

Utilização de Sistema de Posicionamento Global no lançamento de pedras via-marítima para a ampliação dos Molhes da Barra do Porto do Rio Grande/RS – Brasil

Magalhães, Mario R.¹ Lemos, Glaudenir H.¹ Nunes, Lidiane Q.¹ Dumith, Raquel C.¹

¹ Instituto de Ciências Humanas e da Informação/FURG; Rio Grande, RS, BRASIL

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo principal a abordagem sobre a crescente aplicação de geotecnologias como ferramentas de auxílio às grandes obras de engenharia e as suas contribuições para o desenvolvimento do mundo moderno. Como exemplo disso, este trabalho ilustrará a combinação do conhecimento e da técnica aplicados na tarefa de ampliar aquilo que já foi considerada a maior obra de engenharia da América Latina, os Molhes da Barra do Rio Grande.

O avanço das técnicas empregadas na indústria naval tem possibilitado a construção de embarcações de grande porte, o que por sua vez, tem exigido calados muito superiores aos atuais 14 metros presentes no canal do porto do Rio Grande, razão pela qual estão sendo realizadas obras de aumento na extensão dos molhes a fim de permitir o aprofundamento do canal tornando assim favorável à navegação de embarcações de maior calado.

O presente trabalho irá descrever todo o processo de ampliação dessas estruturas e a evolução das técnicas de construção que agora serão implementadas para ampliação de uma obra realizada a mais de 100 anos, bem como a utilização das ferramentas de geoprocessamento (GPS) em cada uma das etapas desse processo apontando, inclusive os resultados esperados dentro da margem de confiabilidade do sistema e a minimização dos impactos causados ao meio ambiente em função do lançamento de pedras.

A utilização do GPS abrange desde os processos iniciais de lançamento de pedras via embarcação que irão compor a base da estrutura até a formação das chamadas carapaças de tetrapodes que formarão a estrutura final do molhe. A principal função da utilização do sistema GPS é garantir a deposição do material rochoso, transportado por uma embarcação construída especialmente para este fim, em locais previamente determinados com absoluta exatidão, garantindo assim o máximo aproveitamento do material e o mínimo impacto ambiente ao redor da estrutura.

Palavras-chave: GPS, Engenharia, Navegação, Geotecnologias, Meio-Ambiente.

Abstract

The present work has as main objective to the approach on to growing geotechnology application as tools of aid to the great engineering works and your contributions for the development of the modern world. As example of that, this work will illustrate the combination of the knowledge and of the technique applied in the task of enlarging that that the largest work of engineering of Latin America was already considered, Wet them of Barra do Rio Grande.

The progress of the employed techniques in the it elaborates naval it has been making possible the construction of embarkations of great load, which for your time, it has been demanding quiet very superiors to the current 14 present meters in the channel of the port of Rio Grande, reason for the which increase works are being accomplished in the extension of the you wet in order to allow the deepen of the channel turning like this favorable to the navigation of quiet adult's embarkations.

The present work anger to describe the whole process of amplification of those structures and the evolution of the construction techniques that now will be implemented for

amplification of an accomplished work the more than 100 years, as well as the use of the geoprocessing tools (GPS) in each one of the stages of that process appearing, besides the expected results inside of the margin of reliability of the system and the minimize of the impacts caused to the environment in function of the release of stones.

The use of GPS embraces from the initial processes of release of stones through embarkation that you/they will compose the base of the structure to the formation of the calls Tetrapodes shells that you/they will form the final structure of wet. The main function of the use of the system GPS it is to guarantee the deposition of the rocky material, transported by an embarkation especially built for this end, in places previously certain with absolute accuracy, guaranteeing like this the maximum use of the material and the minimum impact adapts about of the structure.

Key words: GPS, Engineering, Navigation, Geotechnology, Environmental.

Introdução

Molhe é uma estrutura marítima enraizada em terra que pode servir de quebra-mar, guia de corrente ou cais acostável e que tem por finalidade proporcionar condições seguras de navegação nas áreas junto à costa minimizando a ação das ondas e das correntes marítimas.

Os Molhes da Barra do Rio Grande, situados no extremo sul do Brasil foram construídos no início do século XX, permitindo a navegação comercial através do canal de acesso ao porto de Rio Grande e a sua ligação com o Oceano Atlântico.

No Início do século XIX, a profundidade média natural do canal de acesso era de 4,4m, porém o assoreamento natural fez com que em 1883 a profundidade máxima do canal de acesso chegasse a 2,75m, o que além de restringir o acesso de embarcações, tinha seu leito sinuoso e por isso causava inúmeros acidentes. A capacidade máxima de cargas das embarcações que adentravam no canal de acesso ao porto era de 300 toneladas, com calado máximo de 2,5m.

Os Molhes da Barra do Rio Grande foram construídos pela COMPAGNIE FRANÇAISE DES OUEUVRES DU PORT DE RIO GRANDE DO SUL, empresa de capital misto com participação ativa dos europeus (NEVES, 1980, P.78) entre 1911 e 1915. A construção tornou possível o aumento do calado natural do canal de acesso para 9 metros de profundidade permitindo assim o acesso de embarcações com calado de até 7,5 metros.

Sucessivas dragagens possibilitaram o aumento do calado do canal para os atuais 14 metros, o que possibilitam então o acesso de embarcações de grande porte, como por exemplo, os navios de classe Panamax¹ com calado de 12 metros e capacidade de carga entre 60 e 80 mil toneladas e Post-Panamax, com 12 metros de calado e capacidade de carga entre 70 e 100mil toneladas.

O canal de acesso ao porto marítimo de Rio Grande, é guarnecido por dois molhes intra-oceânicos contendo o molhe leste e oeste, respectivamente, 4,2 km e 3,1 km de extensão.

Entretanto, passados quase cem anos, essa grande obra de engenharia começou a mostrar suas limitações frente ao incrível avanço da indústria naval, capaz de construir embarcações cada vez maiores que, por sua vez exigem das instalações portuárias e suas adjacências, constantes adequações para que possam garantir assim a navegação.

¹ Panamax: Termo que designa os navios que, devido às suas dimensões, alcançaram o tamanho limite para passar nas eclusas do Canal do Panamá, com comprimento de 1000 pés (305 m), largura de 110 pés (33,5 m) e uma profundidade de 85 pés (26 m). Assim, um navio Panamax deve ter tipicamente no máximo um comprimento de 965 pés (294 m), uma largura de 106 pés (32,3 m) com um calado de 39,5 pés (12,04 m). Nos padrões atuais, um navio desse tipo é considerado de tamanho médio. Diversos pós-Panamax contêineres são o mais largos possível, para um maior aproveitamento de custo. No entanto, mercadorias como cereais são transportadas principalmente em navios de tipo Panamax.

A construção de embarcações de grande porte tem exigido calados muito profundos, superiores aos atuais 14 metros presentes no canal do porto do Rio Grande, razão pela qual estão sendo realizadas obras de aumento na extensão dos molhes da Barra do Rio Grande afim de permitir o aprofundamento do referido canal tornando assim favorável à navegação de embarcações de maior calado.

O prolongamento dos molhes do Porto de Rio Grande, realizado nesse cenário, é uma obra emblemática no contexto do aprimoramento da infra-estrutura portuária Brasileira. O projeto possibilitará o aprofundamento do canal de acesso ao porto, passando dos atuais 14 m (40 pés) para 18 m (60 pés) de profundidade no leito do canal e, com isso, a acolhida de alguns dos navios com maior capacidade de carga do mundo, podendo transportar acima de 100 mil toneladas (figura 1).

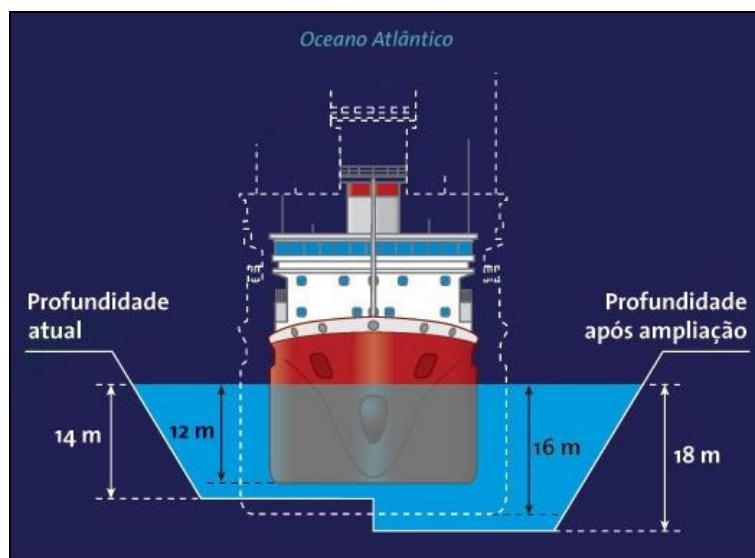


Figura 1: Representação do calado do canal de acesso ao porto do Rio Grande.
Fonte: Consórcio CBPO.

Área de estudo

O município do Rio Grande está localizado na porção sul-sudeste do estado do Rio Grande do Sul, no extremo sul do Brasil. Sua sede municipal tem coordenadas geográficas correspondentes a: 32°03' 18" de latitude Sul e 052°08'23" de longitude Oeste.

A área de estudo situa-se na periferia da zona urbana do município distando cerca de vinte quilômetros de distância, ao sul, da sede municipal cuja referência espacial são os Molhes da Barra do Rio Grande (figura 2).



Figura 2: Localização da área de estudo
 Fonte: Consórcio CBPO.

Material e Métodos:

A ampliação dos molhes da barra prevê que o molhe leste seja ampliado em 370 metros, passando dos atuais 4,2 Km para 4,57 Km de extensão e, o molhe oeste, atualmente com 3,1 Km, seja ampliado em 700 metros, passando a ter 3,8 Km de extensão.

A constituição dessa estrutura esta dividida em duas partes, a primeira delas é a chamada berma² geotécnica ou de equilíbrio que funciona como fundação para o molhe. A segunda é o corpo do molhe que fica assentado sobre a berma geotécnica(Figura 3).

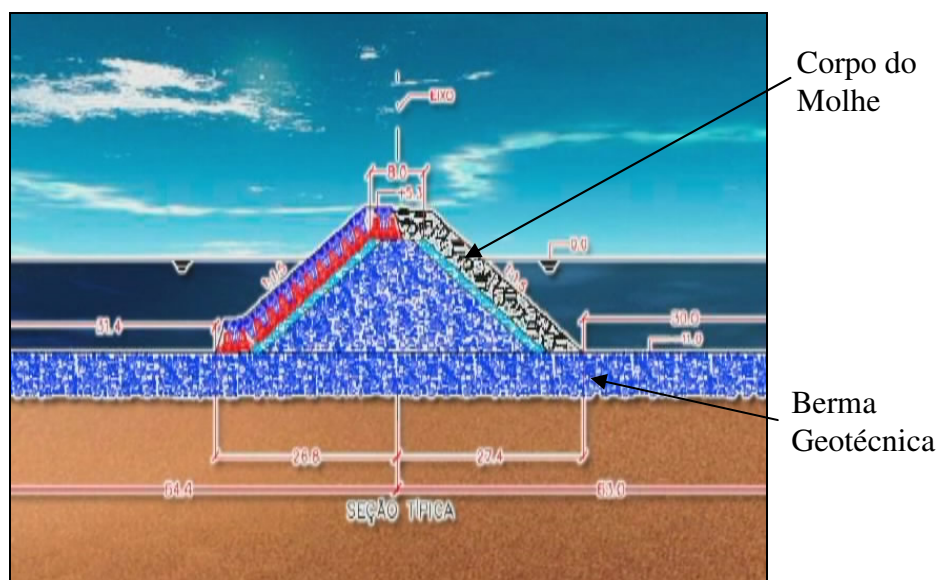


Figura 3: Representação da estrutura do molhe.
 Fonte: Consórcio CBPO.

² Berma: Termo técnico referente a composição de uma camada de material rochoso que serve de base para o assentamento de estruturas.

O projeto de ampliação está dividido em duas etapas distintas as quais consistem no lançamento de pedras que constituem o quebra-mar (molhe) e que são feitas de dois modos, o primeiro deles se dá através do lançamento de pedras via-marítima, foco central deste estudo e, posteriormente o lançamento de pedras feito sobre a estrutura emergente antes construída.

A primeira etapa da obra de ampliação é realizada a partir do lançamento marítimo de pedras. Para isso é utilizada uma embarcação autopropelida tipo Split Barge (casco bipartido) especialmente projetada para lançar rochas ao mar.

A fonte de material rochoso utilizado nesta obra situa-se no município vizinho de Capão do Leão, distante cerca de 90 km de distância do local da obra. As pedras são transportadas por caminhões até uma área de deposição junto ao cais de carregamento da embarcação, situado no interior canal de acesso a cerca de 6 km de distancia do local de lançamento das pedras.

A cisterna da embarcação tem capacidade para transportar até 640 toneladas de pedras, seu tempo de carregamento varia entre 40 e 70 minutos. Com o auxílio de um rebocador, o tempo de deslocamento da embarcação até o local das obras é de aproximadamente 40 minutos. Dessa forma são feitas, em média 6 lançamentos diários.

O planejamento dos locais para o lançamento de rochas pela embarcação é feito previamente e consiste no traçado de uma malha organizada na direção do alinhamento longitudinal dos molhes.

A área a ser coberta pela camada da berma é determinada a partir das dimensões estabelecidas da estrutura do molhe, tendo este a largura de 48m na sua base. O cálculo da camada que compõe a berma determina que esta tenha uma largura total de 127 metros.

O comprimento desta camada de base é diferente para cada uma das estruturas, uma vez que o prolongamento a ser construído em cada um dos molhes é diferente, sendo o molhe leste acrescido em 370 metros e o molhe oeste em 700 metros. A área total coberta junto ao fundo oceânico é de 46.990m² e de 88.900m² para os molhes leste e oeste, respectivamente.

A delimitação da área de lançamentos de pedras na camada de base (berma) é formada por quadriculas que tem a mesma dimensão da cisterna da embarcação Split Barge, (7 por 30 metros), os locais de lançamento são escolhidos dando prioridade aos pontos mais baixos do fundo oceânico, fazendo com que o nivelamento deste seja mais uniforme. A área total demarcada forma uma matriz com 19 colunas e 13 linhas no molhe leste e 19 colunas e 24 linhas no molhe oeste.

A determinação dos locais de lançamento se dá sobre uma base cartográfica obtida a partir de uma carta náutica da área de estudo digitalizada em ambiente CAD[®], georreferenciada pelo sistema de coordenadas UTM e ajustada ao Datum SAD69.

Para o lançamento preciso das pedras nos locais pré-determinados se faz necessária à utilização de um sistema GPS acoplada na embarcação determina a posição da desta em tempo real, no momento do lançamento.

O sistema GPS utilizado é composto por duas antenas, estando a primeira localizada no mastro principal de proa e a segunda correspondente a posição de popa, encontra-se no mastro acima da cabine de comando da embarcação. Cada antena esta ligada individualmente a um receptor GPS Trimble mod. DSM 232³ (figura 4).

³ Receptor GPS com capacidade de recepção de sinais de rádio farol (beacon) e correção diferencial via banda-L (Omnistar VBS) com precisão submétrica operando em DGPS.



Figura 4: Antenas de Proa e de Popa e Equipamento GPS utilizado na embarcação
Fonte: Foto do autor.

Ambos os receptores enviam as coordenadas de localização para um computador instalado na cabine de comando da embarcação, equipado com dois monitores, um direcionado para o usuário do software GPS e outro ao lado do mestre de cabotagem da embarcação.

O software utilizado é o HYDROpro Navigation™, software de engenharia utilizado em posicionamentos marítimos utilizando GPS, que registra em tempo real a posição de cada uma das antenas durante a movimentação da embarcação.

No cais de carregamento de pedras existe um marco topográfico com coordenadas geográficas fixas que são utilizadas para aferir o sistema de posicionamento da embarcação diariamente no momento em que são ligados os equipamentos.

O local exato de cada lançamento é determinado pelo ponto central da quadricula correspondente na malha de lançamentos da camada de base (berma), sendo obtido através da diferença das coordenadas norte e leste dos vértices superior e inferior de cada uma das quadriculas.

A posição da embarcação no momento do lançamento é também obtida da mesma forma, sendo calculadas as diferenças das coordenadas das duas antenas em tempo real, obtendo-se assim uma coordenada central da embarcação, que corresponde ao centro da cisterna da mesma.

Para se efetuar o lançamento deve-se ter a preocupação com o posicionamento da embarcação no momento da abertura da cisterna para que a posição desta esteja corretamente alinhada com a malha de lançamentos previamente estabelecida. A velocidade da embarcação

no momento do lançamento não pode ser superior a 1,8 nós, para que não ocorra o lançamento fora do local determinado (figura 5).

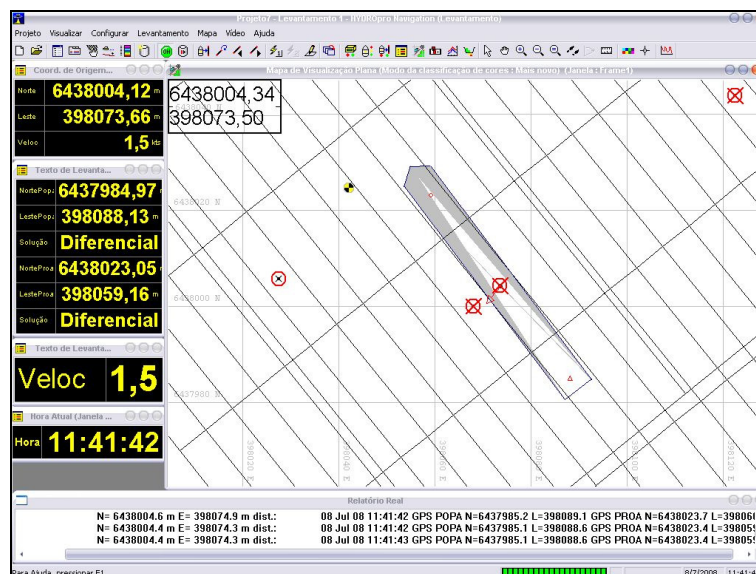


Figura 5: Posição da Embarcação sobre a malha de lançamentos.

Fonte: Software HYDROpro Navigation™

As condições meteorológicas são fatores naturais que podem prejudicar a correta realização dos lançamentos, desta forma são estabelecidos alguns limites máximos permissivos ao lançamento. São eles:

- A altura máxima das ondas de 2,2m;
- A velocidade do vento inferior a 20 nós;
- A direção do vento de nordeste.

Observadas as condições meteorológicas favoráveis e o correto posicionamento da embarcação sobre a coordenada definida, o operador do sistema informa ao comandante da embarcação para que este faça o lançamento das pedras através da abertura da cisterna.

No momento do lançamento, o operador do sistema registra as coordenadas da embarcação, armazenando-as em uma planilha de lançamentos, posteriormente enviados para o setor de engenharia, que através do software Autocad®, projeta a série em arquivo de formato *.dwg.

O software HYDROpro Navigation™ possui registrados todos os lançamentos, com as coordenadas centrais, de proa e de popa da embarcação, além do horário e a numeração do lançamento, também gera um relatório em formato *.doc, o qual é enviado ao órgão fiscalizador da obra, representado pelo Departamento Nacional de Infra-estrutura e Transportes - DNIT.

Para controle dos lançamentos de pedras são feitos periodicamente levantamentos batimétricos no local dos lançamentos permitindo assim a avaliação do processo de construção da estrutura e planejamento de novos lançamentos. Os dados coletados são inseridos no ambiente computacional e, através do software Topograph®, utilizando técnicas de triangulação e interpolação é gerada uma malha triangular entre os pontos, o que permite a criação de plantas batimétricas com curvas de nível, seções transversais, perfis longitudinais e modelos digitais do terreno (figura 6).

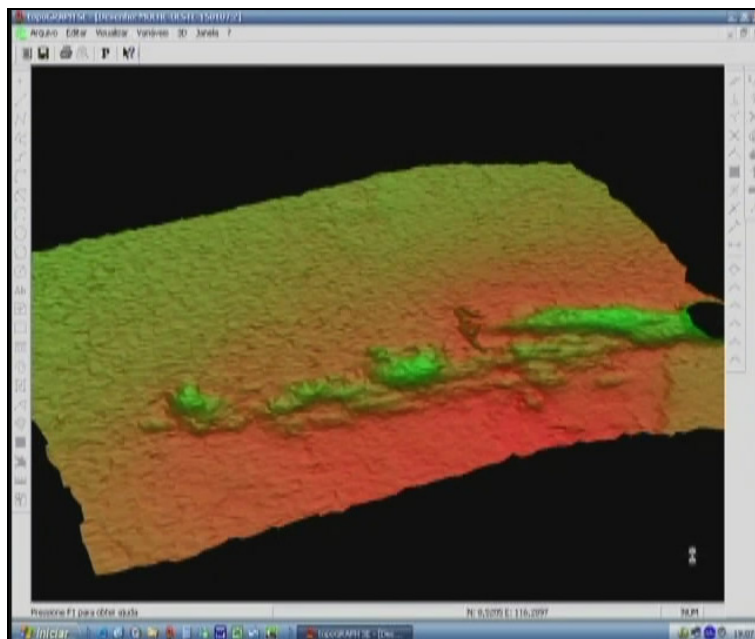


Figura 6: Modelo digital do terreno obtido através do levantamento batimétrico.
Fonte: Software Topograph®.

O lançamento via terrestre é realizado através de ponta de aterro, empurrando as rochas para o mar, a partir da ponta da estrutura, utilizando um trator de esteira de grande porte e também utilizando guindastes que depositam rochas maiores nas áreas laterais do que tem função de dispersar as ondas de grande energia sendo inclusive acompanhado por mergulhadores que garantem assim a máxima precisão.

Uma alternativa à utilização de pedras de grande porte, são utilizados pré-moldados de concreto, de geometria complexa, formada pela intersecção de quatro troncos de cone, pesando ente 8 e 12 toneladas, chamados “Tetrápodes”(figura 7).



Figura 7: Tetrápode, estrutura pré-moldada de concreto.
Fonte: Consórcio CBPO

São posicionados ao talude, formando uma malha cuja finalidade também é de absorver e dissipar a energia das ondas nos pontos mais distantes da costa. Estas estruturas proporcionam um grau de embricamento duas vezes superior ao das rochas.

Para a correta colocação dessas rochas e tetrápodes é utilizada na ponta do guindaste uma antena GPS, além do auxílio de um mergulhador, que garantem a colocação precisa das mesmas (figura 8).

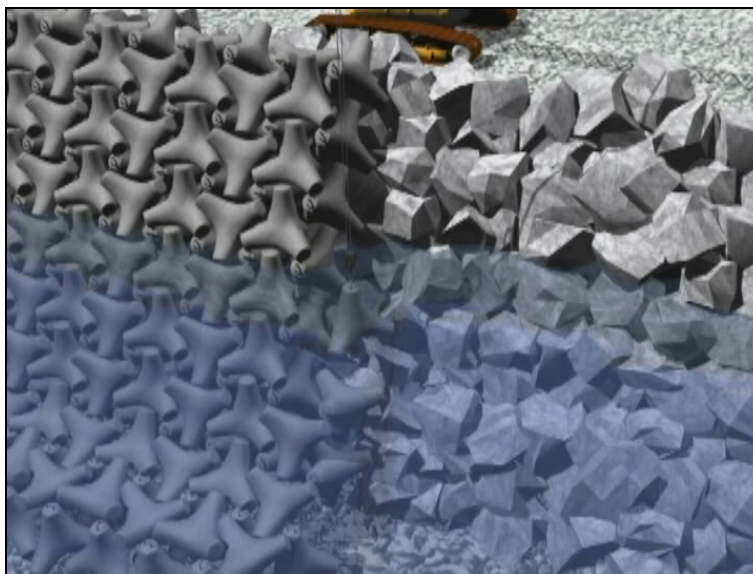


Figura 8: Posicionamento de rochas e tetrápode na estrutura externa do molhe.
Fonte: Consórcio CBPO.

Leões e lobos-marinhos.

Considerando que na atual ponta do Molhe Leste existe um refúgio de leões e lobos-marinhos que utilizam o local se abrigarem, se alimentarem e também se reproduzirem.

Essa peculiaridade fez com que os órgãos ambientais criassem naquele local uma Unidade de Conservação Municipal de Refugio da Vida Silvestre.

Neste sentido, a Licença Ambiental concedida tem uma condicionante que visa à conservação desses animais. Trata-se da realização de um programa de educação ambiental e orientação dos operários que atuarão na obra, visando a minimizar os possíveis conflitos entre os animais e a obra. O grande desafio é conseguir harmonizar as necessidades de conservação com o desenvolvimento portuário da região.

Conclusões

A utilização do GPS com a finalidade de garantir primordialmente a precisão no lançamento das pedras ao mar sob condições adversas e com elevado grau de dificuldade na execução da obra demonstra ser, sem dúvida a melhor ferramenta de auxílio à engenharia a ser empregada em obras desse tipo.

A composição do sistema de orientação via GPS fornece uma interface amigável e de uso bastante simples, porém sua contribuição é vital ao desenvolvimento do projeto uma vez que em razão das condições do mar não permitirem uma identificação visual do local de lançamento das pedras, a orientação dos locais de lançamento sem o sistema GPS seria, feita pelos métodos tradicionais tornaria o processo demasiadamente demorado, acarretando também em uma enorme quantidade de material desperdiçado.

A confiabilidade dessa ferramenta utilizada nessa obra pioneira no país despertou inclusive o interesse de autoridades Peruanas que visitaram as instalações e o local das obras a fim de utilizar tais técnicas no projeto de construção de um quebra-mar em La Pampa Melchorita (170 km ao sul de Lima), como parte de um grande complexo industrial e portuário concebido para dar vazão ao gás natural extraído das imensas reservas existentes no subsolo da selva peruana.

Uma das grandes vantagens desse sistema se dá justamente em função margem de erro ser extremamente baixa, o que permite o cumprimento do cronograma de obras dentro do prazo previsto, o que proporciona uma melhor utilização de recursos e materiais empregados, refletindo-se também no mínimo impacto causado ao meio ambiente, pois a área afetada é muito pequena, praticamente restrita ao local da obra em função da colocação das pedras com exatidão em seus locais previamente determinados.

Bibliografia

FILHO, CLÁUDIO L. *Um porto seguro para o Mercosul*, Revista Odebrecht online, Ed. Nº 137, jul/ago 2008. Acesso em 20/01/2009. Disponível em:
<<http://www.odebrechtonline.com.br/materias/01501-01600/1565/>>

NEVES, HUGO A. P. *O Porto do Rio Grande no período de 1890-1930*. Revista do Departamento de Biblioteconomia e História, Rio Grande, FURG, 1980.

WERNECK, HUMBERTO *Da selva para o Porto*, Revista Odebrecht online, Ed. Nº 137, jul/ago 2008. Acesso em 21/01/2009. Disponível em:
<<http://www.odebrechtonline.com.br/materias/01501-01600/1555/>>

Consórcio CBPO, *Obra dos Molhes da Barra do Rio Grande*, Vídeo Institucional, Secretaria Especial de Portos da Presidência da República.