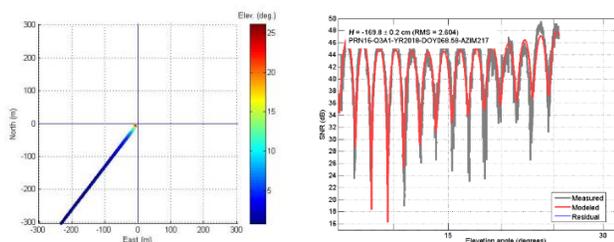


Figura 6. Trajetória e inversão do PRN16

Na figura 7 verifica-se a trajetória a noroeste do satélite denominado PRN31, o que torna possível concluir que a reflexão recebida foi apenas do Lago, e apresenta também o resultado de inversão.

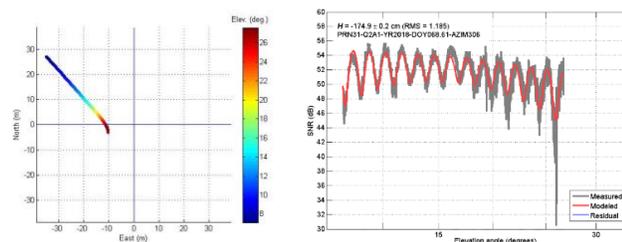


Figura 7. Trajetória e inversão do PRN31

Para gerar a inversão, estima-se a altura da antena. A altura real da mesma em relação à água pressupõe a seguinte equação:

$$H = H_0 - \Delta H \quad (1)$$

Onde a altura inicial (H_0) é igual a 2 m, e ΔH consiste no resultado obtido na inversão e a altura final (H) é obtida através da combinação entre ambas. A altura final significa a distância vertical do centro de fase da antena até o ponto de reflexão. O resultado da inversão apresentou uma média de 3,695 m de altura com desvio padrão de 4,5 cm.

Através do emprego da técnica de nivelamento geométrico obteve-se uma diferença de altura entre o centro da antena do GPS e a água de 3,819 m. A figura 4 esboça os resultados obtidos com nivelamento, considerando a RN 1782Z do IBGE mais próxima, onde obteve-se a altitude ortométrica dos pontos e adequada conversão das alturas. A precisão do nivelamento foi de 0,31 mm.

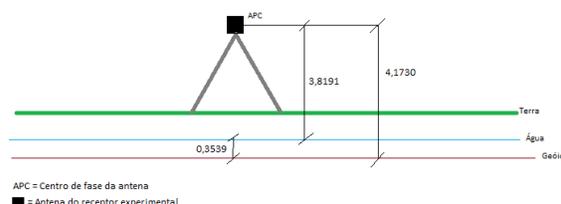


Figura 4. Esboço do nivelamento geométrico

4. DISCUSSÃO

A diferença observada entre os métodos de medição é da ordem de 12,4 cm, aproximadamente 3,1% da altura total. Considerando que há um erro gerado pela perturbação das ondas (cerca de 5cm), que pode ser atenuado em testes futuros, a técnica de GPS-R para medição do nível do lago apresenta resultados ainda mais promissores. Para uma comparação preliminar, envolvendo poucos satélites e pouco tempo de observação, pode-se afirmar que o objetivo do experimento foi alcançado.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que a metodologia e os materiais adotados foram suficientes para atingir o objetivo deste trabalho. A aplicação da técnica de refletometria GPS (GPS-R) para medir o nível da água, utilizando um receptor experimental, apresentou resultados promissores e gerou perspectivas de uma futura instalação permanente do equipamento.

Avaliamos o desempenho do dispositivo e verificamos que as soluções fornecidas estão condizentes com a técnica consolidada de nivelamento geométrico. Os resultados apresentados fazem parte de uma análise preliminar; pretende-se futuramente repetir o experimento, porém deixando o equipamento rastrear em um maior intervalo de tempo e atenuar os erros advindos da medição do nível da água. Há também um futuro objetivo de

comparar os dados advindos da técnica de refletrometria com o marégrafo que monitora o nível do mar no litoral.

A água do Lago Guaíba estava calma e livre de grandes alterações no momento da medição, o que pode se considerar um ambiente controlado. Em materiais científicos como (Liu et al., 2017) encontra-se algumas ressalvas em relação ao uso da técnica em ambientes mais perturbados, o que deve ser considerado para cálculos de nível do mar, onde as ondas são maiores. Nestes casos pode-se tornar necessário um maior refinamento dos dados e cálculos que considerem mais satélites, demonstrando o uso em outra condição de entorno.

A criação do protótipo de baixo custo capaz de fornecer informações precisas, que no presente momento são obtidos apenas com equipamentos custosos de posse de centros privados de pesquisa avançados, ONGs, órgãos governamentais ou até intergovernamentais fornece uma nova possibilidade na obtenção de registros a longo prazo, auxiliando no controle de lagos, rios e mares e contribuindo para a estratégia nacional de adaptação às mudanças climáticas.

6. REFERÊNCIAS

- [1] TOMINAGA, Lídia Keiko et al. (EDS.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. 1a. ed ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.
- [2] BEVIS, Michael; SCHERER, Wolfgang; MERRIFIELD, Mark. Technical Issues and Recommendations Related to the Installation of Continuous GPS Stations at Tide Gauges. *Marine Geodesy*, [s. l.], v. 25, n. 1–2, p. 87–99, 2002.
- [3] FREITAS, S.R.C.; LUZ, R.T. (1995). Altimetria de Precisão com GPS baseada no SGB: Possibilidades Físicas e Limitações. In: 4º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, p. 135-138. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=63286>
- [4] FREITAS, S.R.C.; MEDINA, A.S.; LIMA, S.R.S. (2002a). Associated Problems to Link South American Vertical Networks and Possible Approaches to Face them. In: IAG Symposia 124 – Vertical Reference Systems. Springer, Ed. H. Drewes et al., p. 318-323. Acesso em: 15 de abril de 2018
- [5] SANTAMARÍA-GÓMEZ, Alvaro et al. Levelling co-located GNSS and tide gauge stations using GNSS reflectometry. *Journal of Geodesy*, [s. l.], v. 89, n. 3, p. 241–258, 2015.
- [6] IBGE. Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em território Brasileiro. Resolução – PR nº22, de 21-07-1983. Disponível em: <http://www.inde.gov.br/images/inde/bservico1602.pdf> Acesso: 08 de março de 2018.
- [7] LIU, Wei et al. Coastal Sea-Level Measurements Based on GNSS-R Phase Altimetry: A Case Study at the Onsala Space Observatory, Sweden. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, [s. l.], v. 55, n. 10, p. 5625–5636, 2017.
- [8] Nievinski, F. G., K. M. Larson (2014b), “Inverse modeling of GPS multipath for snow depth estimation part I: formulation and simulations,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 52, no. 10, pp. 6555–6563.