

REDE GEODÉSICA PARA O MONITORAMENTO COSTEIRO DO LITORAL SETENTRIONAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Soares Teles Santos, M. (UFRN) ; Eustáquio Amaro, V. (UFRN) ; Ferreira, A.T.S. (UFRN) ; Luis Silva dos Santos, A. (UFRN)

RESUMO

Este trabalho apresenta os procedimentos técnicos envolvidos na implantação da Rede GNSS do Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte (RGLS), onde o objetivo é fornecer subsídios fundamentais aos levantamentos geodésicos destinados ao monitoramento de áreas costeiras submetidas à intensa dinâmica. A metodologia permitiu a determinação das coordenadas geodésicas e altitudes ortométricas das estações com acurácia decimétrica em relação ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

PALAVRAS CHAVES

Rede Geodésica; GNSS; Monitoramento Costeiro

ABSTRACT

This paper presented the techniques procedures involved in implantation of the RGLS (Rede GNSS do Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte), with the objective of serving basic subsidies for geodetic surveys for monitoring of coastal areas subjected to intense geodynamic. The methodology allowed the determination of geodetic coordinates and orthometric heights of stations with decimeters accuracy concerning to the Brazilian Geodetic System (BGS).

KEYWORDS

Geodetic Network; GNSS; Coastal Monitoring

INTRODUÇÃO

Na área de estudo, localizada no Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte (RGLS), o monitoramento costeiro terrestre tem sido realizado com a comparação entre Linhas de Costa (LC) e Modelos Digitais de Elevação (MDE) obtidos pelo método de posicionamento relativo cinemático do GNSS (Global Navigation Satellite Systems) usando, como referência, a Rede GNSS do Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte (RGLS), implantada para dar apoio básico aos levantamentos geodésicos regionais de monitoramento costeiro na área, planimétricos e altimétricos (Santos, 2011). As coordenadas geodésicas e as altitudes ortométricas das estações da rede foram determinadas com acurácia decimétrica em relação ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB): as coordenadas foram determinadas pelo método de posicionamento relativo estático, usando estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) como estações base para o processamento dos dados; as altitudes ortométricas foram calculadas pela altimetria por GNSS no método relativo, usando Referências de Nível (RRNN) da Rede Altimétrica Fundamental do Brasil (RAFB) e o modelo geoidal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), modelo MAPGEO2004 (IBGE, 2011). Esse trabalho apresenta os dados, a metodologia e os resultados obtidos na implantação da RGLS, que consistiu no estudo e materialização de uma estrutura geodésica de referência aos levantamentos geodésicos necessários ao monitoramento costeiro da área de estudo. A implantação da rede geodésica forneceu bases curtas ao posicionamento relativo cinemático do GNSS em toda a área de estudo, o que permitiu o monitoramento terrestre de extensas áreas costeiras, da ordem de dezenas de quilômetros, em curto intervalo de tempo e com alta precisão.

MATERIAL E MÉTODOS

As coordenadas geodésicas (latitude, longitude, altitude geométrica) das estações da rede foram determinadas com o GNSS pelo método relativo estático e receptores de simples e de dupla frequência (Monico, 2007; Seeber, 2003). Na EST-06, localizada no centro da área de estudo, a

duração da sessão foi de seis horas e foram utilizadas, como referências, as duas estações mais próximas da RBMC, Natal (RNNA) e Mossoró (RNMO), distantes, respectivamente, de 95 km e 164 km. Nas demais estações da rede, com duração da sessão de 1 hora, foi utilizada a EST-06 como referência. Como o posicionamento da EST-06 foi feito a partir das estações da RBMC, toda a rede GNSS foi georreferenciada ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), já no sistema SIRGAS2000. As altitudes ortométricas (relacionadas ao geóide) foram determinadas a partir das altitudes geométricas (obtidas por GNSS e referidas ao elipsóide de revolução) com a aplicação da altimetria por GNSS, que consiste em determinar a altitude ortométrica de um ponto de interesse em relação a, pelo menos, uma estação de referência, de coordenadas geodésicas e altitudes ortométricas conhecidas. Isso é feito através das diferenças de altitudes geométricas determinadas pelo GNSS, e das diferenças de alturas geoidais determinadas a partir de um modelo geoidal (Santos, 2011; Kotsakis & Sideris, 1999; Featherstone et al., 1998; Ollikainen, 1998). Como referências na altimetria das estações da RGLS, foram utilizadas Referências de Nível (RRNN) pertencentes à RAFB, que possuem altitudes ortométricas conhecidas. Como as RRNN não possuem coordenadas geodésicas de precisão, estas foram determinadas com o posicionamento GNSS. A partir desses dados foi possível também avaliar o modelo geoidal utilizado, o MAPGEO2004 do IBGE, nos modos absoluto e relativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No processamento da EST-06, com uso das estações da RBMC como referências, as precisões obtidas foram de 1,6 cm em N, 2,8 cm em E e 4,5 cm em h. No processamento das demais estações da rede, com uso da estação EST-06 como referência, as precisões obtidas tiveram média de 0,4 cm em N, 0,5 cm em E e 1,0 cm em h. Os resultados mostram que a EST-06, localizada no centro da área, possui precisão decimétrica em relação à RBMC, ou seja, ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), e as demais estações possuem precisão centimétrica em relação à EST-06. As precisões obtidas são resultados da combinação dos diversos parâmetros básicos de aquisição e processamento de dados, tais como tipos de receptores, duração da sessão e comprimento da base. No posicionamento da estação EST-06, por envolver bases longas, de 95 km e 164 km, foram utilizados receptores GNSS de dupla frequência e duas sessões de 6 horas. No posicionamento das demais estações da rede, para as bases curtas de no máximo 12 km, foi utilizado receptor GNSS de simples frequência e duas sessões de 1 hora. As altitudes ortométricas das estações da RGLS tiveram precisão de 5,3 cm em relação ao datum vertical do SGB, com uso de 5 RRNN como referências na altimetria por GNSS. O desvio padrão de 5,3 cm foi igual para todas as estações devido ao uso das mesmas RRNN de referência nos cálculos das altitudes dos pontos, ou seja, o erro sistemático foi igual para todas as estações. As cinco RRNN, além de servirem de referência na altimetria por GNSS, foram utilizadas na avaliação do modelo geoidal, que forneceu erros com médias de -44 cm nas alturas geoidais absolutas e 6,7cm nas diferenças de alturas geoidais. Os erros das alturas geoidais mostraram que a altimetria por GNSS de precisão deve ser realizada no método relativo, que utiliza as diferenças de alturas geoidais e permite a determinação de altitudes ortométricas com acurácia decimétrica. Ainda, a precisão obtida nas altitudes ortométricas, adequada à altimetria por GNSS em inúmeras aplicações, se deve ao uso de estações de referência (RRNN) próximas à área de estudo, com média de 25 km de distância, que proporcionou diferenças de alturas geoidais com acurácia de centímetros. Após a implantação e documentação da rede de pontos com coordenadas geodésicas e altitudes ortométricas conhecidas, a RGLS cumpriu inicialmente com seu principal objetivo, ou seja, o apoio básico para os levantamentos geodésicos necessários ao monitoramento costeiro da área de estudo. Tal monitoramento tem sido realizado a partir da comparação entre LC e MDE obtidos em levantamentos geodésicos com intervalos trimestrais (nas quatro estações do ano) com o objetivo de medir as variações superficiais e volumétricas sazonais ocorridas na zona costeira. Nesse caso, a RGLS foi implantada para suprir os requisitos básicos para o monitoramento costeiro sazonal com vistas (Santos, 2011): a) a fornecer bases curtas ao método de posicionamento relativo cinemático do GNSS, necessárias para se obter precisão posicional; b) a prover referencial geodésico unívoco, fixo e relativamente estável no tempo, que permita a repetição dos levantamentos sempre nos mesmos referenciais, a comparação dos resultados de pesquisas realizadas em épocas e áreas diferentes (domínios temporal e espacial), e a conversão para outros tipos de referenciais geodésicos; e c) a permitir a determinação de

altitudes ortométricas com alta precisão pelo posicionamento GNSS em combinação com modelo geoidal, importante ao monitoramento costeiro por gerar LC e MDE relacionados ao nível médio dos mares e referenciados ao SGB.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O GNSS já foi utilizado e avaliado em monitoramentos costeiros em algumas partes do mundo (Tanajura et al., 2011; Gonçalves et al., 2010; Rocha et al., 2009; Baptista et al., 2008). O grande problema encontrado está na adoção de diferentes referenciais geodésicos e indicadores de LC, o que dificulta ou inviabiliza a comparação dos resultados de pesquisas realizadas em épocas diferentes (domínio temporal), mesmo em uma mesma área (domínio espacial). Uma rede geodésica como a implantada, com referencial geodésico unívoco, fixo e relativamente estável no tempo, que forneça estações com coordenadas e altitudes de precisão e que seja materializada de maneira definitiva seria suficiente para resolver o problema da multiplicidade dos referenciais. Assim, os levantamentos geodésicos realizados em diferentes países podem ser convertidos para um mesmo referencial geodésico, o que permitiria a comparação e integração dos levantamentos e sua aplicação em estudos costeiros a nível global.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada por projetos de pesquisa da Rede Cooperativa de Pesquisa Norte-Nordeste de Monitoramento de Áreas sob Influência da Indústria Petrolífera (REDE 05 – PETROMAR, CTPETRO – FINEP/PETROBRAS/CNPq): HIDROSEMA, MOLECO e CRONALOG. Os autores agradecem ao Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geologia da UFRN (GEOPRO), ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo (PPGCEP/UFRN), e à CAPES pela concessão de Bolsa de Doutorado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- BAPTISTA, P.; BASTOS, L.; BERNARDES, C.; CUNHA, T.; DIAS, J.A. Monitoring Sandy Shores Morphologies by DGNS — A Practical Tool to Generate Digital Elevation Models. *Journal of Coastal Research*, v.24, n.6, p.1516-1528, 2008.
- FEATHERSTONE, W.E.; DENTITH, M.C. & KIRBY, J.F. Strategies for the accurated determination of orthometric heights from GNSS. *Survey Review*, v.34, p.278-295, 1998.
- GONÇALVES, R.M.; COELHO, L.S.; KRUEGER, C.P. HECK, B. Modelagem preditiva de Linha de Costa utilizando redes neurais artificiais. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 16, n.3, p.420-444, 2010.
- IBGE (FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Informações obtidas da página do IBGE na internet: Disponível em <www.ibge.gov.br> Acesso: 01 janeiro 2011.
- KOTSAKIS, C. & SIDERIS, M.G. On the adjustment of combined GNSS/levelling/geoid networks. *Journal of Geodesy*, 73: 412-421, 1999.
- MONICO, J.F.G. Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora Unesp, p.477, 2007.
- OLLIKAINEN, M. Accuracy of GNSS levelling. In: The XIII General meeting of the Nordic Geodetic Commission. Sweden. Anais 1: p.25-29, 1998.
- ROCHA, C.P.; ARAÚJO, T.C.M.; MENDONÇA, F.J.B. Methodology for Location of Shorelines using 3D-GNSS Positioning: A Case Study at Sauaçui Beach, Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research*. Jul 2009, v.25, n.4, p.1052-1058, 2009.
- SANTOS, M.S.T. Contribuição da Geodésia ao Monitoramento Costeiro do Litoral Setentrional do RN,

área da Indústria petrolífera. 2011. 154f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SEEBER, G. Satellite Geodesy: Foundations, methods and applications. Walter de Gruyter, N. York, p.531, 1993.

TANAJURA, E.L.X. Investigações quanto aos parâmetros que influenciam no processamento de dados GNSS visando a geração do MDT do esporão arenoso da Ilha do Mel. 2008. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.