

POSICIONAMENTO DE BÓIAS OCEANOGRÁFICAS DE DERIVA ATRAVÉS DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA UTILIZANDO SATÉLITES

***Cristina Tobler de Sousa Rae¹**

****Hélio Koiti Kuga²**

1 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - cristina.tobler@dss.inpe.br

2 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - hkk@dem.inpe.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação do sistema de localização geográfica por satélites, GEOLOC, desenvolvido no INPE, em posicionamento de bóias de deriva lançadas no oceano para fins científicos. Duas bóias de números 32338 e 32339 foram ancoradas nas seguintes latitudes e longitudes aproximadas: 23.7° S e 315.1° W, e 22.9° S e 317.8° W, respectivamente. Estas bóias foram lançadas por pesquisadores do Instituto Oceanográfico da USP, com o objetivo de realizar pesquisas de coleta de dados meteorológicos sobre o oceano. Pela primeira vez, o sistema brasileiro de localização geográfica de transmissores do INPE foi exercitado operacionalmente, obtendo-se como produto final as posições geográficas das bóias em tempo quase-real. O posicionamento geográfico dos transmissores tem por finalidade principal fornecer as informações essenciais para um possível resgate caso estas se desprendam de suas posições de origem. Para a obtenção dos resultados de posicionamento foram utilizados o Satélite de Coleta de Dados (SCD-2) e o Satélite Sino Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-1). Basicamente, a técnica de geo-localização de transmissores através de satélites necessita de um método de processamento das medidas de desvio Doppler obtidas através do sistema brasileiro de coleta de dados do INPE, em conjunto com a aplicação de técnicas estatísticas de mínimos quadrados por lotes, em tempo quase-real. O processamento das medidas de desvio Doppler foi implementado usando a técnica de ortogonalização de Householder para o procedimento de mínimos quadrados. Com relação às bóias de deriva, o período da campanha de coleta de dados para análises dos resultados teve início em janeiro e término em março de 2003. A precisão do posicionamento para as bóias analisadas foi considerada satisfatória, obtendo para uma análise dos 67% melhores resultados, uma precisão em torno de 3.1km.

Palavras-chave: Geo-Posicionamento; Transmissores; Desvio Doppler.

ABSTRACT

The main goal of this work is to present an application in positioning drift buoys, using the GEOLOC (geographic location of transmitters by satellites) system. The system developed at INPE was applied in positioning of drifting buoys launched in the ocean in order to perform scientific research. Two buoys identified by #32338 and #32339 were anchored in the following approximate latitudes and longitudes: 23.7° S and 315.1° W, and 22.9° S and 317.8° W respectively. These buoys were deployed and launched by researchers of the USP Oceanographic Institute whose goal is the research of meteorologic data collected over the ocean. For the first time, INPE's Brazilian system of geographical location was operationally exercised, being obtained as a final product the buoys geographical positions in near-real-time. The buoy geographical position has the main purpose of supplying essential information for a possible rescue in case these buoys drift from its original positions. To obtain the positioning results, the Brazilian Data Collecting satellite (SCD-2) and the China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS-1) were used. Basically the transmitters geo-location technique through satellites require a method of processing the Doppler shift data obtained through the INPE Brazilian data collection system together with application of least squares statistical techniques in near-real-time. The Doppler shift measurements processing was implemented using a robust Householder orthogonalization technique for the least squares processing procedure. The period of the buoys' data collection was from January to March 2003. The analyzed buoys position precision was satisfactory with 67% of the results around 3.1km from the reference position.

Keywords: Geo-Positioning; Transmitters; Doppler shift.

1. INTRODUÇÃO

As atividades de posicionamento geográfico têm várias aplicações principalmente na Biologia e na Oceanografia. Na Biologia, são fixados mini-transmissores em animais selvagens para monitoramento dos seus deslocamentos e hábitos, conforme exemplo da Figura 01:

FIGURA 01 - TRANSMISSOR PRESO A UMA FOCA.



Na Oceanografia, são lançadas bóias de deriva nos oceanos para acompanhamento do seu deslocamento e monitoramento das correntes marítimas, conforme Figura 02:

FIGURA 02 - MONITORAMENTO DE BÓIAS DE DERIVA.

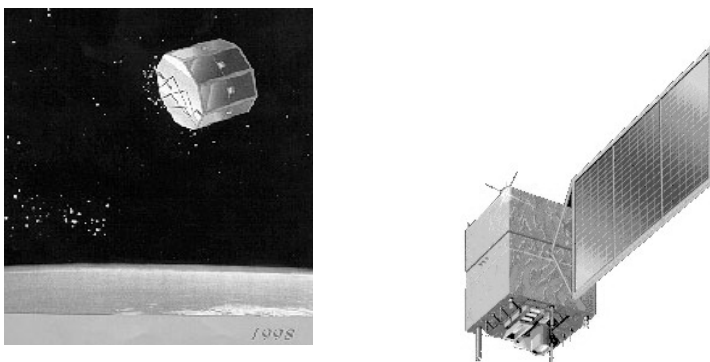


Estas atividades têm aplicações ainda na localização e resgate de aeronaves e embarcações em situações de emergência, e na localização de equipes de pesquisadores do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR) em missões de campo. Normalmente, os participantes são munidos de Mini Transmissores Remotos - MTRs (Setzer, 1997) e realizam trabalhos na inóspita região do continente

Antártico, onde disponibilidades de comunicação são restritas. Outras PCDs (Plataformas de Coleta de Dados) transmissoras são utilizadas para fins marítimos e hidrológicos, como bóias demarcatórias da Petrobrás, e para coleta de dados meteorológicos.

Para a obtenção dos resultados de posicionamento foram utilizados o Satélite de Coleta de Dados (SCD-2) da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) e o Satélite Sino Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS-1), conforme Figura 03. O sistema desenvolvido pode ainda utilizar os satélites da série NOAA (americanos), e outros compatíveis em vias de serem lançados.

FIGURA 03 - SATÉLITE DE COLETA DE DADOS (SCD2) E SINO-BRASILEIRO (CBERS1).



A localização e o posicionamento oferecem aos usuários a possibilidade de se obter, em tempo quase-real, o posicionamento de transmissores fixos em plataformas móveis independente de qualquer fator externo ao País. Isto significa, que o usuário pode adquirir estações de recepção portáteis, que estão sendo fabricadas no Brasil, obtendo então seu próprio sistema de posicionamento, de tecnologia totalmente nacional, dependendo apenas do software de localização e dos satélites em órbita. Similarmente, o sistema francês denominado Argos também provê o serviço de localização para os usuários, mas não em tempo quase-real, com um custo bastante elevado, ficando dependente de tecnologia estratégica externa. Com a certificação do sistema do INPE pelos usuários este será facilmente estendido para uso nacional e internacional.

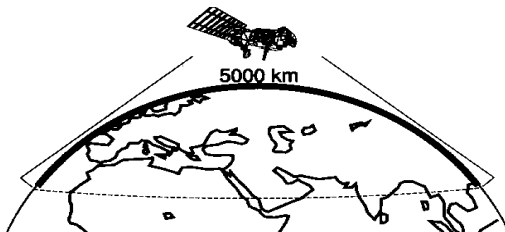
O período da campanha de coleta de dados para análises dos resultados das bóias de deriva foi de janeiro a março de 2003. Resultados estatísticos são apresentados em gráficos e tabelas comparativas. A precisão do posicionamento para as bóias analisadas foi considerada satisfatória para os objetivos previstos obtendo,

em 67% dos resultados, precisão em torno de 3.1km em termos da posição de referência.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO

Basicamente, a técnica de geo-localização de transmissores através de satélites necessita de um método de processamento das medidas de desvio Doppler obtidas através do sistema brasileiro de coleta de dados do INPE, em conjunto com a aplicação de técnicas estatísticas de mínimos quadrados por lotes (Wertz,1978) em tempo quase-real. Os satélites, que servem como retransmissores do sinal das PCDs para uma estação de recepção, tem a capacidade de receber simultaneamente o sinal de todas as plataformas dentro de um cone sólido com círculo (alcance) de visibilidade de 5.000km para um ângulo de elevação mínimo de 5° (ângulo entre a linha do horizonte e a linha plataforma - satélite), conforme Figura 04:

FIGURA 04 – ÁREA DE VISIBILIDADE DO SATÉLITE.
FONTE: CLS (1989, p. 23)



Durante a passagem do satélite, o transmissor envia os sinais de frequência para o satélite que as retransmite para a Estação de recepção. Em princípio, imediatamente após o término da passagem do satélite, o software do sistema de posicionamento geográfico realiza o processamento das medidas obtendo a posição da Plataforma em menos de um minuto. O processamento das medidas de desvio Doppler foi implementado usando a técnica de ortogonalização de Householder para aplicação do procedimento de mínimos quadrados (Bierman, 1977).

Em geral, o posicionamento de um transmissor (ou Plataforma de Coleta de Dados - PCD) pode ser determinado matematicamente medindo e processando os valores do desvio Doppler dos sinais de frequência transmitidos ao satélite (Sousa, 2000; Sousa et al., 2003). Assim sendo, o efeito Doppler, que depende da posição e velocidade do satélite e da posição do transmissor (na superfície da Terra), fornece a informação necessária para obter a posição do transmissor. A equação do efeito Doppler é dada por (Resnick, 1968):

$$\dot{\rho} = \frac{(f_r - f_t)}{f_t} c \quad (01)$$

onde:

- f_r é a frequência recebida pelo satélite;
- f_t é a frequência de referência (ou nominal) enviada pelo transmissor;
- $(f_r - f_t)$ é o desvio Doppler devido à velocidade relativa transmissor-satélite;
- c é a velocidade da luz;
- α é o ângulo entre o vetor velocidade v do satélite e o de posição do satélite relativa ao transmissor;
- $\dot{\rho} = v \cos \alpha$ é a velocidade do satélite relativa ao transmissor.

Os sinais dos transmissores recebidos pelos satélites SCD-2 e CBERS-1 são imediatamente (em tempo real) retransmitidos para estações de recepção terrestres, onde as medidas Doppler são processadas. Isto acontece quando o círculo visibilidade do satélite inclui uma estação de recepção e o transmissor, simultaneamente.

3. RESULTADOS

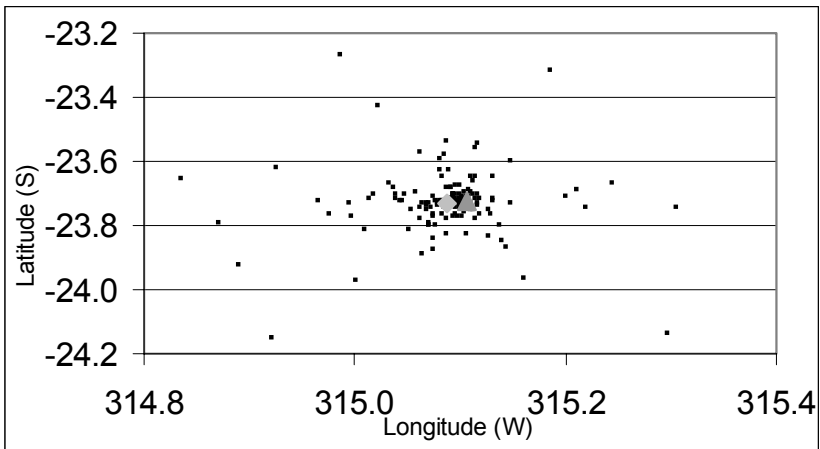
Para se obter os resultados de posicionamento, duas bóias de deriva com transmissores de números 32338 e 32339 foram considerados. Estas foram lançadas e ancoradas no oceano em posições pré-definidas. Foram utilizados dois satélites brasileiros (SCD2 e CBERS1) para a coleta de dados e a estação de recepção localizada em Cuiabá, onde os dados dos satélites são processados e enviados para o Centro de Missão no INPE de Cachoeira Paulista via FTP, onde o algoritmo de localização geográfica processa o resultado desejado.

O período da coleta de dados foi realizado a partir de janeiro de 2003 a 18 de março de 2003. Para a PCD de número 32338 foi adquirido um total de 153 passagens considerando os satélites SCD2 e CBERS1, e para a PCD de número 32339, a quantidade de passagens dos satélites foi de 128.

A distribuição dos resultados em latitude e longitude obtidos para ambas as bóias, se encontram representadas nas Figuras 05 e 06. O eixo x representa a variação da longitude na direção oeste em graus em relação a Greenwich e o eixo y indica a variação da latitude em graus na direção sul em relação à linha do Equador.

Os pontos pretos representam as posições determinadas pelo algoritmo de localização, o triângulo na cor cinza indica a posição de referência aproximada da bóia quando lançada no oceano e o losango na cor cinza clara fornece a posição média de todas as posições calculadas.

FIGURA 05 – DISTRIBUIÇÃO DAS POSIÇÕES DA BÓIA 32338.

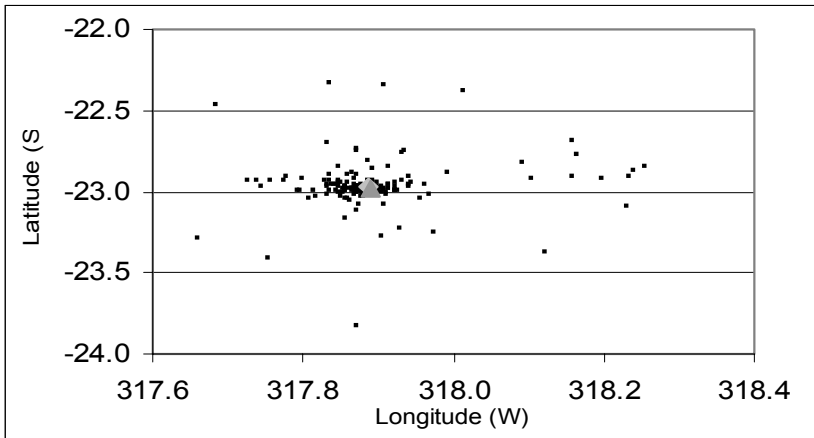


Observando a Figura 05 pode-se notar que a nuvem das posições se encontra concentrada em torno da posição de referência aproximada fornecida pelo usuário (23.7° S e 315.1° W) e da média de todas as posições calculadas (losango cinza claro). A distância entre estas duas posições é de 2km.

O cálculo do erro das localizações (comparação das posições da bóia com a posição de referência: 23.7° S e 315.1° W) considerando todas as passagens foi realizado.

Considerando que a nuvem das localizações seja gaussiana, analisando-se 67% das melhores localizações, obteve-se o valor do erro de localização médio de 3.1km com desvio padrão de 1.7km em torno dessa média.

FIGURA 06 – DISTRIBUIÇÃO DAS POSIÇÕES DA BÓIA 32339.



Na Figura 06, nota-se que a distribuição das posições encontradas é similar à obtida para a PCD #32338 na Figura 05, e a posição de referência (triângulo) é quase coincidente com a média das localizações (losango).

Da mesma forma que no caso anterior, o erro de localização médio cai para 3.1km com desvio padrão de 1.4km ao considerar-se 67% das 128 localizações realizadas.

4. CONCLUSÕES

Assumindo que a nuvem de resultados de localização (153 localizações para a bóia #32338 e 128 para a #32339) segue uma distribuição gaussiana, uma análise dos 67% melhores resultados indica uma precisão em torno de 3.1km. A precisão do posicionamento para as bóias analisadas foi considerada satisfatória para os objetivos previstos obtendo, na maioria das vezes, precisão considerada suficiente para os propósitos em vista. Com isso, o sistema atinge suas expectativas e satisfaz o usuário, que pode concluir se a bóia despreendeu-se da sua âncora, a fim de preparar um resgate imediato.

Além disso, o usuário pode obter até doze posições diárias de suas bóias considerando os satélites SCD2 e CBERS1, dependente das condições geométricas da visada do satélite em relação à PCD (bóia) e à estação de recepção.

Uma vez adquirida uma estação de recepção portátil e aplicando-se o algoritmo de localização, o usuário torna-se completamente independente de fontes externas, enquanto os satélites brasileiros estiverem em órbita.

5. REFERÊNCIAS

BIERMAN, G. J. **Factorization methods for discret sequential estimation**. New York: Academic Press, 1977. 241 p.

Collection and Location System (CLS). **Service Argos: guide to the Argos System**. Toulouse: Sept., 1989. v. 1.

RESNICK, R. **Introdução à relatividade especial**. New York, Wiley, 1968

SETZER, A. **Manual do Sistema de Dados Remotos**. (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de São José dos Campos, 1997). Comunicação pessoal.

SOUSA, C. T. **Geolocalização de transmissores com satélites usando desvio Doppler em tempo quase real**. São José dos Campos, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais). Divisão de Mecânica e Controle. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

SOUSA, C. T.; KUGA, H. K.; SETZER, A. W. Geo-Location of transmitters using real data, Doppler shifts and Least Squares. **Acta Astronautica**, v. 52, n. 9, p. 915-922, 2003.

WERTZ, R. J. **Spacecraft attitude determination and control**. Dordrecht: D.Reidel, 1978. 858 p.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte da bolsa INPE/PCI #381.588/00-9, o Dr. Luiz Nonnato pelo interesse e confiança em utilizar o sistema de posicionamento, e à FUNCATE pelo auxílio para a apresentação do trabalho no III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas em Curitiba.