



# ANAIIS

## do Instituto Hidrográfico

NÚMERO 16 • 2002-2003



# ANAIS do Instituto Hidrográfico

N.º 16 • 2002-2003



MINISTÉRIO DA DEFESA NACIONAL

MARINHA

PORTUGAL

*Direcção, Redacção e Administração:*

Instituto Hidrográfico  
Rua das Trinas, 49 – 1249-093 Lisboa  
*Telef.:* 210 943 000  
*Fax:* 210 943 299  
*e-mail:* mail@hidrografico.pt  
*Website:* www.hidrografico.pt

*Editor:*

Direcção dos Serviços de Documentação  
Serviço de Publicações

*Comissão de Redacção:*

CFR Lopes da Costa  
CFR Antunes Chumbinho  
CTEN Brandão Correia  
DOUTOR José Byscaia  
DR. Manuel Rocha  
DR.<sup>a</sup> Maria Dolores  
ENG.<sup>o</sup> Jorge da Silva

Os artigos assinados são da responsabilidade dos autores

*Capa:* Gabinete Multimédia / dr.<sup>a</sup> Sofia Maia

*Contracapa:* Gabinete Multimédia / dr.<sup>a</sup> Sofia Maia

© COPYRIGHT – Instituto Hidrográfico, 2003

Autorizada a transcrição  
quando acompanhada da indicação do autor e origem

*ISBN:* 972-8486-27-8

*Depósito legal:* 171895/01

PUB (G)-IH 247-DD

*Execução gráfica:* Instituto Hidrográfico

# ÍNDICE

- 4** **Nota de Abertura**
- 5** **Foreword**
- 7** **O papel do Instituto Hidrográfico no acompanhamento e previsão da deriva do fuel derramado pelo navio «Prestige»**  
*Grupo técnico-científico de acompanhamento da crise do «Prestige»*
- 13** **CRUZOC – Sistema de Informação de Cruzeiros de Investigação Científica Estrangeiros em Águas de Jurisdição Nacional**  
*C. Clemente, A. Lopes, M. Pacheco, R. Chumbinho, R. Baptista*
- 19** **Testes de avaliação da exactidão do DGPS realizados a navegar a bordo do NRP «Auriga»**  
*Sardinha Monteiro*
- 25** **Total Wave – a Tool to Assess the Nearshore Wave Conditions**  
*Eugene Rusu, Carlos Ventura Soares*
- 35** **Challenges and Opportunities for Hydrography on the New Century**  
*David Monahan, Horst Hecht, Dave Wells, Maureen R. Kenny, Aldino Campos*
- 45** **Teores de metais em sedimentos: Digestão Total vs Digestão Parcial**  
*Carla Palma, Manuela Valença*
- 55** **Cartas electrónicas. Produtos digitais para navegação**  
*Martins Pinheiro*
- 71** **Supporting coastal and marine monitoring by remotely accessing data using spatial fusion and WAP**  
*Sam Ng'ang'a, Aldino Campos, Michael Sutherland, Sue Nichols*
- 77** **Acesso remoto a informação hidrográfica via WAP**  
*Aldino Campos, Rui Baptista, Rogério Chumbinho*
- 83** **Provas de governo e manobra do NRP «Orion»**  
*Sardinha Monteiro, Abrantes Horta*
- 93** **Análise de séries temporais e espaciais de variáveis químicas em águas de superfícies da Ria de Aveiro – Aplicação da análise por componentes principais**  
*Ana Cardoso*

# Nota de Abertura

**C**OM a presente edição, relativa a 2002 e 2003, garantimos a continuidade desta publicação que serve o objectivo de divulgar os estudos e projectos que o Instituto Hidrográfico desenvolve no domínio das ciências do mar, com ênfase na hidrografia, oceanografia e navegação, decorrentes das atribuições enquanto laboratório do Estado e organismo da Marinha.

Neste exemplar é divulgado um conjunto de onze artigos que correspondem a parte da produção técnico-científica. Abordam, com qualidade, temas de interesse, como sejam o papel do Instituto Hidrográfico no acompanhamento da deriva do fuel derramado pelo «Prestige», o sistema de informação de cruzeiros estrangeiros de investigação científica em águas de jurisdição nacional, os testes de exactidão do DGPS a navegar, as capacidades de modelação matemática da propagação da agitação marítima, os desafios futuros para a hidrografia, os métodos analíticos para a determinação de concentrações de metais pesados, as cartas electrónicas de navegação, as tecnologias da informação para consulta de dados ambientais, o software para provas de governo e manobra de navios, e a monitorização ambiental na Ria de Aveiro. São uma amostra que, de forma equilibrada, reflecte o leque das actividades, em conformidade com objectivos estratégicos – investigação científica e tecnológica, motivação do pessoal, adaptação à sociedade da informação e do conhecimento, entre outros – que perseguimos.

Os autores dos artigos e os membros da Comissão de Redacção dos Anais, em acumulação com as exigentes actividades técnico-científicas que desempenham no Instituto, conseguiram, uma vez mais, com o seu esforço e dedicação, produzir a edição da publicação, pelo que são merecedores do nosso apreço.

Os *Anais do Instituto Hidrográfico* continuam a ser um veículo apropriado para a transmissão, à comunidade científica, de actividades e conhecimentos de elevado interesse público e nacional, que se enquadram nas missões que, incumbidas à Marinha, são realizadas através do Instituto Hidrográfico.

O Director-Geral,



*Carlos António David Silva Cardoso*

Vice-almirante

# Foreword

**T**HIS present edition for 2002 and 2003 lends continuity to a publication designed to disclose studies and projects carried out by the Hydrographic Institute in the field of the sciences of the sea, with particular emphasis on hydrography, oceanography and navigation, as a result of its duties as a State laboratory and as an institute of the Navy.

This edition carries a set of twelve articles dedicated to technical and scientific production. They address with great quality issues of interest such as the role played by the Hydrographic Institute in monitoring the drift of the fuel spilled from the "Prestige", the information system for foreign scientific research vessels working in waters under Portuguese jurisdiction, tests of the accuracy of the DGPS under sail, the capabilities of mathematic modelling of the propagation of waves, future challenges for hydrography, analytic methods to determine concentrations of heavy metals, electronic navigation charts, information technologies for consultation of environmental data, software for ship handling and manoeuvring tests, and environmental monitoring in the Aveiro Ria. These constitute a sample that provides a balanced reflection of the range of activities that we pursue in keeping with strategic objectives – scientific and technological research, personnel motivation and adaptation to the information and knowledge society, among others.

In addition to their demanding technical and scientific activities at the Institute, the authors of the articles and the members of the Annals Editorial Committee have once again been able, through their efforts and dedication, to produce yet another edition, for which they warrant our esteem.

Anais do Instituto Hidrográfico continues to be an appropriate vehicle for transmitting to the scientific community activities and knowledge of great public and national interest that fall within the scope of the missions with which the Navy is entrusted and are carried out by the Hydrographic Institute.

The Director General



*Carlos António David Silva Cardoso*

Vice-Admiral

# O papel do INSTITUTO HIDROGRÁFICO no acompanhamento e previsão da deriva do fuel derramado pelo navio «Prestige»

*Grupo técnico-científico de acompanhamento da crise do «Prestige»*

Mourão Ezequiel, CMG; Ventura Soares, CTEN; Reino Baptista, 1TEN; Bessa Pacheco, 1TEN; Santos Fernandes, 1TEN; Silva Barata, 1TEN; Quaresma dos Santos, STEN; Sara Almeida, ASSP; Jorge da Silva, ASSP; João Vitorino, TSP; Catarina Clemente, TSA; Raquel Silva, TSA; Eugen Rusu, TSB

## **1. Historial no período 13 de Nov.-31 de Dez. de 2002 (período de acompanhamento próximo da situação)**

No dia 13 de Novembro de 2002, o navio mercante «Prestige», petroleiro de 243 metros de comprimento transportando 77 000 toneladas de fuel, sofreu um rombo no casco, por efeito de um temporal, ao largo do Cabo Finisterra. Após o abandono do navio por parte da tripulação e de uma acção de reboque, o «Prestige» acabou por afundar-se no dia 19 de Novembro, a cerca de 240 km a oeste de Vigo, na posição Latitude = 42° 10.8'N Longitude = 012° 03.6'W.

O IH iniciou, logo a 14 de Novembro, o acompanhamento da situação, executando a primeira previsão de deriva dos derrames de fuel assinalados pelos meios de vigilância espanhóis, com especial ênfase nos situados mais a sul. Tal como previsto pelo IH, esta «primeira maré negra» atingiu a Galiza a norte do Cabo Corrubedo logo nos dias seguintes. A previsão de deriva ganhou especial importância a partir de dia 18, data de entrada do navio na zona de responsabilidade de busca e salvamento portuguesa. O afundamento do navio, ocorrido a 19, levou à libertação de uma grande quantidade de fuel, exigindo, a partir daí, um seguimento detalhado da deriva do fuel derramado, com recurso a meios aéreos (Força Aérea Portuguesa) e a meios navais (Marinha Portuguesa). Esse seguimento, muitas vezes com os meios no local a operar em condições meteorológicas e de agitação marítima muito difíceis (ventos fortes de oeste/sudoeste com 25/30 nós e agitação marítima de 5/6 metros), permitiu ao IH prever a deriva das manchas de fuel desde o local e momento de afundamento do navio até à zona costeira galega, para a qual o fuel foi empurrado pelas condições meteorológicas, e onde fez sentir os seus efeitos a partir de 1 de Dezembro («segunda maré negra»).

No mês de Dezembro, a mancha de fuel proveniente do afundamento foi-se lentamente dispersando ao longo da costa galega. Parte deu à costa e foi recolhida pelos meios de combate à poluição em terra, especialmente em praias, dada a extrema dificuldade de recolha em zonas rochosas; outra parte foi recolhida pelos navios anti-poluição nas zonas costeiras galegas; outra parte ainda derivou para sudoeste, por acção de ventos norte/nordeste surgidos no início do mês, tendo progredido para sul até à latitude de Espinho e à distância mínima de 15 milhas da costa portuguesa. Logo após a chegada da mancha principal proveniente do afundamento às costas galegas (a 1 de Dezembro) foi ainda registado um deslocamento de fuel para sul, em regime de transporte costeiro, ao longo da costa e que chegou a distar apenas 8 milhas de Caminha. Contudo, a referida rotação dos ventos para norte/nordeste afastou estas manchas do litoral português. Uma inversão dos ventos a partir do dia 12 de Dezembro (que adquiriram novamente um regime de sul/sudoeste), voltou a empurrar as manchas de fuel para norte/nordeste, tendo estas se aproximado, no dia 15 de Dezembro, a cerca de 3 milhas da costa portuguesa, entre Viana do Castelo e Caminha. A Galiza foi então novamente atingida («terceira maré negra») pelo deslocamento destas manchas, agora já bastante dispersas, novamente para norte.

A continuidade dos ventos provenientes dos quadrantes de sul/sudoeste levou a que, a 31 de Dezembro, os principais núcleos de manchas ainda existentes tenham «contornado» o Cabo Finisterra em direcção a norte, não existindo àquela data manchas significativas de fuel a sul (estando as existentes no Golfo da Biscaia a oeste do meridiano 7° W).

Durante todo o período registaram-se contínuos afloramentos de fuel, em pequenas quantidades, a partir da zona do afundamento, situação verificada «in loco» pelo submarino francês «Nautile».

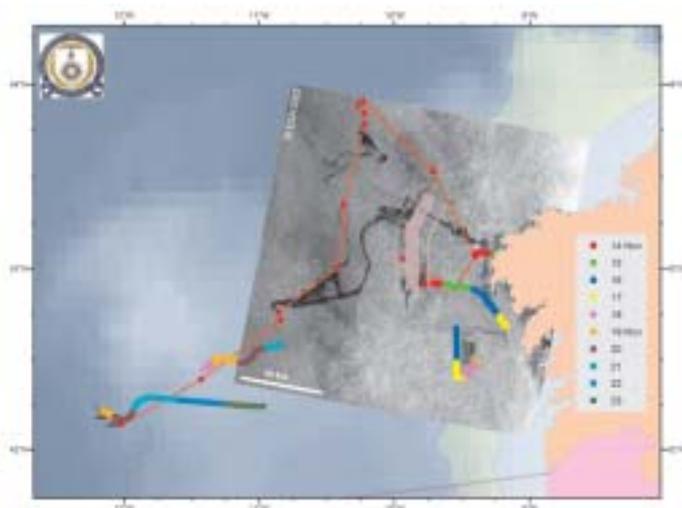


Fig. 1 – O derrame de fuel desde o acidente até ao afundamento



Fig. 2 – Uma mancha típica de fuel observada a partir de um helicóptero

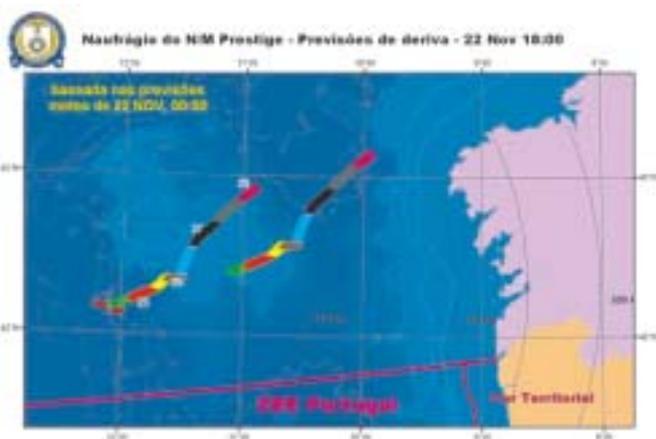


Fig. 3 – Previsão de deriva a 22 de Novembro, 3 dias após o afundamento

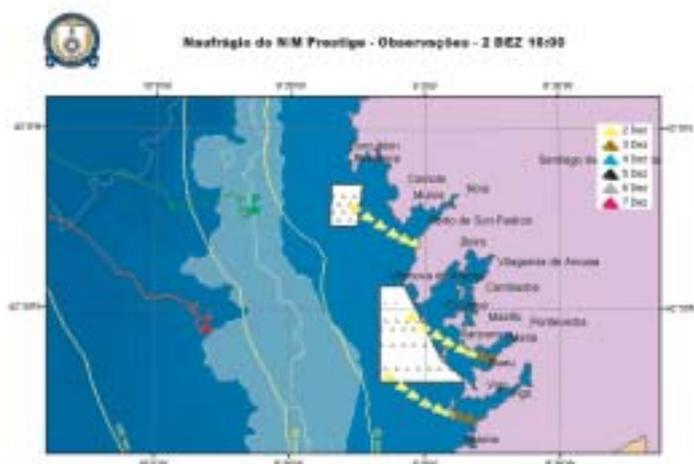


Fig. 4 – Chegada da mancha de poluição à costa galega, 13 dias após o afundamento

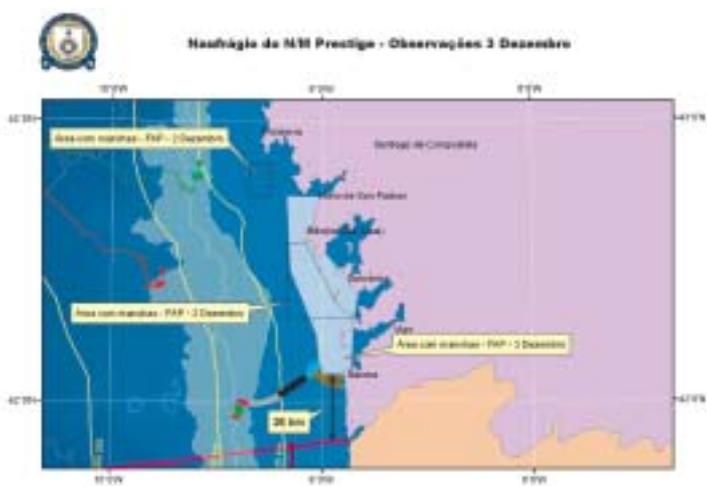


Fig. 5 – Máxima deriva litoral para sul da mancha próxima da costa galega

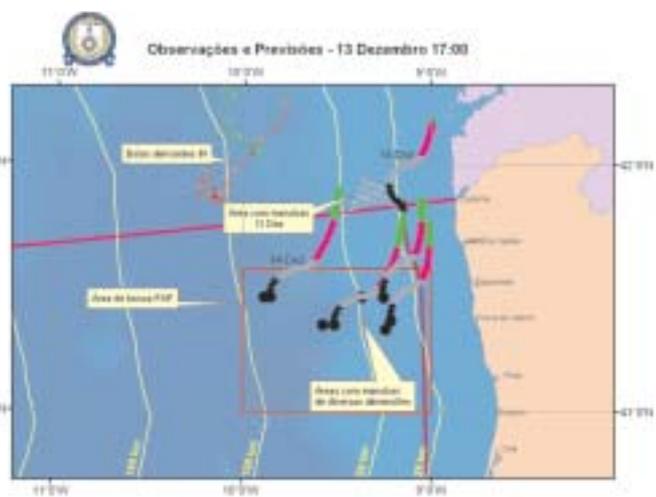


Fig. 6 – Máxima deriva de vento para sul das manchas provenientes da costa galega



Fig. 7 – Máxima aproximação à costa norte portuguesa das manchas provenientes da costa galega

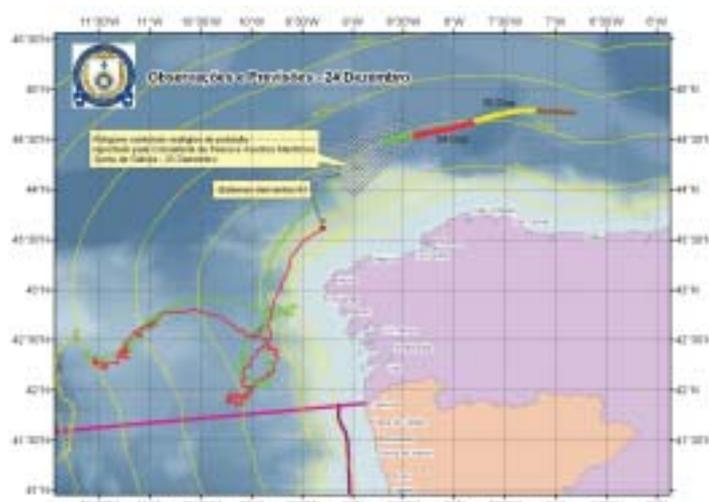


Fig. 8 – A partir de 24 de Dezembro a maior concentração de manchas de fuel deixou de constituir ameaça para a costa norte portuguesa



Fig. 9 – Sequência das áreas de poluição reportadas, desde o afundamento (19 de Novembro) a 23 de Dezembro de 2002

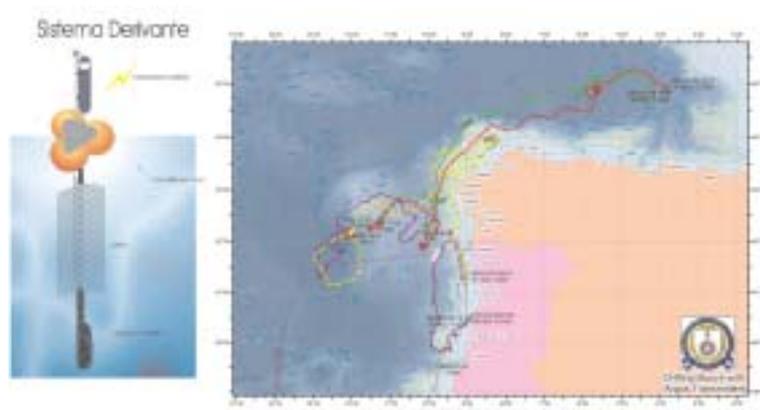


Fig. 10 – a. Sistema derivante com posicionamento por satélite  
b. Trajetórias dos quatro sistemas derivantes lançados pelo IH

## 2. A modelação operacional

Tendo em vista prever as trajetórias das derivas das manchas de fuel o IH utilizou como ferramenta base o modelo «DERIVA», desenvolvido na Divisão de Oceanografia (OC) nos últimos anos. Este modelo, com uma física simples, permitiu, de uma forma operacional, disponibilizar previsões de deriva em curto espaço de tempo, com resultados bastante positivos no respeitante ao rigor das previsões. O modelo considera basicamente a acção do vento sobre os objectos flutuando à superfície da água. A influência da agitação marítima é também tida em conta. Tendo em vista validar os resultados do modelo, foram lançados, por helicóptero e por navio, e próximo do local de afundamento, quatro sistemas flutuantes com sistema de posicionamento satélite, dois

deles a 21 de Novembro e outros dois a 1 de Dezembro. Estes sistemas revelaram-se bastante úteis, tendo esta metodologia sido seguida, quase um mês depois, pelos organismos franceses e espanhóis encarregados de acompanhar a situação do «Prestige».

Sendo o modelo «DERIVA», na sua configuração base, um modelo bastante adequado para situação de mar aberto, em que as derivas à superfície são essencialmente função do vento, tal já não acontece em áreas costeiras, onde a complexidade da fenomenologia presente cresce significativamente. Assim, e mesmo antes da grande mancha de poluição proveniente do afundamento ter atingido a zona costeira, foi iniciada a utilização de um conjunto de modelos, presentemente em desenvolvimento e aplicação na OC no âmbito de projectos científicos (projectos MOCASSIM e PAMMELA2). Esses modelos foram o HOPS (Harvard Operational Prediction System) e o SWAN

(Simulating Waves Nearshore). O primeiro é um modelo de circulação, que permite efectuar a previsão de correntes não só à superfície como a vários níveis de profundidade, recorrendo à assimilação de dados. O segundo é um modelo de previsão de agitação marítima em águas costeiras, permitindo ainda, no módulo desenvolvido no IH, estimar características de rebentação e correntes de deriva litoral. Os resultados destes modelos permitiram «corrigir» o modelo-base «DERIVA» com as fenomenologias costeiras, o que se revelou importante, tendo em conta a

presença de correntes de vertente e de plataforma.

O forçamento nos modelos referidos foi efectuado recorrendo a informação meteorológica e de agitação marítima da Marinha dos Estados Unidos (FNMOC – modelos NOGAPS e WW3) e/ou de centros europeus de previsão de meteorologia (ECMWF, por exemplo). A informação meteorológica proveniente do modelo francês de alta-resolução ALADIN, aplicada à área de interesse, foi fornecida pelo INSTITUTO DE METEOROLOGIA, tendo sido utilizada para alimentar o modelo HOPS.

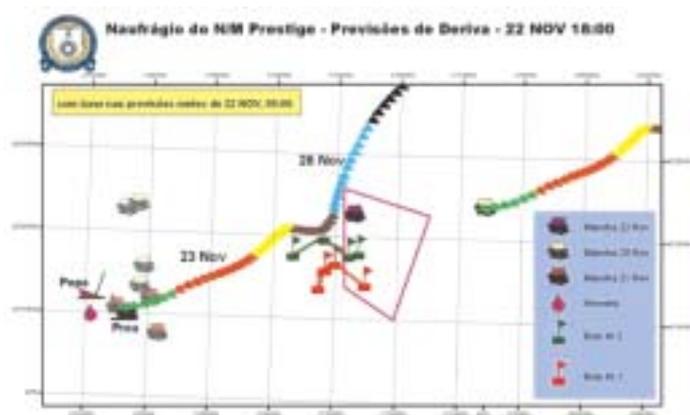


Fig. 11 – Modelo «DERIVA» – modelo de deriva superficial

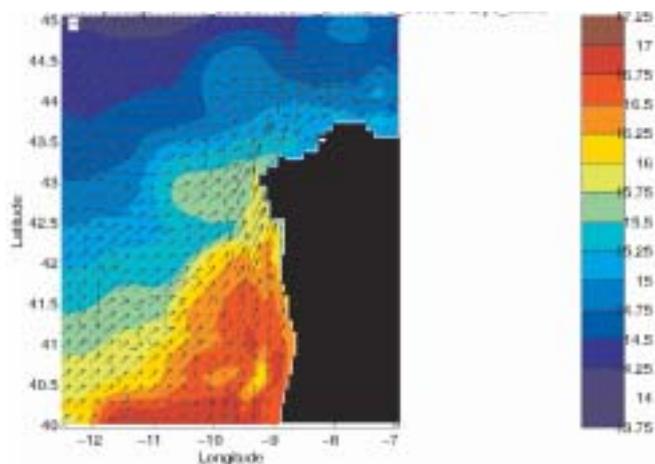


Fig. 12 – Modelo «HOPS» – modelo de circulação



Fig. 13 – Modelo «SWAN» – modelo de agitação marítima em águas pouco profundas

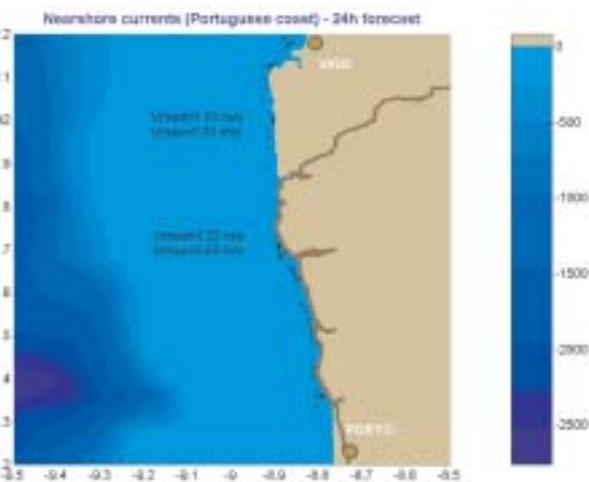


Fig. 14 – Modelo «REBENTA» – modelo de rebentação e deriva litoral

### 3. A organização operacional

A partir de 18 de Novembro foi accionada no IH uma estrutura operacional destinada a assegurar a aquisição, processamento, produção e disseminação de informação técnico-científica relevante. Esta estrutura técnico-operacional foi constituída por um núcleo de 12 elementos (10 da OC, 2 do CD) sob supervisão do Direc-

tor Técnico. Refira-se ainda a complementaridade das acções desenvolvidas por elementos de outras áreas do IH, como sejam os Gabinetes de Multimédia e de Relações Públicas. A esta organização operacional compete:

- Recepção de informação sobre observações provenientes dos meios aéreos e navais nacionais (Força Aérea e Marinha) e estrangeiros (navios espanhóis e aéreos espanhóis e franceses);

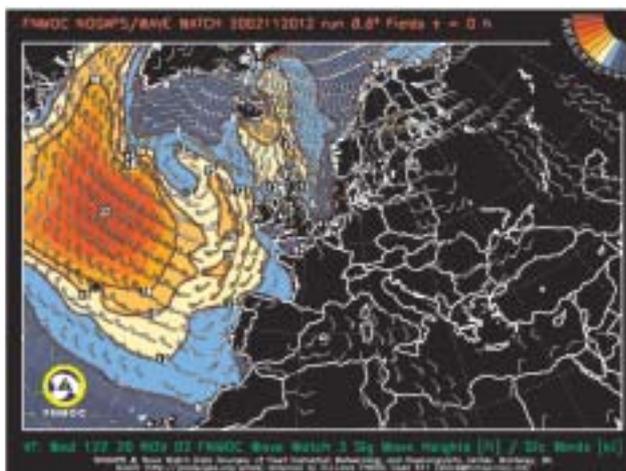


Fig. 15 – Modelo «WAM» – modelo de agitação marítima em águas profundas (FNMOC)

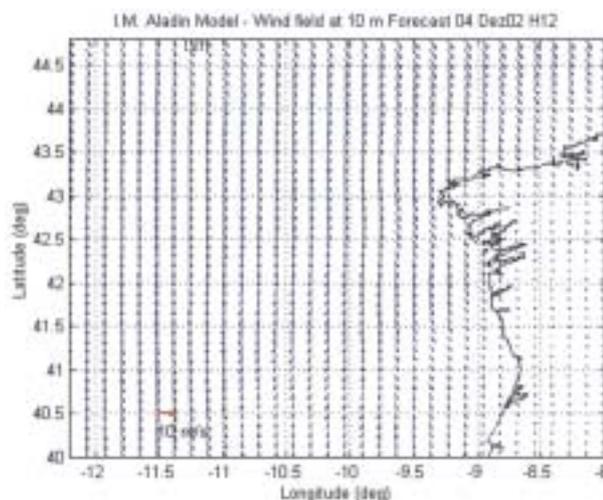


Fig. 16 – Modelo «ALADIN» – modelo meteorológico de alta resolução (IM)

- Aquisição (via modem ou via Internet) dos dados de agitação marítima das bóias ondógrafo operadas pelo IH (Leixões) e pelos Puertos del Estado (Galiza);
- Aquisição (via modem ou via Internet) dos dados de meteorologia das estações meteorológicas operadas pelo IH (Viana do Castelo) e pelos Puertos del Estado (Galiza);
- Aquisição de imagens satélite proveniente do Plymouth Marine Laboratory (com imagens SST);
- Aquisição de imagens satélite proveniente da Agência Espacial Europeia (com imagens SAR);
- Aquisição do posicionamento dos sistemas derivantes (tipo «ARGOS») lançados pelo IH e pelos organismos espanhóis e franceses (numa 2.ª fase);



Fig. 17 – Estrutura operacional durante o período de acompanhamento próximo da situação

- Aquisição (via Internet) dos modelos de meteorologia e agitação marítima do exterior (FNMOC, IM), análise e interpretação desses dados e consequente elaboração de cartas síntese de informação meteorológica;
- Elaboração de simulações de deriva, a 2, 3 e 6 dias, das manchas de fuel, recorrendo aos modelos «DERIVA», «HOPS», «SWAN» e «REBENTA» (quando aplicáveis);
- Preparação, em formato adequado, de informação, para alimentar:
  - O Gabinete de Crise presidido pelo Ministro de Estado e da Defesa Nacional (mensagens, faxes, e-mails, relatórios);
  - O Chefe do Estado-Maior da Armada, o Estado-Maior da Armada, a Direção-Geral da Autoridade Marítima, o Comando Naval, o Comando da Zona Marítima do Norte e o representante português no Gabinete de Crise espanhol sediado na Corunha (telefone, mensagens, faxes, e-mails, relatórios);
  - Os organismos técnico-científicos nacionais e estrangeiros que potencialmente pudessem desenvolver trabalho científico no acompanhamento da situação (informação prestada diariamente a partir de 22 de Novembro por e-mail);
  - Os órgãos de comunicação social nacionais e estrangeiros, e nestes últimos especialmente os espanhóis (e-mail, Internet e «briefings» diários ou sempre que necessário).

# CRUZOC – Sistema de informação de cruzeiros de investigação científica estrangeiros em águas de jurisdição nacional

*Catarina Clemente*, DOUTORA  
*Ana Lopes*, DOUTORA  
*Miguel Pacheco*, PRIMEIRO-TENENTE  
*Rogério Chumbinho*, CAPITÃO-TENENTE  
*Rui Baptista*, PRIMEIRO-TENENTE

**Resumo** Frequentemente são realizados cruzeiros de investigação científica em águas sob jurisdição nacional por organismos estrangeiros. A realização destes cruzeiros depende da autorização, sob determinadas condições, do Estado Português através do Ministério dos Negócios Estrangeiros assessorado na sua decisão por uma série de organismos nacionais, entre os quais o Instituto Hidrográfico (IH). As tarefas do IH no processo de autorização de realização destes cruzeiros prendem-se com a verificação da segurança da navegação, limitação de operações em zonas especiais (áreas de exercícios militares, cabos submarinos) e a salvaguarda do interesse científico nacional solicitando cópia dos relatórios dos cruzeiros realizados e de determinados dados adquiridos. Estas tarefas implicam o envolvimento de especialistas da área da navegação, hidrografia e oceanografia na análise da zona e tipo de trabalho previsto, e o controlo de recepção do material solicitado para autorização de futuros cruzeiros. A gestão eficaz dos dados envolvidos neste processo enquadra-se no desenvolvimento, em curso no IH, de um sistema de informação geográfica sobre o ambiente marinho (projecto SIGAMAR). Este sistema tem por base um sistema de gestão de base de dados *Oracle Spatial*, e integra dados ambientais com informação cartográfica. Este artigo descreve a estrutura implementada para a gestão de dados relacionados com a realização de cruzeiros de investigação científica em águas sob jurisdição nacional e os produtos resultantes desta implementação. É ainda descrita a interacção entre os diversos componentes do sistema, nomeadamente: o armazenamento de dados no sistema de gestão de base de dados, a programação de serviços de mapas de acesso geral interno com o software ArcIMS, a exploração avançada dos dados com recurso ao software ArcGIS e a produção de páginas de internet de informação detalhada com recurso a tecnologia ASPX.

**Abstract** Frequently scientific investigations cruises from foreign institutions are realized in Portuguese national waters. The realization of that depends of the authorization, under certain conditions, from the Foreign Portuguese office, being helped by a series of national offices, namely the Hydrographic Institute (IH). The IH tasks in this process concerns with navigation safety, limited operations in special areas (military areas, submarine cables...), and the defence of national scientific interests, requesting a copy of the cruise report and some acquired data. These tasks involve specialists of navigation, hydrographers, and oceanographers, in the analysis of cruise area, type of work and reception control of the material asked for authorization. The management of all involved data in this process fits on the IH, SIGAMAR project (geographic information system for the marine environment). This system has from base the DBMS – Oracle Spatial and the integration of environmental data with cartographic information. This work describes the implemented structure for the management of relational data, with the realization of scientific investigation cruises in national waters, and the result products of this implementation. Describes the interaction between the various components of the system namely the data store in the DBMS, internal access Map services programs with ArcIMS, advanced explored data with ArcGIS software and the internet pages production with detailed information by ASPX technology.

## 1. Introdução

Área oceânica sob jurisdição Portuguesa é frequentemente solicitada por entidades estrangeiras para a realização de cruzeiros científicos. A autorização para a realização destes cruzeiros é da responsabilidade do Ministério dos Negócios Estrangeiros, sendo este assessorado por uma série de organismos entre os quais o Instituto Hidrográfico (IH).

Ao IH compete dar parecer, via Direcção Geral da Autoridade Marítima, sobre a elaboração de trabalhos e obras que possam afectar a segurança da navegação marítima, limitação de operações em zonas especiais (áreas de exercícios militares, cabos submarinos), e a salvaguarda do interesse científico nacional, solicitando cópias da informação recolhida (relatórios, dados). A elaboração deste parecer resulta do envolvimento de especialistas na área da navegação, oceanografia, geolo-

gia marinha, química e hidrografia na análise de zonas e tipo de trabalho previsto, bem como o controlo de recepção de material solicitado para a autorização dos futuros cruzeiros.

A quantidade de pedidos de autorização que chega ao IH, bem como a diversidade das áreas científicas e oceânicas envolvidas, justifica a implementação de um sistema de informação geográfica com base num sistema de gestão de base de dados Oracle Spatial, que integre os dados com a informação cartográfica e ajude a tomada de decisão aos especialistas na análise dos pedidos. Esta gestão eficaz dos dados envolvidos neste processo enquadra-se no projecto SIGAMAR, sistema de informação geográfica sobre o ambiente marinho, em desenvolvimento no IH.

Este trabalho descreve a estrutura implementada para a gestão de dados relacionados com a realização de cruzeiros de investigação científica, em águas sob jurisdição nacional e os produtos resultantes desta implementação que foi denominada CRUZOC. É ainda descrita, a interacção entre os diversos componentes do sistema, nomeadamente: o armazenamento de dados no sistema de gestão de base de dados, a programação de serviços de mapas de acesso geral interno com Software ArcIMS, a exploração avançada dos dados com recurso ao Software ArcGIS e a produção de páginas de Internet de informação detalhada com recurso a tecnologia ASPX.

## 2. Aquisição e Processamento de dados

Para a implementação do sistema de informação geográfica foi necessária a aquisição de dados geográficos como Limites administrativos da Zona Económica Exclusiva (ZEE), Cabos Submarinos, Mapas de Portugal e do Mundo, corredores de tráfego marítimo na costa continental Portuguesa e batimetria. Estes dados existiam já em formato digital tendo sido disponibilizados pelo centro de dados do IH. As posições geográficas dos limites administrativos, costa continental Portuguesa, batimetria, bem como dos corredores de tráfego marítimo, foram obtidas por digitalização, através do sistema Caris, das cartas de navegação. O posicionamento dos cabos submarinos foi obtido através da lista de cabos submarinos distribuída pela Marconi. O Mapa Mundo provem do Software *ArcGIS* distribuído pela *ESRI*. Todos estes dados estavam referenciados ao sistema *WGS84*, sendo esse o *Datum* adaptado para toda a informação inserida na base de dados. Esta informação de base, ajuda a tomada de decisão dos utilizadores, por forma a situarem geograficamente um dado cruzeiro, bem como, a percepção de adversidade à sua autorização.

Após a aquisição dos dados que fornecem informação cartográfica de base, procedeu-se à aquisição de dados geográficos e metadados dos pedidos de realização de cruzeiros. Esta informação encontrava-se já parcialmente

implementada numa base de dados em ACCESS, sendo apenas a informação fornecida como meramente descritiva. Foi necessário recorrer ao arquivo, sob a forma de papel, para proceder a uma leitura e completa interpretação das informações sob cruzeiros, de modo a produzir uma base de dados que, além da informação alfanumérica, contivesse informação espacial. A interpretação da informação em papel é crucial, visto que cada cruzeiro é um caso. Por exemplo, um cruzeiro que pretenda efectuar estações oceanográficas (medições da coluna de água ao longo de uma malha geográfica), deveria fornecer previamente o planeamento de estações oceanográficas ou hidrográficas, o que nem sempre acontece. Na maioria dos casos, apenas são fornecidos os limites geográficos da área de estudo. Por outro lado, os cruzeiros científicos que desejem lançar equipamento oceanográfico derivante (bóias de superfície, *Rafos*...) procuram, durante o decorrer do cruzeiro, determinados fenómenos oceânicos, não sendo por isso capazes de fornecer durante o pedido, informação sobre a posição geográfica de largada, bem como, respectivas datas de lançamento.

Os cruzeiros científicos, quando autorizados, são na grande maioria dos casos obrigados a fornecerem ao IH cópias dos dados recolhidos, assim como relatórios finais de cruzeiro. Com o uso da Internet, muitos desses relatórios e dados são colocados on-line para acesso público, não havendo um retorno directo da informação recolhida em águas nacionais.

Uma amarração (conjunto de equipamentos submersos, colocados numa posição fixa, num certo intervalo de tempo) pode ser colocada durante um determinado cruzeiro, sendo a sua manutenção (substituição de baterias por exemplo) ou a sua recolha, efectuado por outro cruzeiro, por outro navio, até mesmo por outra instituição científica. Uma amarração poderá ainda ser composta por vários equipamentos colocados a várias profundidades. No entanto, muitos pedidos não informam sobre o tipo de equipamento colocado ou a que profundidade.

Todas estas diferentes informações sobre cruzeiros, foram tomadas em conta bem como, todo o tipo de documentos (fax; cartas; emails; mensagens militares) trocados entre as entidades responsáveis (Ministério dos Negócios Estrangeiros, Embaixadas, Ministério da Defesa Nacional, Direcção Geral da Autoridade Marítima, Comando Naval...), para a construção da base de dados.

## 3. Armazenamento

A base de dados do sistema de informação geográfica, foi implementada em Oracle Spatial. Após a interpretação da informação em papel e da informação armazenada em ACCESS, procedeu-se à construção do modelo relacional que melhor se adaptava à informação disponível e necessária ao utilizador final.

O sistema de gestão de dados Oracle Spatial, permite a inserção de dados espaciais (pontos, linhas, polígonos) e toda a informação alfanumérica. Isto permite a visualização de dados espaciais em qualquer sistema de informação geográfica que consiga interpretar uma base de dados. A escolha de pontos, linhas ou polígonos tem por base a geometria de funcionalidade dos objectos, que englobam os cruzeiros de investigação científica.

Considera-se que o sistema de cruzeiros de investigação científica, pode ter vários objectos com várias geometrias, isto é, o sistema pode conter conjuntos de equipamentos fundeados (amarrações), num dada posição fixa (geometria pontual) ou, ao mesmo tempo, fazer medições da coluna de água da superfície ao fundo, em termos de variáveis oceânicas (pontual), lançar bóias derivantes que acompanhem um determinado fenómeno oceânico (geometria de linhas), definir trajectos do navio quando se dirige para o local de estudo (linhas) e cobrir uma determinada área de estudo (geometria de polígonos).

Assim a base de dados Cruzoc contém quatro tabelas do tipo espacial: uma tabela pontual 2D (AMARRACOES), contendo informação sobre observações de variáveis oceânicas do tipo pontual (métodos Eularianos), ou colocação de equipamento do tipo pontual (por exemplo, bóia de espera à entrada da barra); duas tabelas lineares 3D (POSICOES e TRAJECTOS), a primeira contendo informação sobre observações de variáveis oceânicas tipo linear (métodos Lagrangeanos) ou colocação de equipamentos tipo linear (por exemplo, cabos submarinos). A segunda, contendo informação sobre os

trajectos dos navios ou equipamento de medição autónoma submersos ou emersos, e uma tabela tipo polígono 2D (AREAS), contendo informação geográfica sobre área oceânica de trabalho. A utilização de tabelas com geometria 3D permite além da posição espacial 2D (x,y), a utilização da terceira dimensão «z», para caracterizar a profundidade dos equipamentos, (por exemplo, um veículo de controlo remoto que fotografe, ou filme, erupções vulcânicas subaquáticas, tem em cada ponto uma posição x, y e z). Na figura 1 está ilustrado o esquema de tabelas da base de dados Cruzoc.

Além da base de dados, o sistema pode ter acesso à informação cartográfica de base por forma a melhorar a visualização do pedido de autorização, bem como, obstáculos que possam implicar um parecer negativo à sua concretização. Estes ficheiros com formato *shapefile* encontram-se isolados da base de dados Cruzoc, já que são usados apenas para situar geograficamente a informação fornecida pela base de dados.

### 4. Implementação

Foi utilizado para a implementação da aplicação, um Servidor departamental com 4 processadores XEON de 500 MHz, 2 GB RAM, 2 discos 30 GB (em mirror) e 2x70 GB (em Raid 5) de armazenamento externo. Este servidor serve a base de dados Oracle, bem como todas a aplicações SIG em uso no Instituto Hidrográfico.

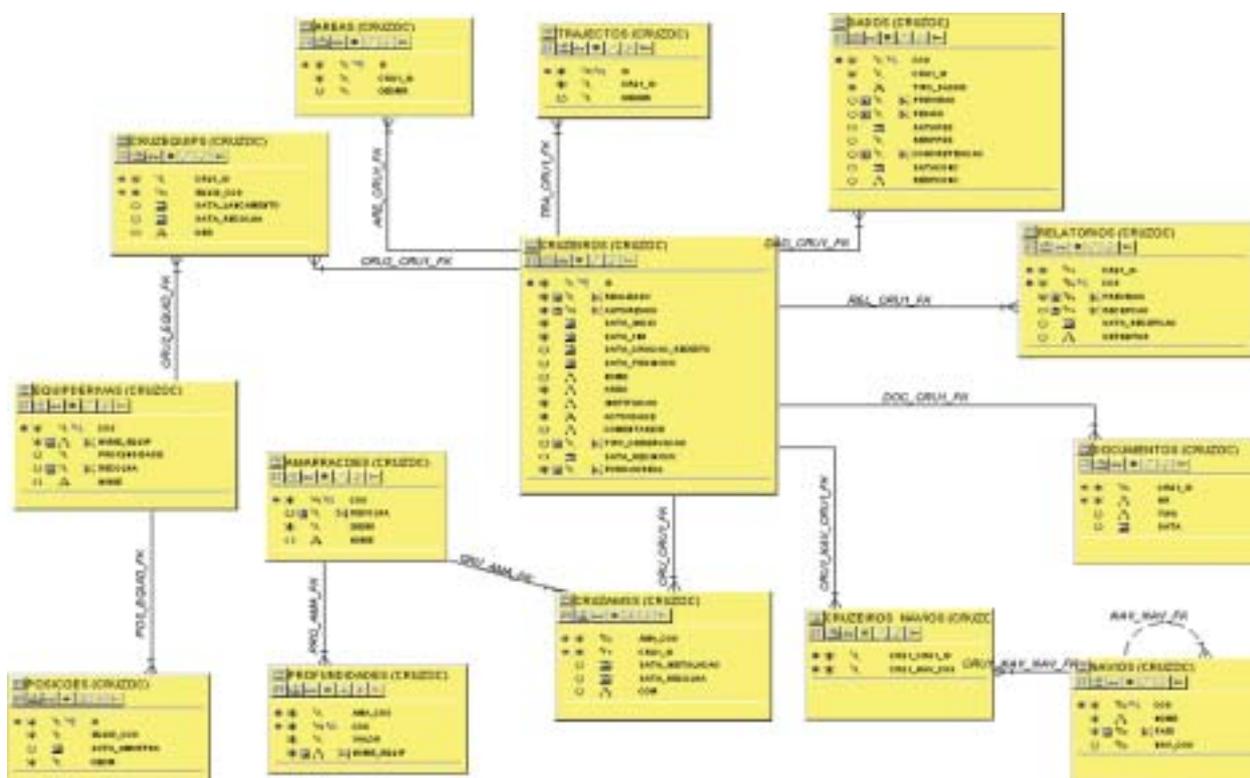


Fig. 1 – Esquema de tabelas da base de dados CRUZOC.

O primeiro passo da concretização da aplicação é a ligação das tabelas da base de dados Cruzoc ao ArcIMS. Consoante a sua geometria, as tabelas espaciais são traduzidas através do ArcSDE para o ArcIMS permitindo a visualização dos seus atributos como pontos, linhas ou polígonos. Após a introdução no ArcIMS das tabelas que deverão fornecer informação, procede-se à ligação dos atributos e à escolha de quais serão visualizados pelo utilizador. A escolha dos atributos exportados para o visualizador HTML, permite ao utilizador acesso à informação mais relevante da geometria escolhida, não o saturando com demasiada informação no ecrã. Após a ligação das tabelas é necessário ajustar a simbologia adequada à informação fornecida.

A simbologia é uma parte importante do processo, pois terá de ser facilmente entendida pelo utilizador e de modo que não seja envolvida pela informação de base. Escolheram-se assim: pontos vermelhos para a geometria pontual; linhas *cyan* para a geometria linear e linhas pretas para a geometria de polígonos, transparentes no interior; linhas pretas a tracejado para os Cabos Submarinos; polígonos a lilás para ZEE. Na figura 2 mostra-se a simbologia usada na aplicação; note-se o aparecimento de legendas a identificar os cabos submarinos quando ampliada a imagem.

Após a escolha de quais os atributos mais relevantes ao utilizador, optou-se por fornecer o resto da informação contida na base de dados CRUZOC em páginas ASPX, denominadas por fichas de cruzeiro, contendo informação detalhada do mesmo, e sendo acedidas por *links*

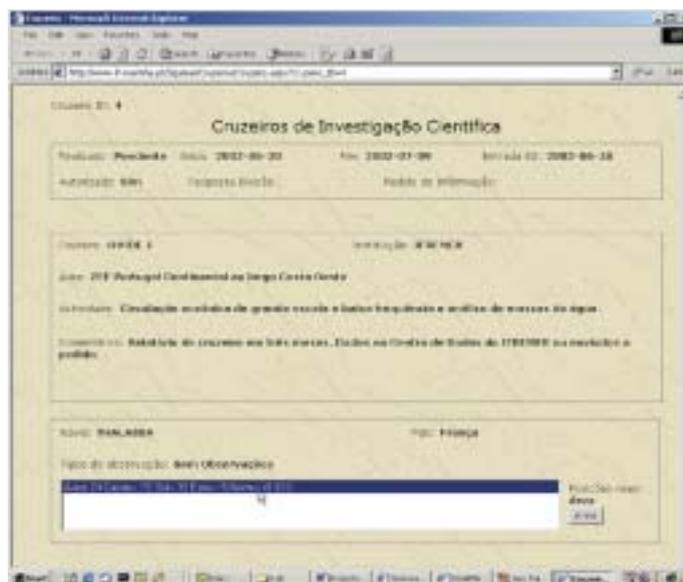


Fig. 3 – Ligação à página detalhada sobre Cruzeiro, quando se «Clica» em «Cruzeiro ID»

dentro da aplicação. Esta abordagem confere ao utilizador uma maior facilidade de compreensão do cruzeiro escolhido, para análise, permitindo o acesso à informação detalhada. Na Figura 3 mostra-se um exemplo de uma página programada com tecnologia ASPX contendo informação detalhada de um cruzeiro científico.

Além da ligação à base de dados, adicionou-se também a informação de base como referência geográfica. Estes temas são adicionados directamente ao ArcIMS.

## 5. Exploração

O sistema implementado em ArcIMS, permite a consulta e visualização de dados geográficos, referentes aos pedidos de autorização dos cruzeiros, em várias formas: na forma de selecção do tema pretendido, ou na forma de consulta ao sistema. No Serviço de Mapas, quando se corre a aplicação, aparecerão todas as camadas espaciais pertencentes ao sistema. Em primeiro lugar (e por defeito activada), virá a camada com geometria pontual, seguida das camadas lineares e dos polígonos e, por fim, a informação de base.

Quando um novo pedido de autorização chega ao Instituto Hidrográfico, vem sobre a forma de papel (fax ou carta); este é introduzido na base de dados pelo gestor de dados, ficando em aberto a informação sobre a sua autorização. Este pedido é então distribuído às divisões técnicas do IH, por forma a elaborarem um parecer. O utilizador de cada divisão tem acesso a esse pedido, podendo fazer uma análise visual com algumas ferramentas disponibilizadas pelo ArcIMS, através da Intranet. Para que o utilizador aceda à informação pretendida,

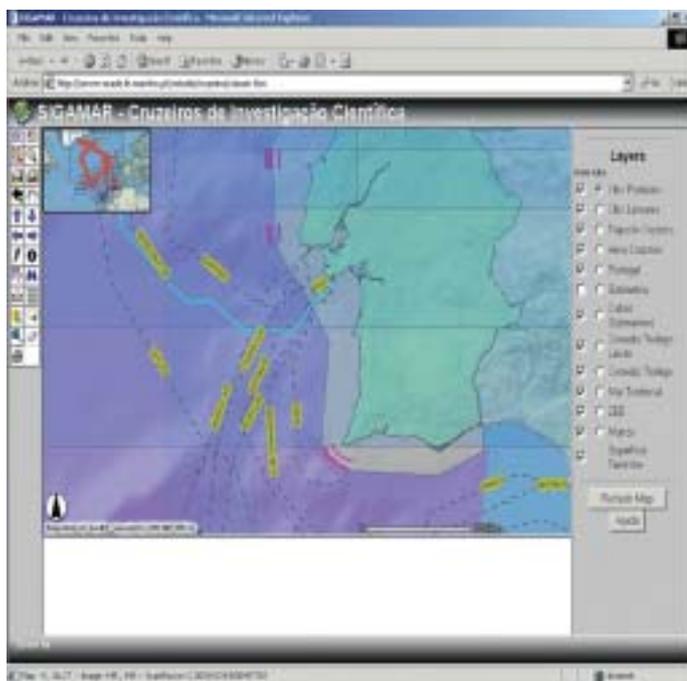


Fig. 2 – Simbologia e legendas em imagem ampliada. As áreas a mangenta representam os corredores de tráfego; áreas a creme representam o mar territorial (12 milhas das linhas de base). As linhas pretas a tracejado legendadas (nome dos cabos submarinos).

deverá realizar uma consulta ao sistema. Esta consulta poderá ser realizada por datas de entrada na base de dados. Ficará deste modo a saber, por exemplo, qual ou quais as últimas entradas e qual o cruzeiro correspondente. Na imagem aparecerá o resultado da consulta em forma de tabela e será seleccionada, a, ou as, camadas

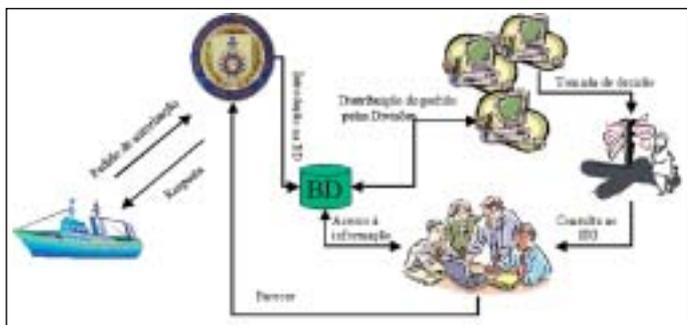


Fig. 4 – Esquema da elaboração de pareceres através da aplicação

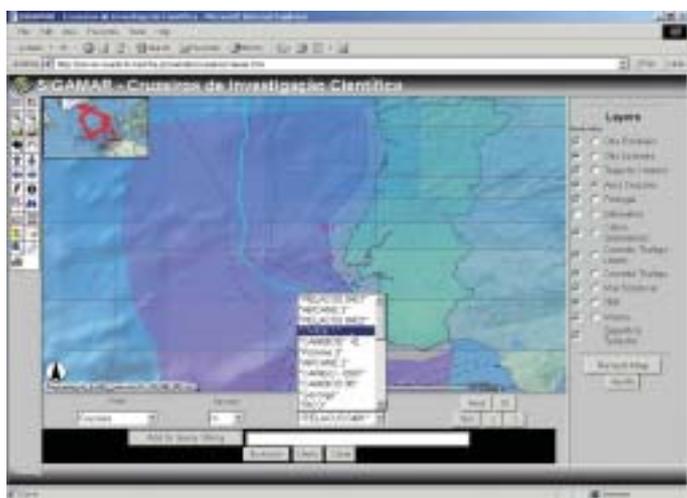


Fig. 5 – Consulta por nome do cruzeiro

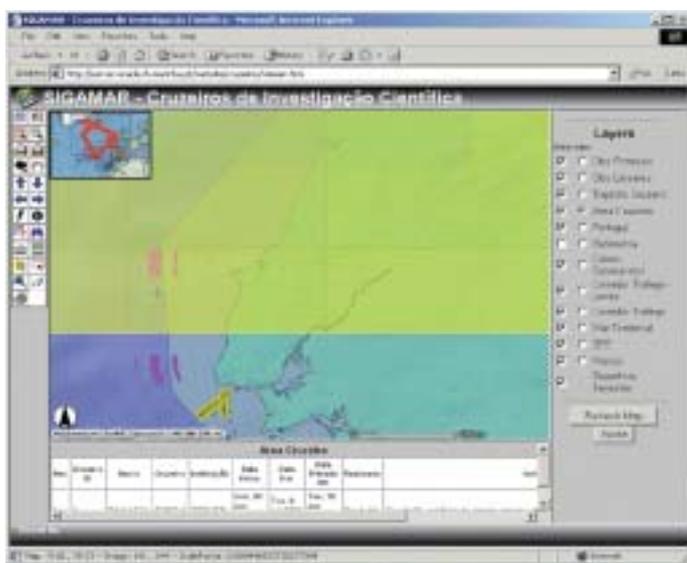


Fig. 6 – Área de estudo do cruzeiro «Ovide1» (amarelo) ampliada. Note-se o corredor de tráfego (polígono a magenta)

correspondentes. O utilizador terá desta forma, acesso à informação disponível no sistema sobre o cruzeiro e quais os interesses à sua concretização. Na figura 4 mostra-se o esquema de elaboração de pareceres. Nas figuras 5 e 6 mostram-se exemplos do processo de consulta por nome de Cruzeiro e a sua área envolvente.

Através das consultas à base de dados, o utilizador poderá efectuar uma análise visual sobre obstáculos à autorização do cruzeiro. Por exemplo, a área envolvente do cruzeiro «Ovide 1» contém um corredor de tráfego; devido a este facto, o utilizador responsável pela navegação emitirá avisos aos navegantes sobre trabalhos nesta área de forma mais intensa. Os pareceres são então reenviados ao gestor da base de dados que a completa com o resultado do pedido e os reenvia para as entidades responsáveis.

Além da análise de pedidos de autorização, o sistema serve também como visualização de informação histórica. Através do sistema, pode-se ter acesso a todos os cruzeiros estrangeiros, efectuados em áreas que englobem a ZEE Portuguesa, e suas características. Poderá o utilizador, desta forma, recolher informações necessárias a outros tipos de trabalho, através da análise de áreas de interesse, bem como, tipos de dados ou relatórios disponíveis. Por exemplo, um projecto de investigação Oceanográfica na área dos Açores: é do interesse dos investigadores saber o historial da zona e publicações científicas que envolvam a mesma; qualquer utilizador pode, através da rede, fazer a consulta à base de dados e visualizar quais os cruzeiros que fizeram trabalhos naquela área geográfica, saber os tipos de dados recolhidos e onde se encontram disponíveis (relatório nas bibliotecas ou em sites de acesso público), por forma a complementar o estudo prévio das características da zona.

Além de todos os processos de consulta, o sistema permite ainda, através de algumas ferramentas disponíveis, efectuar rápidas análises espaciais, como raios de acção de determinada camada; por exemplo, seleccionando uma dada observação ou observações pontuais e criando um raio de acção de determinados quilómetros ou metros, pode-se visualizar o seu raio de acção. Esta análise poderá ter como objectivo a não colocação de outra observação pontual na mesma zona, por forma a não interferir com as medições em curso. A figura 7 mostra um exemplo da criação de raios de acção (*Buffer*). Outro tipo de análise é, por exemplo, a medição de distâncias entre dois pontos do mapa. Na figura 8 mostra-se um exemplo de distância medida entre uma observação pontual e a ilha do Corvo no Arquipélago dos Açores.

Além das páginas de informação detalhada elaboradas com tecnologia ASPX foi também adicionado um botão de ajuda, que faz ligação a uma página ASPX, com a identificação de simbologia e legendas, bem como, a explicação das ferramentas disponíveis.

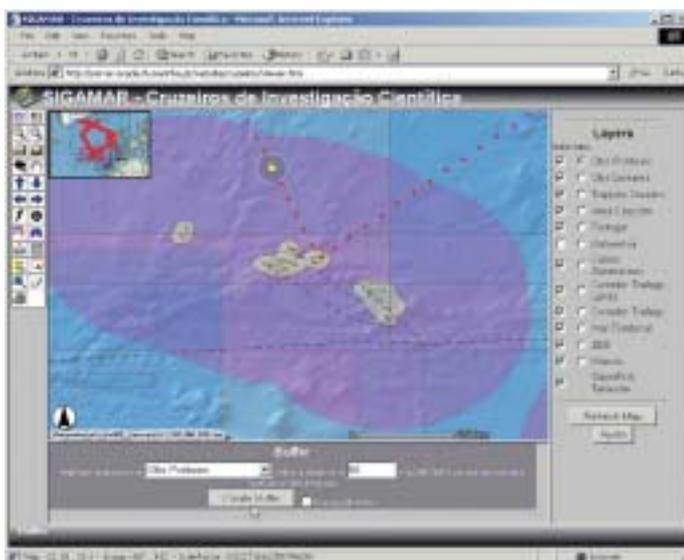


Fig. 7 – Raio de acção de 50 Km à volta de uma observação pontual

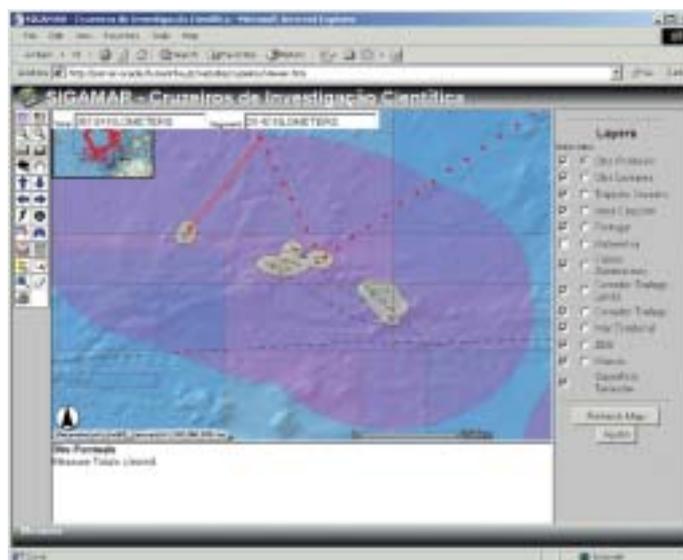


Fig. 8 – Distância entre uma observação pontual e a ilha das Corvo

## 6. Conclusões

O sistema implementado no Instituto Hidrográfico, permite a rápida análise das áreas geográficas e disciplinares envolvidas, com um maior controlo da informação disponível sobre os cruzeiros, instituições, navios e suas autorizações.

Além de demonstrar melhoria das capacidades de análise, o sistema permite uma rápida e fácil consulta à informação, através da base de dados. A utilização de fichas de cruzeiro revelou-se de extrema utilidade, para os utilizadores com interesses num determinado cruzeiro. A implementação deste sistema em ArcIMS, permitiu um rápido progresso de trabalhos pois é um sistema de fácil utilização e aprendizagem.

Neste trabalho apenas foram introduzidos alguns dados nas tabelas a título de exemplo, de modo a proporcionar a possibilidade de consultas ao sistema, já que a quantidade de informação existente no Instituto Hidrográfico é demasiado grande para efeitos do protótipo desenvolvido. Esta introdução na base de dados foi realizada através da janela SQL oferecida pelo DBMS Oracle.

No futuro irão ser construídos *Forms* para a introdução de todos os dados sobre cruzeiros existentes, completando-se e actualizando-se desta forma a base de dados, o que também oferecerá novas possibilidades e novos critérios de pesquisa.

## Referências Bibliográficas

- BOOTH, B. and MITCHELL, A., (2001): «Getting Starting with ArcGIS». GIS by ESRI.
- DATE, C.J., (1995): «Introdução ao sistemas de Bancos de Dados». Editora Campus, p. 674.
- ELMASRI, R. e SHAMKANT, B.N., (1994): «Fundamentals of Database Systems». Addison – Wesley, p. 873.
- ESRI, (2001): «What is GIS». GIS by ESRI.
- ESRI, (2000): «ESRI and ORACLE – Solutions for GIS and Spatial Data Management». ESRI White paper.
- ESRI., (1998): «Spatial Database Engine». ESRI White paper.
- ESRI., (1998): «Spatial Data Warehousing» . ESRI White paper.
- LOPES, A. M. P.,(1996): «Análise e Concepção de Sistemas – Sistemas de Informação de Luzes». Relatório de Estágio. Universidade Lusíada.
- MICROSOFT CORPORATION, (1998): «Microsoft Visual InterDev 6.0 Programmer's Guide». Microsoft Press.
- MINAMI, M., (2000): «Using ArcMAP» . GIS by ESRI.
- VIENNEAU, A., (2001): «Using ArcCatalog» . GIS by ESRI.
- WEST R., (2001): «Understanding ArcSDE» . GIS by ESRI.

# Testes de avaliação da exactidão do DGPS realizados a navegar a bordo do NRP «Auriga»

Sardinha Monteiro, CAPITÃO-TENENTE

**Resumo** O Instituto Hidrográfico concluiu em finais de 2002 a instalação da componente continental da rede DGPS portuguesa constituída por 2 estações transmissoras de correcções diferenciais, localizadas no Cabo Carvoeiro e em Sagres, e por uma estação de controlo, localizada na Direcção de Faróis. Durante o primeiro ano de funcionamento decorreu um período de testes, visando avaliar a exactidão e a cobertura proporcionadas pelas estações DGPS portuguesas. O programa de testes iniciou-se com uma experiência destinada a estudar a exactidão proporcionada pelo DGPS no mar. Para o efeito, montaram-se a bordo do NRP «Auriga» um receptor DGPS e um receptor de GPS geodésico, tendo-se usado as posições pós-processadas deste último como referência para a avaliação da exactidão das posições DGPS fornecidas pelo outro receptor. Neste artigo, descreve-se a forma como decorreu esta experiência e quais os resultados obtidos.

**Abstract** *The Portuguese Hydrographic Office completed, by the end of 2002, the installation of the mainland stations of the national DGPS network, composed of two broadcast stations (at Sagres and at Cape Carvoeiro) and a control station, at the Portuguese Lighthouse Authority headquarter. During the first year of service, extensive tests were performed with the aim of evaluating the accuracy and coverage provided by the Portuguese DGPS stations. The first test was designed to assess the accuracy of the DGPS service at sea. For this purpose, a DGPS receiver and a geodetic GPS receiver were installed onboard NRP «Auriga» and the post-processed positions from the latter were used as reference for the evaluation of the accuracy of the DGPS positions output from the other receiver. This paper describes this trial and the results obtained.*

## 1. Introdução

O Instituto Hidrográfico concluiu em finais de 2002 a instalação da componente continental da rede DGPS portuguesa constituída por 2 estações transmissoras de correcções diferenciais, localizadas no Cabo Carvoeiro e em Sagres, e por uma estação de controlo, localizada na Direcção de Faróis. Durante o primeiro ano de funcionamento está a decorrer um período de testes, visando avaliar a exactidão e a cobertura proporcionadas pelas estações DGPS portuguesas. Neste artigo descrever-se-á o primeiro teste efectuado para a validação das estações DGPS portuguesas, o qual consistiu na avaliação da exactidão proporcionada pelo DGPS no mar.

## 2. Descrição da prova

Esta prova foi conduzida a bordo do NRP «Auriga», tendo como objectivo avaliar a exactidão proporcionada pelo DGPS num ambiente marítimo. Para o efeito era necessário possuir um sistema de referência que garantisse uma exactidão centimétrica, pois só assim se pode-

ria aferir a exactidão do DGPS. A dificuldade reside no facto de o DGPS ser o sistema de radionavegação convencional que garante a melhor exactidão em tempo real, em áreas vastas. Só através de técnicas de pós-processamento, nomeadamente através de uma técnica denominada GPS geodésico, é que se conseguem obter posições ainda mais rigorosas do que as posições DGPS. Esta técnica utiliza dois receptores GPS que medem os códigos transmitidos pelos satélites GPS e também as fases dos sinais. Um dos receptores é colocado numa posição de coordenadas perfeitamente conhecidas, funcionando como receptor de referência, e o outro receptor é móvel, designando-se habitualmente por *rover*. Os dados gravados por estes dois receptores podem ser pós-processados, através de software especializado, que consegue dar como resultado final as coordenadas do *rover* com uma exactidão melhor do que 20 centímetros.

Face ao exposto, montou-se no pórtico do NRP «Auriga» uma antena GPS (ver figuras 1 e 2) cujo sinal foi repartido, de forma a alimentar dois receptores independentes:

- um receptor geodésico Trimble 4000 SSE e
- um receptor DGPS Trimble DSM 212.



Fig. 1 – Antenas instaladas no NRP «Auriga»

O Trimble 4000 SSE é um receptor geodésico que pode ser configurado para funcionar como receptor de referência ou como unidade *rover*. O receptor montado a bordo foi, naturalmente, configurado como *rover*, tendo sido usados dois receptores semelhantes para funcionarem como receptores de referência: um montado no Instituto Hidrográfico, em Lisboa, e o outro em Sines. Qualquer um dos receptores geodésicos estava ligado a um computador, onde eram gravados os dados brutos de código e de fase do sinal GPS.

O Trimble DSM 212 é um receptor DGPS, que aceita correcções DGPS de uma fonte externa. Nesta

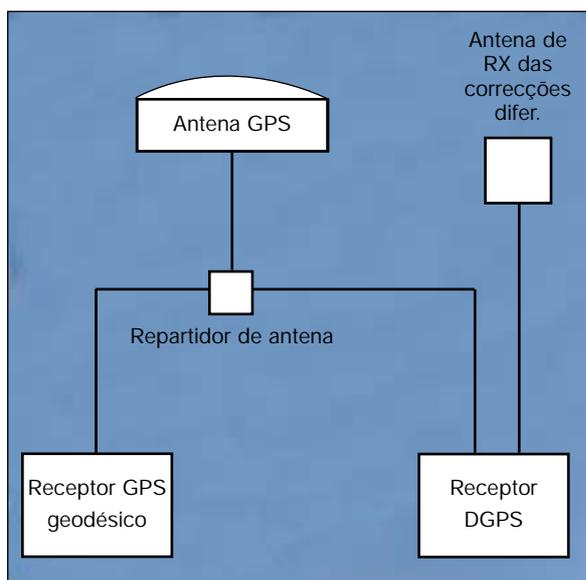


Fig. 2 – Esquema bloco da montagem feita no NRP «Auriga»

experiência usou-se uma antena DBR IV Magellan para fornecer as correcções diferenciais ao receptor Trimble DSM 212. Os dados deste receptor também foram gravados num computador portátil (ver figura 3).

No primeiro dia de provas (3 de Dezembro de 2002) o navio navegou apenas no porto de Lisboa, zarpando da BNL e saindo a barra até cerca de 2 milhas a SW da linha de entre-torres. Nessa posição, o navio deu meia volta, tendo, seguidamente, entrado a barra do porto de Lisboa, até atracar na BNL de novo. Este dia representou sobretudo um teste à instalação feita a bordo, para verificar se tudo funcionava na perfeição.

No dia 5 de Dezembro, o navio largou de Lisboa e navegou para sul até atracar no porto de Sines, cerca de 6 horas depois. Finalmente, a 6 de Dezembro, o navio regressou a Lisboa. Refira-se que esta experiência foi efectuada aproveitando uma deslocação do NRP «Auriga» a Sines, onde foi fundear uma bóia de protecção da bóia ODAS de Sines.



Fig. 3 – Computadores gravando dados do receptor GPS geodésico (Trimble 4000 SSE – equipamento amarelo à esquerda) e do receptor DGPS (Trimble DSM 212 – equipamento amarelo à direita)

### 3. Análise geral dos resultados

Antes de apresentar e analisar os resultados obtidos nesta experiência, importa referir que as *exactidões* e os *erros* que serão referidos correspondem, na realidade, à distância entre as posições obtidas por GPS geodésico (que são consideradas, para o efeito desta prova, as posições «verdadeiras») e as posições DGPS. Embora o erro das posições geodésicas seja negligenciável, quando se compara com o DGPS, pois é pelo menos uma ordem de grandeza menor, essas posições geodésicas não correspondem exactamente à posição verdadeira e por isso mesmo é que os termos *erro* e *exactidão* surgirão em itálico.

Refira-se, ainda, que foram obtidas posições (tanto geodésicas como DGPS) a intervalos de 5 segundos. Além disso, importa realçar que a análise que será feita se baseará nos resultados a 2 dimensões, i.e. na comparação entre posições horizontais, que são as que interessam aos navegantes marítimos.

Vamos começar a análise dos resultados apresentando um histograma com a frequência relativa dos *erros* horizontais durante a totalidade do período de provas (cerca de 15 horas).

Este histograma mostra que cerca de 50% das posições DGPS analisadas tinham um *erro* inferior a 1 m e

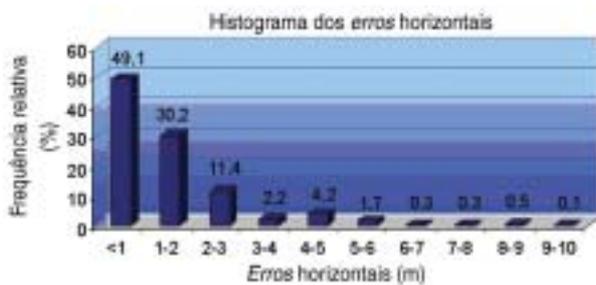


Gráfico 1 – Frequência relativa dos *erros* horizontais observados nos 3 dias de provas

que mais de 90% dessas posições se encontravam dentro de um limite de 3 m de *erro*. Além disso, houve uma percentagem muito pequena de posições que mostraram *erros* acima de 5 m. O *erro* máximo observado, nas mais de 10.000 posições DGPS gravadas, foi de 9,6 m, sendo que essa posição coincidiu com uma das vezes em que o navio passou por debaixo da ponte 25 de Abril, a qual obstruiu momentaneamente a recepção do sinal de alguns satélites, contribuindo para degradar a performance do GPS e, conseqüentemente, do DGPS. Este histograma, embora extremamente elucidativo, tem o inconveniente de não permitir uma análise da performance diária, pois junta os dados dos 3 dias de provas. Para ter uma percepção mais clara da performance do DGPS em cada um dos dias em que decorreu esta experiência, obtiveram-se gráficos com a evolução dos *erros* em função do tempo.

A análise destes 3 gráficos mostra que a *exactidão* do DGPS se manteve consistentemente dentro dos 3 m, com a excepção de um curto período em cada dia, em que os *erros* se situaram acima desse valor. Interessantemente, esse período ocorreu sempre cerca das 3 horas da tarde, conforme sumariado na tabela 1.

Dia	Período fora do limite dos 3 m de <i>erro</i>		<i>Erro</i> horizontal máximo	
	Período	Duração	Hora	Valor
3DEC	15h07m-15h25m	18 min	15h25m	8.04m <sup>1</sup>
5DEC	14h53m-15h20m	27 min	15h19m	9.07m
6DEC	14h41m-15h17m	36 min	15h16m	8.36m

Tabela 1 – Resumo de resultados no período das 15h00m



Gráfico 2 – Evolução dos *erros* do DGPS no plano horizontal em 3 de Dezembro



Gráfico 3 – Evolução dos *erros* do DGPS no plano horizontal em 5 de Dezembro



Gráfico 4 – Evolução dos *erros* do DGPS no plano horizontal em 6 de Dezembro

A repetição destes *erros* acrescidos quase à mesma hora, em dias seguidos, levou a que se suspeitasse imediatamente de que a sua causa teria sido a geometria dos satélites GPS na esfera celeste. Os satélites GPS descrevem órbitas com um período de 11h58m, o que somado ao movimento diurno de rotação da Terra significa que a posição dos satélites GPS na esfera celeste se repete a cada 23h56m. Dessa forma, a posição que os satélites GPS ocupam no espaço num dado lugar à hora h é exactamente igual à posição que eles ocuparão, nesse mesmo lugar, no dia seguinte, cerca de 4 minutos antes da hora h.

Se analisarmos a hora a que ocorreu o *erro* máximo em cada dia (quarta coluna da tabela 1), verificamos que houve um retrocesso de cerca de 3 a 4 minutos, de dia para dia, o que indicia que, provavelmente, nessa altura o número de satélites visíveis e a sua distribuição na esfera celeste eram bastante desfavoráveis, contribuindo para uma performance mais fraca do sistema DGPS.

<sup>1</sup> Ocorreu uma posição em que o *erro* foi ligeiramente superior a este valor (às 15h16m11s), mas esse período coincidiu com a passagem do navio sob a ponte 25 de Abril, a qual obstruiu o sinal de alguns satélites GPS, degradando transitoriamente a *exactidão* do posicionamento.

#### 4. Influência da geometria dos satélites na *exactidão* do DGPS

Em termos de posicionamento radar é sabido que a obtenção de 3 distâncias radar a 3 conhecenças que estejam separadas, em azimuth, cerca de  $120^\circ$  umas das outras dá muito mais garantias de fornecer uma «boa» posição do que se essas conhecenças estiverem muito próximas umas das outras (ver figuras 4 e 5).

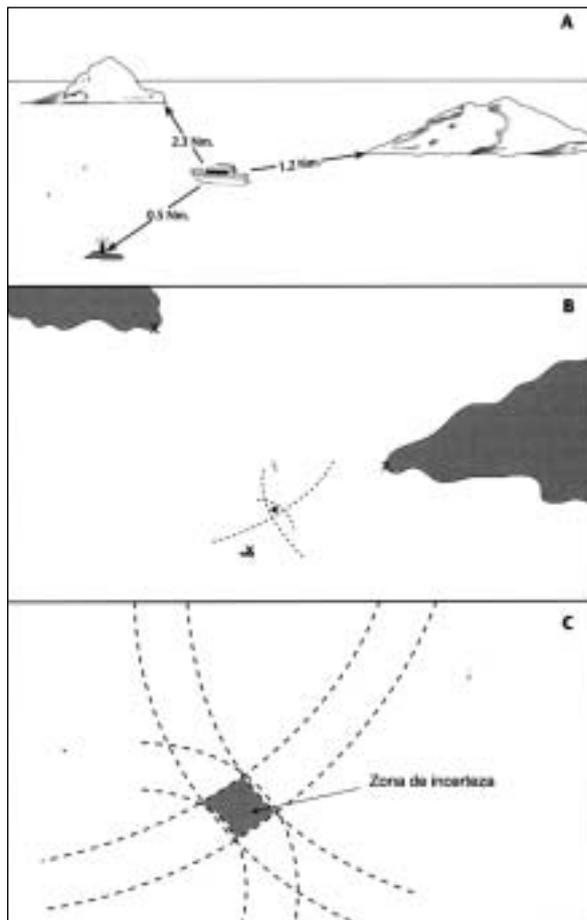


Fig. 4 – Obtenção de um ponto radar a partir de conhecenças com boa geometria relativa

Neste último caso, a má geometria relativa das 3 pontas de terra provoca uma zona de incerteza significativa, dizendo-se que existe uma grande diluição da precisão (em língua inglesa: *dilution of precision* ou, abreviadamente, DOP).

No posicionamento por GPS ou por DGPS, as «conhecenças» usadas para obtenção das linhas de posição são os satélites e também neste caso uma posição GPS ou DGPS dá muito mais garantias se for obtida com o sinal de satélites bem espaçados na esfera celeste (tanto em azimuth como em elevação) do que se os satélites estiverem em azimuths co-lineares ou com elevação similar (ver figura 6).

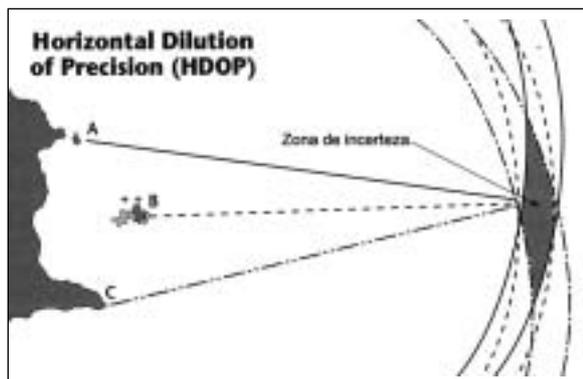


Fig. 5 – Obtenção de um ponto radar a partir de conhecenças com má geometria relativa

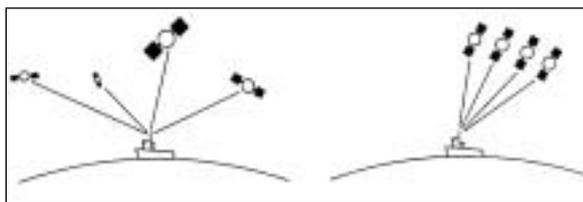


Fig. 6 – Exemplos de boa distribuição dos satélites no espaço (à esquerda) e de má distribuição (à direita)

No posicionamento por satélites, pode-se ter uma ideia imediata do impacto que a distribuição dos satélites no espaço pode ter na *exactidão* do posicionamento, pois os receptores GPS/DGPS conseguem calcular matematicamente o valor da DOP, a cada momento, através de uma função matemática que utiliza as coordenadas

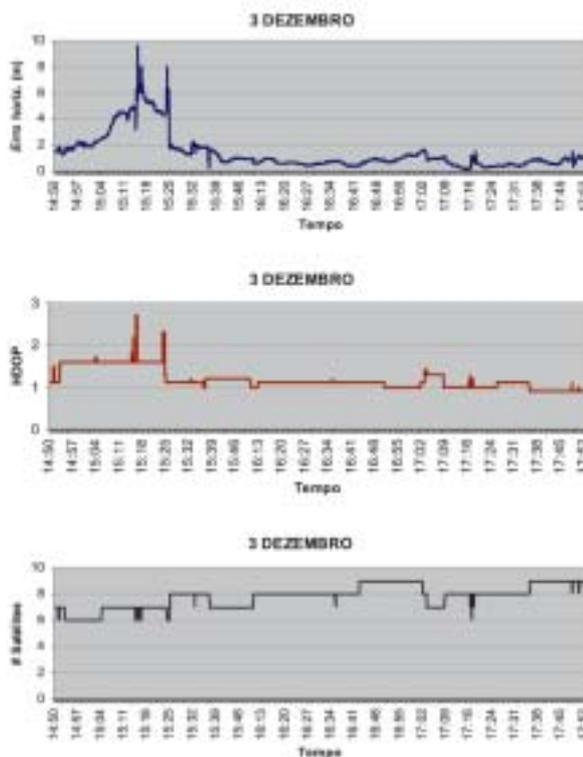


Gráfico 5 – Erros horizontais, HDOP e número de satélites em 3 de Dezembro

dos satélites e as coordenadas do receptor. Quanto mais baixo for o valor de DOP, melhor será a distribuição dos satélites e, não considerando as outras fontes de erros, melhor será a qualidade do posicionamento. Inversamente, os valores mais altos de DOP significam pior exactidão de posicionamento.

A DOP pode estimar o impacto da geometria dos satélites na posição tri-dimensional (situação em que se designa por PDOP – *Position DOP*), o impacto na posição horizontal (situação em que se designa por HDOP – *Horizontal DOP*) ou o impacto na altitude (situação em que se designa por VDOP – *Vertical DOP*), sendo que  $PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2$ . Para os navegantes marítimos o parâmetro mais importante é a HDOP, pois é aquele que estima a influência das posições relativas dos satélites e do receptor na exactidão de posicionamento horizontal.

No caso das provas efectuadas a bordo do NRP «Auriga», não só se confirmou ser a HDOP um bom indicador da qualidade do posicionamento, como a correlação entre os *erros* horizontais e a HDOP até excedeu o que se esperava. Para ilustrar isso mesmo, apresenta-se de seguida um conjunto de gráficos para cada dia: um com a evolução dos *erros* horizontais em função do tempo, outro com a variação da HDOP e um terceiro com o número de satélites usados na solução DGPS.

Com os três gráficos juntos, percebe-se melhor a relação estreita entre a *exactidão* do posicionamento DGPS e a HDOP ou o número de satélites. Este último

parâmetro, embora tenha alguma influência na qualidade das posições DGPS, tem claramente menor correlação com os *erros* horizontais do que a HDOP. Isso é perfeitamente natural, pois a HDOP é um indicador muito mais abrangente, dado entrar em consideração não só com o número de satélites, como também com a sua distribuição espacial. E, como sabemos, mais satélites, mas menos bem distribuídos na esfera celeste, pode ser pior (em termos de posicionamento) do que menos satélites mas bem espaçados no céu.

Face ao exposto, conclui-se que a HDOP constitui (ou pode constituir) um bom indicador da *exactidão* horizontal do DGPS. Dessa forma, procurou-se quantificar qual o *erro* médio das posições DGPS correspondentes a cada valor de HDOP. Para facilitar esta análise foram criadas 4 categorias de HDOP: uma englobando todas as posições em que a HDOP foi inferior ou igual a 1; outra com os dados em que a HDOP se encontrava entre 1,1 e 1,5; uma terceira categoria, agregando todas as amostras em que a HDOP estava entre 1,6 e 2; e uma última categoria com todas as posições com HDOP superior ou igual a 2,1. Depois, calculou-se o *erro* a 95% para cada uma destas categorias, tendo-se obtido o gráfico 8.

Conforme seria de esperar, as posições DGPS obtidas com melhor geometria receptor – satélites GPS (e, consequentemente, com menor HDOP) permitiram *exactidões* significativamente melhores do que as posições obtidas com pior geometria (e, consequentemente, com HDOP mais elevada).

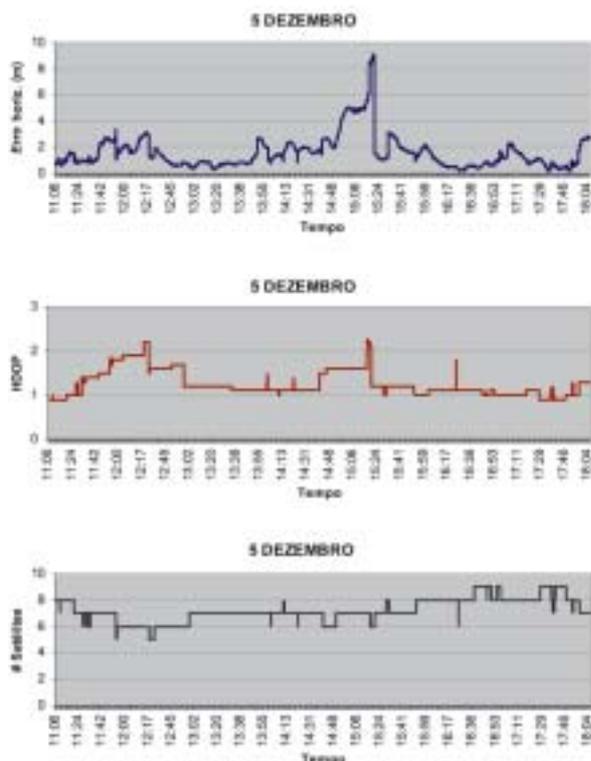


Gráfico 6 – Erros horizontais, HDOP e número de satélites em 5 de Dezembro

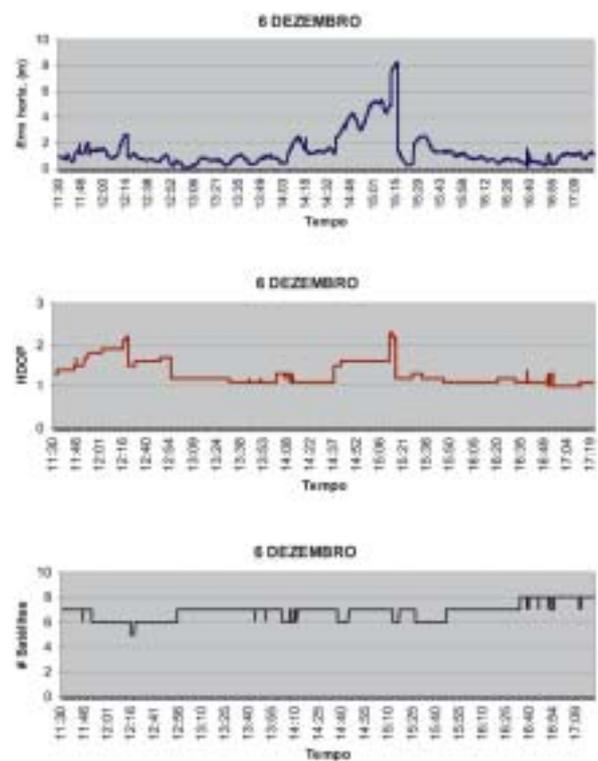


Gráfico 7 – Erros horizontais, HDOP e número de satélites em 6 de Dezembro

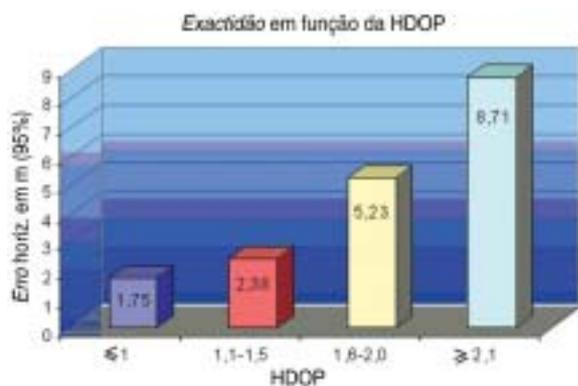


Gráfico 8 – Exactidão obtida por cada categoria de HDOP nos 3 dias de provas

Conforme mostrado no gráfico, na última categoria (HDOP  $\geq 2,1$ ) o erro a 95% foi relativamente elevado (8,71 m). No entanto, este valor tem que ser lido em conjunto com o valor ilustrado no gráfico 9, que nos mostra que só cerca de 2% das posições obtidas é que possuíam HDOP superior ou igual a 2,1.

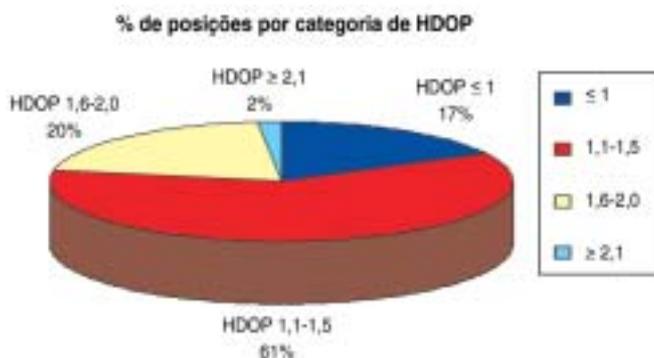


Gráfico 9 – Percentagem de amostras por cada categoria de HDOP

Este gráfico mostra também que cerca de 80% das posições foram obtidas com HDOP menor do que 1,5 e que a correspondente *exactidão* andou na ordem dos 2 m.

## 5. Considerações finais

Em primeiro lugar, é importante realçar que durante a totalidade do período de provas o erro a 95% foi inferior a 5 m. Realce-se que em navegação se trabalha, sempre que possível, com os erros a 95%, ou seja com o valor que não é excedido em 95% dos casos.

Uma segunda conclusão (que é evidente no gráfico 1) é de que os erros foram consistentemente inferiores a 3 m, com a excepção de curtos períodos em que a posição dos satélites GPS foi particularmente desfavorável, para utilizadores localizados na área das provas.

Isto leva à terceira conclusão, que tem a ver com o impacto muito significativo que a geometria receptor – satélites GPS teve na qualidade do posicionamento DGPS, a qual foi ilustrada pela grande correlação existente entre os gráficos de erro horizontal e de HDOP.

## 6. Agradecimentos

Agradece-se a valiosa colaboração do CTEN EH Ramalho Marreiros na idealização dos ensaios, na implementação da recolha de dados e no processamento dos dados.

Agradece-se também a indispensável e prestimosa colaboração do comandante e guarnição do NRP «Auriga» na recolha de dados.

# TOTAL WAVE

## – a tool to assess the nearshore wave conditions

Eugen Rusu, PROFESSOR

Carlos Ventura Soares, CAPITÃO-DE-FRAGATA

**Resumo** O presente artigo descreve um ambiente de cálculo interactivo denominado TOTALWAVE. É uma ferramenta amigável, que permite uma avaliação ambiental rápida das condições de ondulação no litoral, podendo ser usada em qualquer lugar e conjuntamente com qualquer modelo de ondulação costeiro. O interface é baseado em «software» MATLAB e o modelo SWAN foi considerado como o modelo de base. O seu desenvolvimento é baseado no crescente interesse da Marinha Portuguesa na assimilação de resultados provenientes de modelos de ondulação de alta resolução, como suporte ambiental de operações anfíbias e litorais. O interface consiste em quatro módulos independentes, que podem contudo interagir a diferentes níveis da análise dos dados de ondulação. O primeiro módulo define os requisitos para a implementação do modelo de ondulação e tem capacidades de visualização e processamento dos dados batimétricos, assim como de análise da matriz ambiental numa perspectiva regional. Consequentemente, este módulo ajuda a definir a estratégia computacional apropriada. O segundo módulo contém o controlo de simulação e de transferência de dados do modelo para o ambiente MATLAB. A fase de pós-processamento é iniciada no terceiro módulo, onde é efectuada uma análise das saídas do modelo com diferentes resoluções. Neste módulo é ainda feita a análise dos processos de rebentação, sendo possível estimar os parâmetros mais relevantes que lhe estão associados. Finalmente o quarto módulo foi concebido para representar as séries temporais de dados e permitir comparar diferentes parametrizações das simulações do modelo, bem como comparar as saídas do modelo com as medições provenientes de sistemas de observação no local. Simulações dinâmicas são também permitidas, de modo a reproduzir evoluções temporais das condições de ondulação. Para além de uma melhor visualização e análise das entradas e saídas de um modelo de ondulação costeiro, este interface permite uma diminuição importante nos tempos de cálculo. A técnica de pós-processamento utilizada apenas importa do modelo os parâmetros dos pontos da malha, fazendo os cálculos para pontos aleatoriamente localizados de uma maneira autónoma, o que permite poupar tempo computacional, dado que esses cálculos não são efectuados por defeito nas saídas do modelo.

**Abstract** *The present article describes an interactive computational environment denoted with the generic name TOTAL WAVE. It is a user-friendly tool that helps in a rapid environmental assessment of the wave conditions in the littoral regions and which can be used in any site and together with almost any coastal wave model. This interface is devised using the MATLAB environment and the SWAN spectral model was considered as a reference. Its development is grounded on the increasing interest of the Portuguese Navy in the assimilation of the results provided by the high-resolution wave models as an environmental support in military nearshore and landing operations. Up to this moment the interface consists of four independent modules that can however interact one with each other at different levels of the wave data analysis. The first module is focused on the requirements of the model implementation and has capacities both for visualisation and processing of the bathymetric data as well as for the analysis of the environmental matrix from regional perspective. Consequently, this part also helps in defining an appropriate computational strategy. The second module refers to the model simulation control and data transfer from the model to the MATLAB environment. The post processing phase starts actually in the third module where is performed a horizontal analysis concerning the wave model output, either in the coarse or high-resolution areas. A special attention was paid in this part to the surf-zone processes and the related phenomena. In this connection the tool developed is able to estimate most of the relevant parameters associated with the process of wave breaking. Finally, the last module was designed to represent time series and allows comparisons between different parameterisations of the model simulations as well as between the results provided by the model with the measurements coming from different 'in situ' devices. Dynamic simulations are also available suggesting the time evolution of the wave conditions. Beside a better visualisation and analysis, both for the input and the output, an advantage introduced by the procedure proposed herewith is a significant decrease of the computational time of the model because of the reduced number of output requests. Thus the post-processing technique consists in importing from the model only of the grid data, while any specific location is processed in real time outside the model. In this way some of the computational effort is taken from the wave model and moreover any location can be considered in the phase of post-processing without being imposed 'a priori' as an output request.*

## 1. Introduction

The availability of realistic data concerning the wave field in the coastal environment is most important in coastal engineering applications as well as in many military nearshore and landing operations. The numerical wave models are nowadays able to produce forecast products for the oceanographic parameters and make available in a useful time scale the environmental support necessary for various rescue and military applications conducting to a rapid environmental assessment of a tactically significant area. In this context the nowcast and forecast techniques based on the interactions between large-scale and high-resolution wave models become more and more common and effective. This is due to their relatively low cost in comparison with the more expensive task of maintaining permanent networks for 'in situ' oceanographic measurements. Moreover, the predictions provided by these models may be significantly improved by an infusion of field collected or remotely sensed data.

The ocean-scale models, WAM (WAVE Modeling) and WW3 (Wave Watch III), are based on a detailed physical description of the air/sea interactions and give a statistical description of the time evolution of the sea waves using the spectral action balance equation, Komen et al. (1994). The large-scale wave models have been coupled to the operational atmospheric forecast models and have been made some global and many regional implementations. Predictions of the wave climate near the European coasts of the Atlantic Ocean are available on various Internet sites. As concerns the coastal areas the SWAN spectral model seems to be the most effective and that is why it was denoted nowadays as the community wave model. SWAN (acronym for Simulation WAVes Nearshore) is a phase averaging wave model designed to obtain realistic estimates of wave parameters in coastal areas from given wind, bottom, and current conditions, Holthuijsen et al. (2001). In its last version the SWAN model overpasses the condition of a high-resolution model being increased its applicability from a scale of 25 km to almost any scale (when using the spherical coordinates). However, SWAN does not support oceanic scales being less efficient in this area than WW3 and WAM. Consequently, from this point of view SWAN can be considered still a coastal wave model but with more extended capacities. The dynamics of the wave models was in the last years extremely high. However, most of the research effort was focused in the direction of improving the physics of the models or of developing faster and more accurate propagation schemes. From this reason, there is still a strong need of easy to use interfaces for post processing and visualising the model output evolution both in space and time frames. On the other hand, in the case of the coastal wave models it is required usually a much higher mobility than for the

large scale models. Consequently a tool (associated with these models) helping in a quicker implementation of a nearshore area would be very useful. This is the gap that is going to be filled by this new proposed interactive computational environment, called generically TOTAL WAVE (TW). TW is an interface made in the spirit of the DELFT3D package but focused on the interactions between the ocean-scale and the coastal wave models. It was designed using the MATLAB environment and is composed of four modules: (I) wave model implementation, (II) wave model simulations, (III) post processing and horizontal analysis and (IV) time series analysis. These modules will be described as follows.

## 2. Wave model implementation

The first part of the interface refers to the process of the model implementation, in a specific site, and is composed of two sub-modules. The first is for visualisation and processing of the bathymetric data and the second for analysing from regional perspective the factors that define the global matrix of the problem.

### 2.1 Bathymetry visualisation and processing

The main functions of this pre-processing component are to visualise bathymetries and to generate new bathymetric grids. At this stage the final product are the bathymetric maps and/or the isomaps. Usually the measured bathymetry is provided in a three-column file giving the x and y co-ordinates versus the water depth. These data are transformed into a grid-file with the standard interpolation methods after defining the limits in the geographical space and the number of the grid points in both directions. Once this phase accomplished the parameters required are the co-ordinates of the origin, the number of meshes (one less than the number of grid points) and their lengths in x and y directions. The first facility introduced by this module is to visualise the spatial bathymetric grid. From this point the next sequence is to provide the bathymetric map of the area, where the land is coloured in brown and the water in various nuances of blue according to the corresponding depth (darker as the depth is increased). The transition to this map is made automatically from the bathymetric grid. However, in order to use this module for any bottom configuration was introduced the shore coefficient by which the brown in the colormap is scaled to zero (or a given value) level of the water depth. This process is illustrated in the figures 1-3 for the case of the Madeira Island. Moreover, as can be seen in figure 3, it is also available the possibility of inserting the land boundary into the bathymetric map and in this way to check the accuracy of the interpolation concerning the coastline.

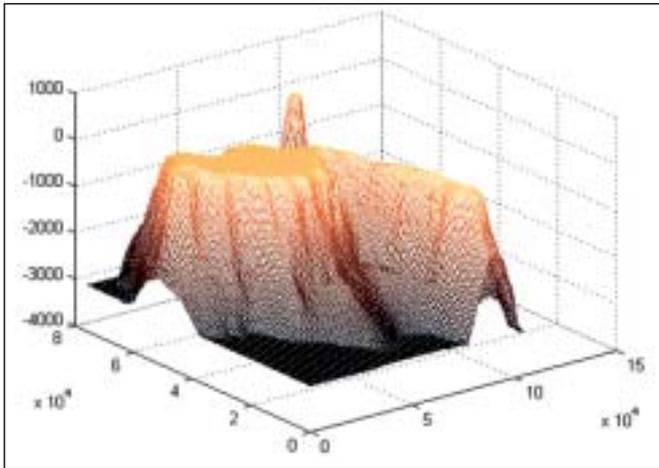


Fig. 1 – Bathymetric grid (Madeira Island)

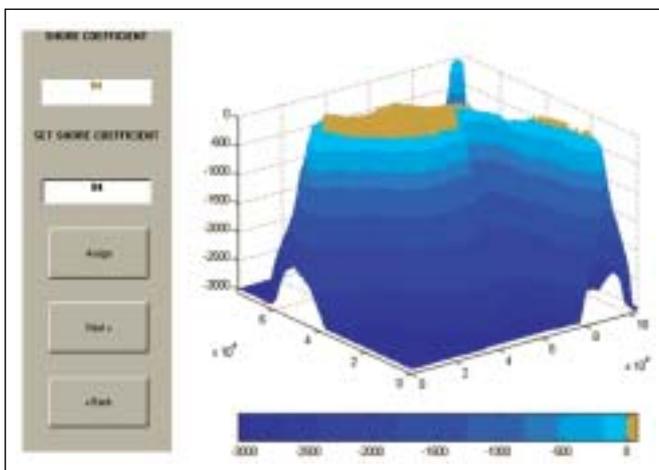


Fig. 2 – Map generation (Madeira Island)

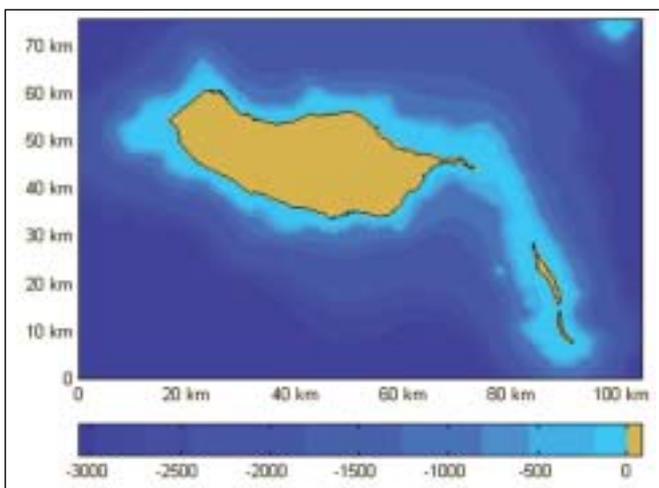


Fig. 3 – The bathymetric map (Madeira Island)

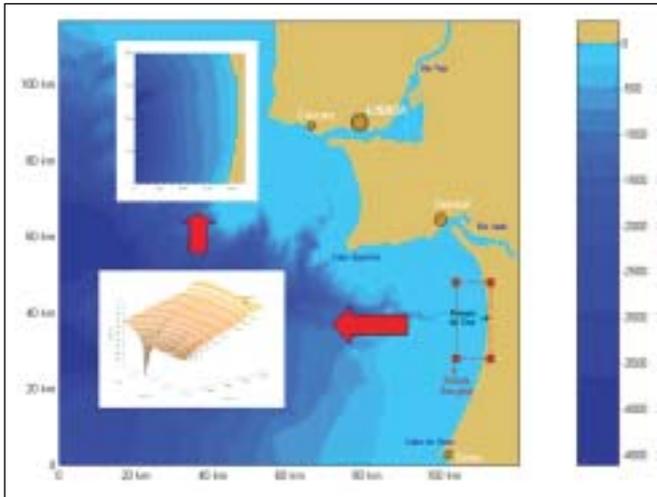
After generating the bathymetric map of a larger scale site, the high-resolution area can be selected by using the reshape command. The inputs for this command are the co-ordinates of the new origin, the number of meshes and their lengths in each direction

and the angle of rotation (which is the angle between the initial x axis and the corresponding x axis of the reshaped grid measured counter clockwise). Once introducing this data the new site will be marked as a red rectangle located into the initial field. Obviously, since the resulting bathymetry is obtained by interpolation, the area where is going to be generated the reshaped grid has to be completely enclosed into the initial area. After the location and the characteristics of the new area were defined, the succession followed will be exactly the same as before, first generating the spatial grid and then, via a new shore coefficient, representing the new bathymetric map. Moreover, in this final stage can be designed also an isomap, that is a map where the colormap is set by a number of pre-defined isolines (and not automatically as in the bathymetric map). Figure 4 shows this succession of operations when generating the high-resolution area for the case of Pinheiro da Cruz Beach, south of Lisbon. The isolines defined are from 10 to 100 meters with a step (in terms of depth) of 10 meters. The reason for designing an isomap was that some time this seems to be more appropriate in the post-processing phase than the bathymetric map. It was also introduced, as a final step in this phase of pre-processing, the option of saving the configuration. By this command the bathymetric grid is sent, already processed in the adequate format, to the model while the map is saved for the post-processing phase.

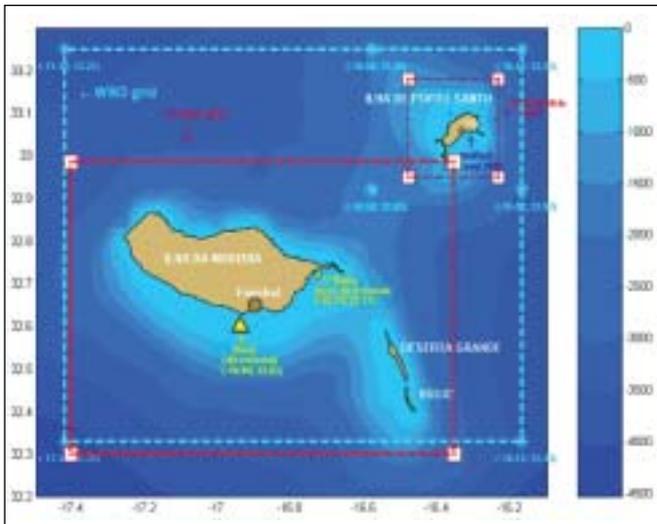
## 2.2 Regional matrix analysis

During the process of implementation of any wave model the operation of generating the input grids (bathymetric, wind current, tide, etc) should be generally done in parallel with an analysis from a larger scale perspective of all the factors that might be important and should be accounted for in the modelling. From this reason was developed the sub module for regional matrix analysis which could be used together with the module for processing the bathymetry previously described.

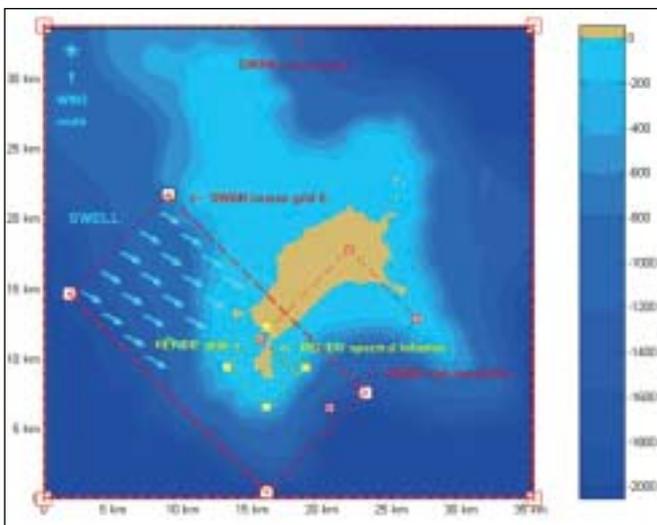
Figure 5 shows such a regional analysis for the case of the NATO exercise 'Unified Odyssey 2002' which was held in January-February 2002. This application was located in the archipelago of Madeira especially focussed in the southern part of the Porto Santo Island. The Hydrographic Institute of the Portuguese Navy (IH) assured the environmental support for this exercise providing previsions concerning the general characteristics of the wave conditions in the area. The forecast products were based on simulations with the SWAN spectral wave model. The initial forcing conditions, concerning the nowcast and a three-day forecast with 12 hours time resolution were provided by the 'Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center' (FNMOOC). Thus the wave parameters came from the



**Fig. 4** – Reshaping an area: selection of the area, generation of the bathymetric grid and designing the isomap (Lisbon Nearshore – Pinheiro da Cruz Beach)



**Fig. 5** – Regional matrix analysis (Madeira Archipelago)



**Fig. 6** – Defining a computational strategy – pure refraction and diffraction accounting schemes (Porto Santo Island in the Madeira Archipelago)

WW3 simulations while for the wind we considered the NOGAPS field data. The resolution of the WW3 simulations was of  $0.92^\circ$  in the north direction and  $1.25^\circ$  towards west. However, in the area of the Porto Santo Island this resolution was increased to  $0.33^\circ$  towards north and respectively  $0.42^\circ$  in the west direction. In this region IH has two buoys both located in the south of the Madeira Island. This led to the idea of performing in parallel two simulations, one in the Porto Santo area for the exercise and another in the area of Madeira Island in order to check operationally the results with the data provided by the buoys. The locations of the WW3 nodes as well as the buoys emplacement and the two SWAN coarse grids are presented in the figure 5. The two areas considered are similar even that in the vicinity of the Porto Santo Island the bathymetric gradients are stronger inducing less convergence and definitively requesting more computer time. This especially when activating the triad wave-wave interactions and the exponential growth of wind. The strategy used in the physical parameterization of the simulations was to balance between computational efficiency and numerical accuracy. For this reason was developed a pure refraction scheme consisting in two SWAN simulations (the coarse and the high-resolution runs). The physics is slightly different in this two SWAN runs following in some sense the process of wave generation described by the mechanism of Miles-Phillips. Thus the coarse runs of the model were made in the third-generation mode considering only the linear growth of wind. The more efficient growing mechanism proposed by Miles operates on waves already present and involves an interactive coupling between wind and waves. For this reason in the second run was supposed the third-generation mode considering the exponential growth of wind. The quadruplet wave-wave interactions as well as the dissipations due to whitecapping and depth-induced wave breaking were activated in both the runs while the triad wave-wave interactions, which are more computer time consuming, were usually accounted only in the high-resolution area. In the figure 6 are presented the domains used in Porto Santo and the swell pattern for the period analyzed.

For this case of Porto Santo, where the diffraction effect might be significant, it was developed also an alternative scheme by using some results from REF/DIF simulations. However the problem of nesting REF/DIF with SWAN is not yet completely solved. That is mainly because the REF/DIF model, Kirby and Dalrymple (1994), was thought even from the very beginning as a final nearshore stage of the modeling effort for regions where refraction effects and bathymetric interactions are strong and occurring over short distances. Consequently the model requests an extremely high resolution. The solution that was adopted in order to overpass this problem and to account for the propagation of the

diffraction effect on larger scales was to interpose a REF/DIF simulation between two SWAN runs. In SWAN the nesting procedure means to generate the boundary conditions on the high-resolution area by a previous run on a larger area called the coarse one. This means that the first run provides the 2D spectrum in all the points of the computational grid located on the boundary. The main idea concerning the suggested treatment is to replace in the area affected by diffraction the spectrum given by the SWAN coarse run with a spectrum generated by a REF/DIF simulation. By this infusion of spectrum it is performed actually a SWAN run which is nested both in SWAN and in REF/DIF, passing in this way the REF/DIF scale limitations and accounting for the diffraction contribution in larger areas (figure 6). Of course the diffraction accounting scheme cannot be operational from computational point of view but it might be useful for case studies and even when will be available the new expected SWAN version diffraction accounting these kind of schemes might be useful for making comparisons.

### 3. Wave model simulations

The simulations can be performed outside, or optionally inside, the MATLAB environment. The initiation of a SWAN run can be made directly from the TW command panel. However it is not yet available in the interface an input control window (as in Delft 3D) and the parameterization of the wave model simulation should be still made in the traditionally way by modifying the swan-command file.

After running the model its output is transferred into MATLAB. This operation can be also controlled from the command panel. The succession is: setting of the water level value, or alternatively loading the water level file, loading the energy spectra (which assume a greater amount of data) and finally assigning a name for the data file (usually containing the name of the site and the date). As a rule any numerical model provides the outputs requested by the user from the ones that are available. In SWAN this outputs can be divided in three categories: scalars, vectors (usually 2D) and spectral variables (which are described each one by a matrix defined in the frequency-direction space). The general idea is that there were requested from the model only the grid data, all the other locations being processed in real time by the interface. Besides the grid point co-ordinates and the corresponding depth, the main scalar parameters requested were: the significant wave height ( $H_s$ ), the wave period ( $TM01$ ), the wave direction ( $Dir$ ), the wavelength ( $Wl$ ), the wave steepness ( $Ste$ ), the energy dissipation per unit time ( $Diss$ ), the normalized frequency width of the spectrum ( $Fspr$ ), the directional width of the spectrum ( $Dspr$ ) and the bottom velocity ( $Ubot$ ). The

vectors evaluated were the wave forces ( $Fw$ ), the energy transport vector ( $Tr$ ), the wind ( $Vw$ ) and the current ( $Vc$ ) velocities (the last two vectors are the result of interpolation from the input grid). By joining the significant wave height to the wave direction can be also generated the wave vector field. Once being established the frequencies of the spectrum, the 1D spectrum in a point is a vector that gives the variance densities ( $m^2/Hz$ ) for the corresponding frequencies. This spectrum was computed along lines parallel with the y-axis of the computational grid (or alternatively the x-axis), i.e. quasi parallel to the shoreline. A matrix having the number of rows equal with the number of frequencies and the number of columns equal with the number of directions gives the 2D spectrum in a point. The elements of this matrix will be the corresponding values of the variance density ( $m^2/Hz\Delta rad$ ). The 2D spectrum was computed only in points and from these points it was built a line normal to the shore. MATLAB associates to each variable in its workspace a matrix and if the grid variables are already delivered by SWAN in a matrix form, the spectral files describing the 1D or 2D spectrum were reconverted into matrices by special subroutines. All the bathymetric data are loaded directly from the pre-processing module where was defined the computational grid for the model simulation. Other global variables characterising the computational grid and which should be defined before the data transfer are: the length of the grid in frequency space, the length of the grid in directional space, the number of meshes in frequency space and the number of meshes in directional space.

### 4. Horizontal analysis and post processing facilities

Once the site being selected the next option is to open the case that is going to be analysed. After loading the case data, it is displayed the command window for the selected site. The actions are controlled by UI-commands. Generally, the functions of these commands are to start or control the simulations. However, there are also some other options as opening html info files, changing the case, or the site, and developing cumulative or parallel analysis. The simulations are generated by quasi-independent sub-modules, which allow a sequential analysis. As a rule the sub-modules were activated by UI-menu commands while the simulations inside each sub-module were performed using the UI-control commands.

#### 4.1 Coarse-resolution simulations

The representations of the vectors over the bathymetric map are available for the coarse simulations.

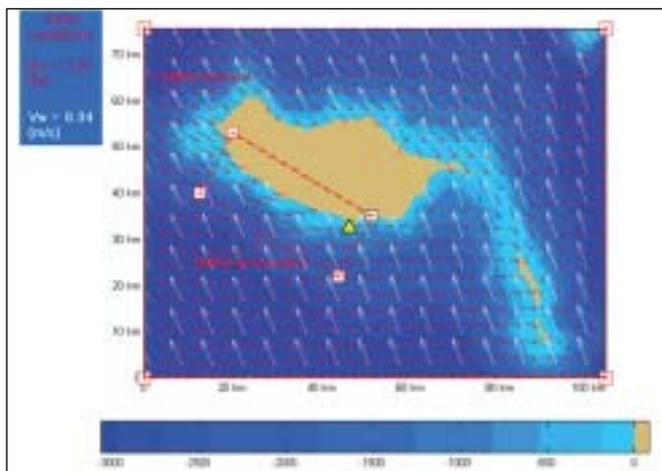


Fig. 7 – Wave (red arrows) – wind (white arrows) conditions in the coarse area (Madeira Island, 2002-January-29, 12 h)

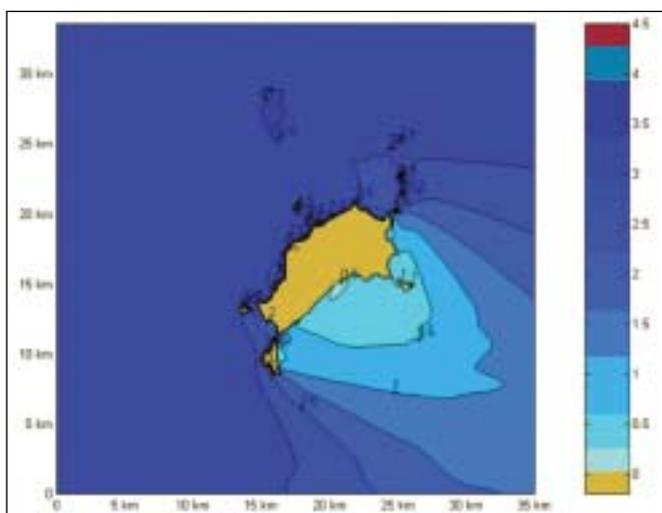


Fig. 8 – Estimation of the surf-zone conditions – South of Porto Santo: 2002-January-30 – 12.00

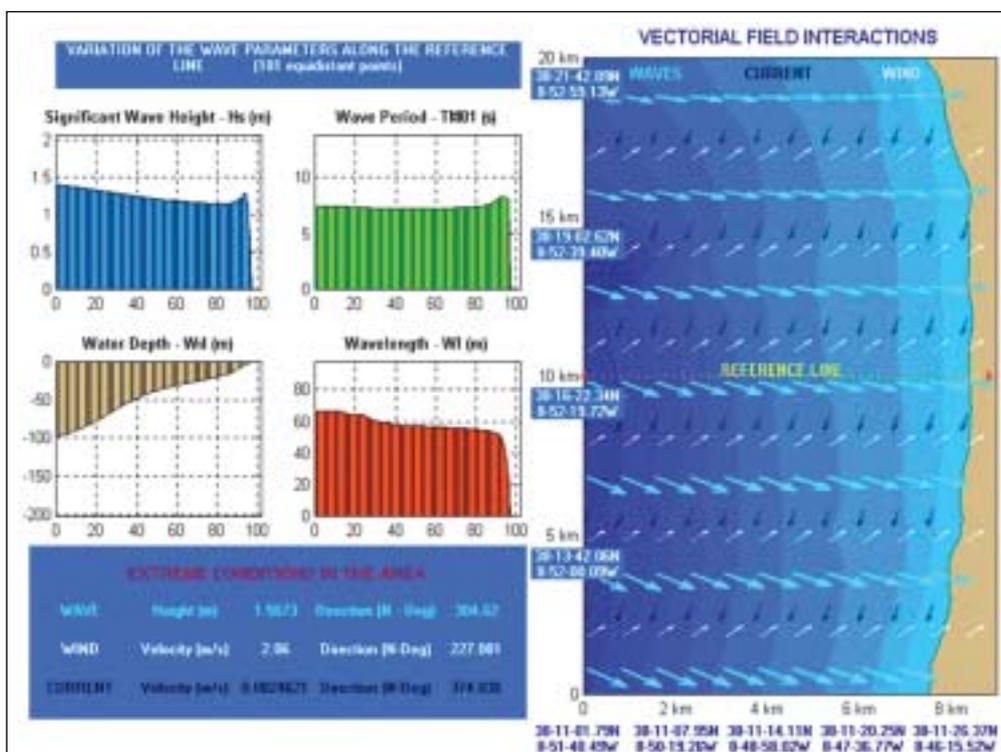
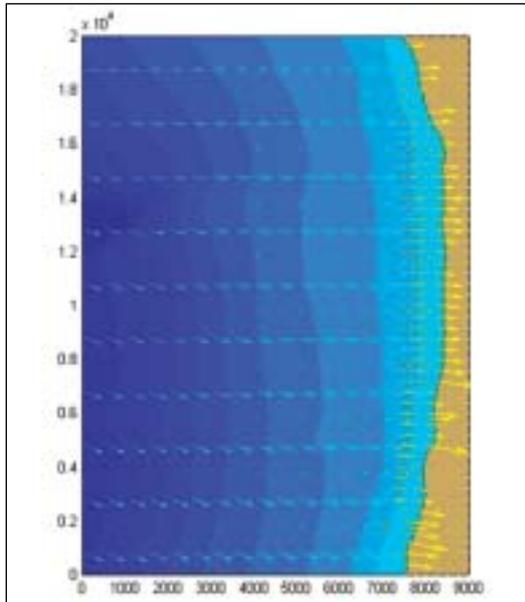


Fig. 9 – The general wave conditions in a high-resolution simulation (Pinheiro da Cruz Beach, 2002-April-05, 22h)

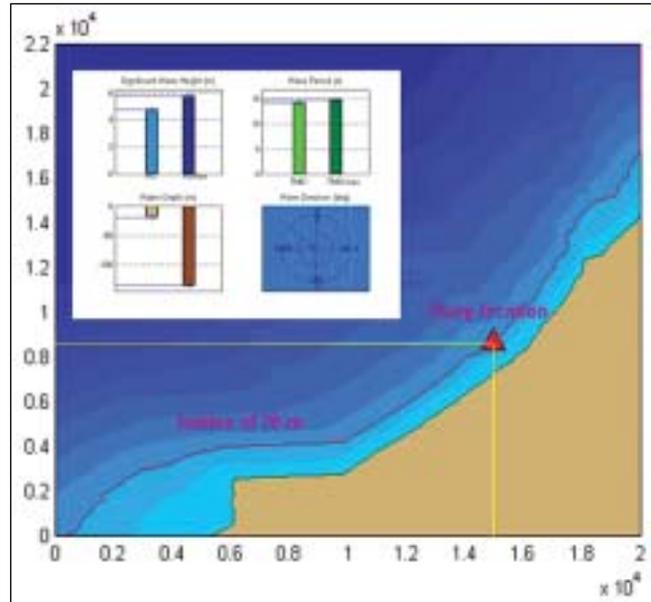
Thus in figure 7 can be seen the wave-wind conditions near Madeira Island for a case from January 2002 as well as the locations of the high-resolution area and the directional buoy. The scalar fields are represented in this stage by contour plots, as shown in figure 8 for making the analysis of the significant wave height in the vicinity of Porto Santo Island for the same time reference as before. Can be also selected any point or line in the area and the interface provides the corresponding wave data. Finally, are available the 1 and 2 D offshore spectra.

### 4.2 High-resolution simulations

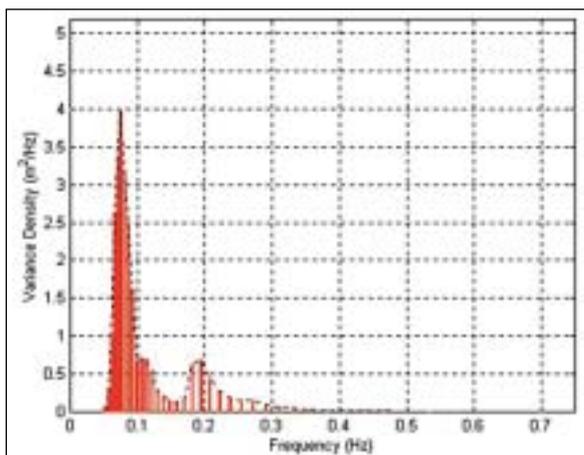
In the case of the high-resolution simulations the interface provides first, in one window, the general wave characteristics for the sequence analyzed. Thus, in figure 9 are shown in a synthetic way the wave conditions for a simulation made in the beginning of April 2002, in the area Pinheiro da Cruz, south of Lisbon. In the right side plot are represented the wave, wind and current vectors as well as the location of a reference line that can be chosen freely. In the left side are presented the variations along this reference line of the main wave parameters, significant wave height and period and the field distributions of these two parameters. Alternatively, can be visualised also the energy transport vectors and the wave forces (figure 10). Finally, the maximum values of the wave height as well as the wind and the current velocities are given in the left side of the window in figure 9. After the general view concerning the wave conditions in a selected area a local data assessment can be also performed. Thus, using the map of the area it can be selected any location (point, line or isoline) and see the corresponding wave data. In the figure 11 is presented such a local analysis in the Óbidos bay, north of Lisbon, in a point where is located a buoy (close to the isoline of 20 meters). Both the corresponding wave data and the maximum values of the wave parameters in the area are provided. Actually, are available in this phase all the wave parameters computed by SWAN either scalars, vectors and spectra. In the figures 12 and 13 are presented the 1 and respectively 2D spectra, for the same case of April as before, in the area Pinheiro da Cruz.



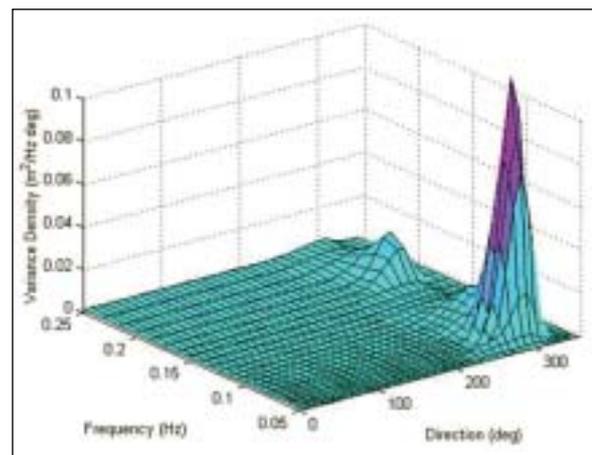
**Fig. 10** – Vector interactions energy transport (blue)  
– wave forces (yellow) (Pinheiro da Cruz Beach,  
2002-April-05, 22h)



**Fig. 11** – Local data assessment  
(Óbidos Bay, 2002-March-18, 15h)



**Fig. 12** – 1 D frequency spectrum  
(Pinheiro da Cruz Beach, 2002-April-05, 22h)



**Fig. 13** – 2 D frequency spectrum  
(Pinheiro da Cruz Beach, 2002-April-05, 22h)

For estimating the process of wave breaking SWAN uses the spectral version of Eldeberky and Battjes (1996), expanded to include directions. There were tested three methods for the identification of the breaking line. The first takes into account the variation towards the shore of the significant wave height and the fact that a local maximum in this variation marks the initiation of the breaking process. In terms of energy dissipation the breaking process is associated with a significant increase while the third method takes into account the breaking ratio, which is the ratio between the significant wave height and the depth of the breakers. Finally, was adopted the last method taking into account that all the SWAN simulations were performed using the standard default conditions, that is a constant breaking ratio (0.73). The window providing the breaking characteristics is presented in the figure 14. Once

the breaking line being identified can be evaluated the wave data along its points. In the left side of the figure 14 are represented some characteristics of the breaking as the variation in relationship with the shore of the distance where is initiated the wave breaking, the distributions of the significant wave height and the depth along the breaking line. The number of wave fronts in the surf was estimated from the relationship:

$$Nf(j) \sum_{i=1} C(j) T_S(j) \approx S_W(j) \quad (1)$$

where:  $j$  – is the index of the point number on the breaking line;  $Nf(j)$  – is the number of fronts;  $C(j)$  – is the celerity,  $T_S(j)$  – is the wave period in the surf and  $S_W(j)$  – is the surf wideness.

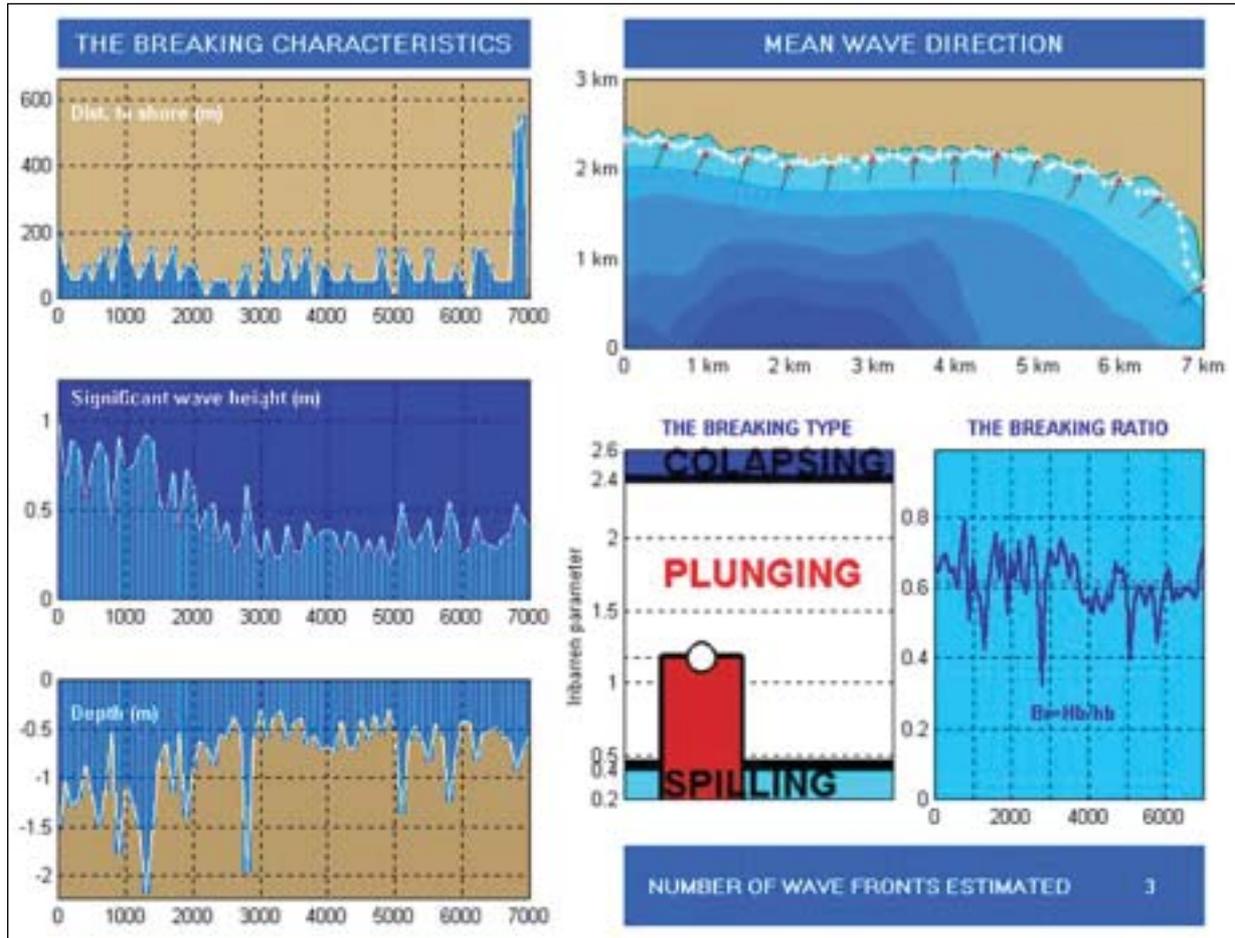


Fig. 14 – Surf zone conditions (Porto Santo Island, 2002-January-29, 12h)

The breaker-type prediction used the deep-water form of the Iribarren number  $\xi_{\infty}$ , which combines the beach slope  $S$  with the wave steepness.

$$\xi_{\infty} = \frac{S}{(H_b/L_{\infty})^{1/2}} \quad (2)$$

In reference to this parameter the breaker-type classification is the following, Komar (1998):

$$\begin{aligned} \xi_{\infty} \leq 0.4 & - \text{spilling}; \\ 0.4 < \xi_{\infty} \leq 2.4 & - \text{plunging}; \\ 2.4 < \xi_{\infty} \leq 3.1 & - \text{collapsing}; \\ \xi_{\infty} > 3.1 & - \text{surgling}. \end{aligned} \quad (3)$$

The wave-induced currents in the nearshore were not specifically estimated. However, we computed the wave forces in the surf and their long shore components might be an indication regarding the possibility of the occurrence for these currents.

## 5. Time series analysis

The last module developed concerns the analysis of the time histories for the most important wave parameters provided by the model. Some comparisons between several parameterisations of the wave model and the corresponding data coming from the existent ‘in situ’ devices are also possible in this part. Thus in figure 15 is made a comparison in the nearshore of Madeira Island. We compared the significant wave height, the peak period and the peak direction, from the buoy located in Funchal and the results of the SWAN model in the coarse and high-resolution simulations (a), and respectively for parametric and spectral simulations in the high-resolution area (b).

Another example for using this module is given in the figures 16 and 17 where are illustrated some results from the Óbidos experiment. In this place, located between Lisbon and Porto, three different devices for measuring waves (an AANDERAA WTR-9 Pressure Sensor, a DATAWELL Directional Wave Buoy, and a RDI Workhorse 600 KHz ADCP), collocated in the vicinity of the isoline of 20 meters, provide the wave conditions.

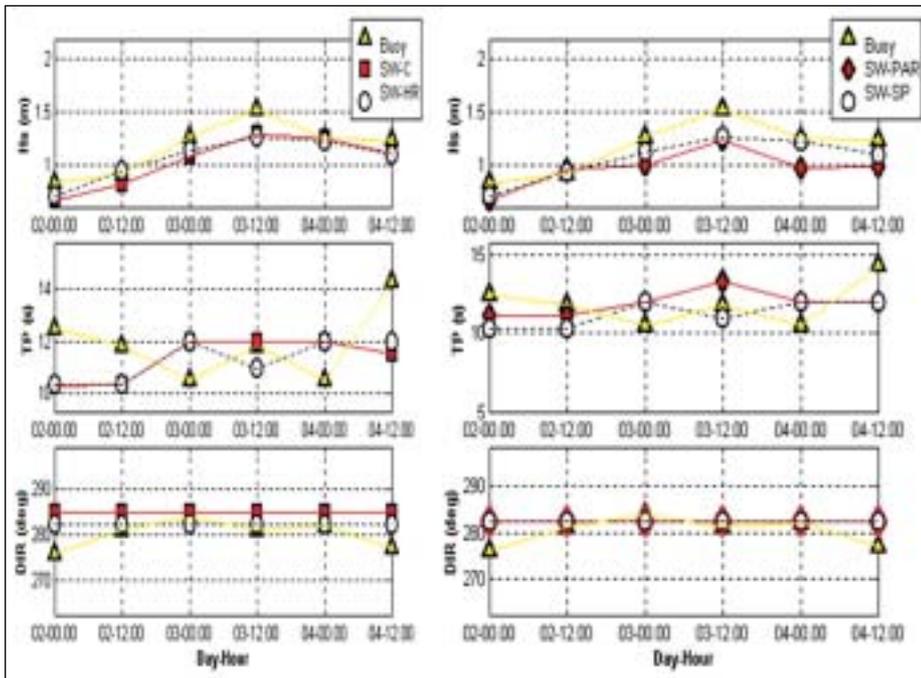


Fig. 15 – Time series comparison – different SWAN parameterisations versus buoy measurements  
a) SWAN coarse and high-resolution simulations; b) SWAN parametric and spectral simulations  
(Madeira Island, 2002-February, 02.00h-04.12h)

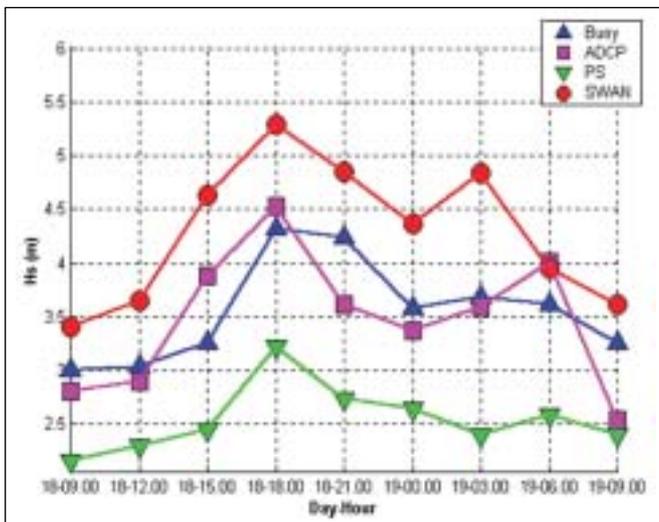


Fig. 16 – Time series comparison – different measurements versus SWAN simulation  
(Óbidos Bay, 2002-March-18.09h-19.09h)

The main reason was to compare with the SWAN output the measured wave data coming from the 3 different instruments emphasizing on the most energetic conditions. The figure 16 presents an overview comparison in terms of  $H_s$  between SWAN output and data recorded for the peak registered between 18 March 09 hours and 19 March 09 hours. In the figure 17a is presented for the same period a comparison between SWAN and the ADCP in terms of significant wave heights, peak period and peak direction while in the figure 17b are represented the corresponding relative errors.

Finally, it was also developed a sub-module for dynamic simulations concerning both the scalar and vector distributions of the wave parameters in order to suggest the time evolution of the wave field.

## 6. Availability and further development

The interface 'TOTAL WAVE' was presented using the MATLAB environment in various meetings for different sites and stages of its development. First at the scale of the Iberian peninsula Rusu *et al.* 2001, Rusu *et al.* 2002a and later in two important international meetings, the 6<sup>th</sup> International

Conference EUROCOAST, Rusu *et al.* 2002b and the 7<sup>th</sup> International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, Rusu *et al.* 2002c. In Soares *et al.* 2002 was illustrated the utility of this tool not only in nowcast and short term forecast but also in the case of a medium term hindcast as well as in comparing the model results with those provided by different 'in situ' devices.

Taking into account the real interest from the possible users concerning the availability of such a tool the Matlab interface as well as a simpler C executable version are going to be released in the near future on the Internet site of the IH (<http://www.ih.marinha.pt/hidrografico/>). This first version (TW 1.0) would be a simplified one, containing only the modules for visualization and processing the bathymetry, data transfer and horizontal analysis.

As regards its development, there are some specific directions for improving in the future the performances of this tool. The first would concern the module interacting with the wave model simulations by developing a part for controlling the input, which would be a friendly interface between the user and the wave model. A further development of the same module would be the implementation of some others coastal wave models (as HISWA and STWAVE) and adapting the interface for interpretation and post processing of the remotely sensed data concerning the wave fields. Another direction that is going to be improved is the analysis of the surf-zone conditions by replacing the estimations based on the linear theory with a non linear surf model able to provide also information about possible patterns

concerning the long shore and rip currents (as the model SHORE-CIRC is). Finally, it will be also extended the module for the time series analysis by including a sub-module for wave statistics and enhancing the performances of the dynamic simulations.

## 7. Acknowledgements

Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center is gratefully acknowledged for making available the data from the ocean scale models.

The work presented is a contribution for two projects developed in IH. These are PAMMELA2 (Nearshore Wave Forecasting Spectral Models and Data Assimilation) supported by grant PDCTM/P/MAR/15242/1999 from the Portuguese Foundation for Science and Technology and «Implementação de Modelos Oceanográficos com Assimilação de Dados – MOCASSIM», financed by Programa de Apoio aos Laboratórios do Estado do Ministério da Ciência e Tecnologia and Programa Operacional Ciência, Tecnologia, Inovação do Quadro Comunitário de Apoio III.

## 8. References

- ELDEBERKY, Y. and J. A. BATTJES, 1996: Spectral Modeling of Wave Breaking: Application to Boussinesq Equations. *Journal of Geophysical Research*, 101, C1, pp. 1253-1264.
- HOLTHUIJSEN, L.H., BOOIJ, N., RIS, R.C., HAAGSMA, I.J.G., KIEFTENBURG, A.T.M.M. and E.E. KRIEZI, 2001: User Manual for SWAN Version 40.11. *Delft University of Technology*, Delft, The Netherlands, 124 p.
- KIRBY, J. T. and R. A. DALRYMPLE, 1994: Combined Refraction/Diffraction Model – REF/DIF version 2.5, Documentation and User's Manual. *Centre for Applied Coastal Research*, University of Delaware, Newark, DE 19716 CACR Report No. 94-22, 171 p.
- KOMAR, P.D., 1998: Beach Processes and Sedimentation. *Library of Congress Cataloguing-in-Publication Data*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 545 p.

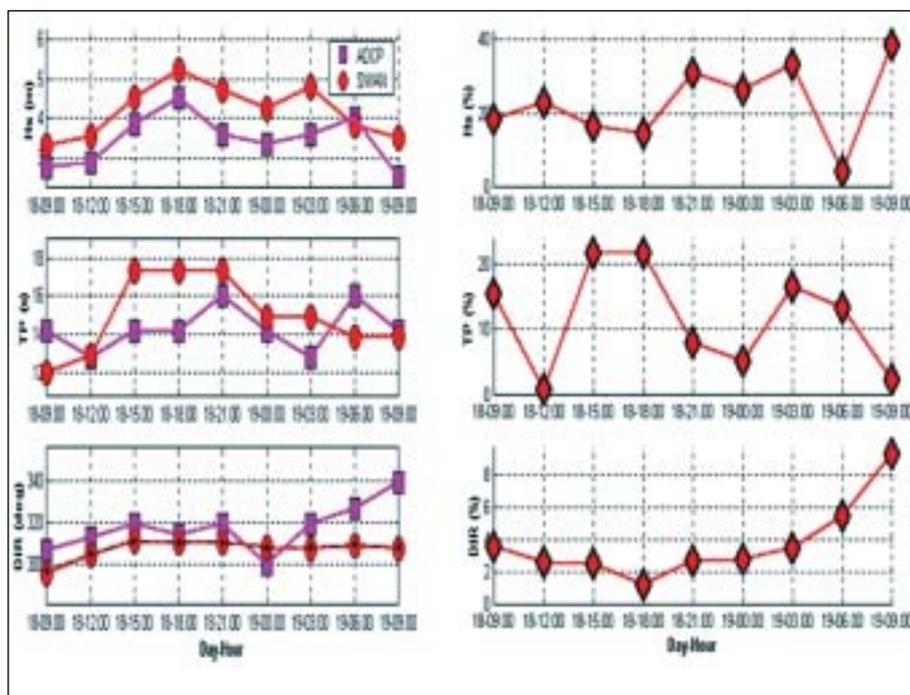


Fig. 17 – Comparison ADCP measurement – SWAN simulation a) absolute values; b) relative errors (Óbidos Bay, 2002-March-18.09h-19.09h)

- KOMEN, G.J., CAVALERI, L., DONELAN, M., HASSELMANN, K., HASSELMANN, S. and P.A.E.M. JANSSEN, 1994: Dynamics and Modeling of Ocean Waves. *Cambridge University Press*, 532p.
- RUSU, E., SOARES, C.V. and E.F. COELHO, 2001: Aplicação em Ambiente MATLAB para Estimar as Características de Agitação Marítima em Águas Pouco Profundas. Seminary 'Hydroinformática em Portugal' Lisbon, 15-16 November, CD edition.
- RUSU, E., SOARES C. V. and J. P. PINTO, 2002a: An Interactive Computational Environment to Evaluate the Nearshore Wave Propagation. *3.ª Assembleia Luso Espanhola de Geodesia e Geofísica*, Valencia, Spain, 4-8 February, pp. 344-347.
- RUSU, E., SOARES, C.V., PIRES SILVA, A.A., PINTO, J. P. and O. MAKARYNSKY, 2002b: Near Real Time Assessment of the Wave Propagation in the Coastal Environment of Portugal. *The 6th International Conference EUROCOAST, Littoral 2002*, Porto, Portugal 22-26 September, Vol. II, pp. 175-184.
- RUSU, E., PINTO, J. P., SILVA, R. and SOARES, C.V., 2002c: A Method to Predict Wave Conditions in Island Environment. *The 7th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting*, Banff, Alberta, Canada 21-25 October, pp. 215-226.
- SOARES, C.V., RUSU, E., SANTOS, L.Q., PIRES SILVA, A.A. and O. MAKARYNSKY, 2002: Coastal Wave Modeling Validation Using New Field Techniques. *The 7th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting*, Banff, Alberta, Canada 21-25 October, pp. 361-372.

# Challenges and opportunities for hydrography in the new century

David Monahan, CANADIAN HYDROGRAPHIC SERVICE

Horst Hecht, FEDERAL MARITIME AND HYDROGRAPHIC AGENCY (BSH), GERMANY

Dave Wells, OCEAN MAPPING GROUP – DEPARTMENT OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING – UNIVERSITY OF NEW BRUNSWICK

Maureen R. Kenny, CAPTAIN, NOAA CENTER FOR OPERATIONAL OCEANOGRAPHIC PRODUCTS AND SERVICES – NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION

Aldino Campos, PRIMEIRO-TENENTE, INSTITUTO HIDROGRÁFICO

**Resumo** Passada a expectativa da chegada do «novo milénio», chegou a altura de analisar o papel da hidrografia face às mudanças ocorridas ao nível das tecnologias de recolha de dados. Na esfera marítima, tem-se verificado um crescimento acentuado do leque de actividades marítimas, sendo estas efectuadas num domínio espacial mais alargado, em maiores profundidades e em condições de estado do mar mais adversas. Outras mudanças prendem-se com o aparecimento de novas tecnologias, a ratificação da Convenção da Lei do Mar das Nações Unidas e o aumento das actividades de protecção ambiental com o estabelecimento de áreas de protecção marítima. As tendências globais que envolvem a hidrografia incluem uma revolução digital. Esta, não só alterou o conceito de produto final, permitindo uma maior extracção de informação a partir dos dados brutos, bem como suscitou algumas questões relevantes referentes à posse e legalidade dos dados.

Face ao exposto, a forma como a hidrografia é conduzida deverá ser re-definida. Embora no passado a hidrografia tenha sido da exclusiva responsabilidade dos Institutos Hidrográficos, mais recentemente, outras entidades, tais como autoridades portuárias, companhias de prospecção de gás e petróleo, empresas de dragagens, entre outras, começam também a assumir essa responsabilidade.

Este artigo descreve as tendências correntes e estabelece uma nova definição de «hidrografia». Com base nesta definição, são abordadas formas segundo as quais diferentes componentes da hidrografia podem ser estabelecidas. Salienta-se o enorme benefício social que resulta do estabelecimento de um repositório central de dados que permitirá a diversos utilizadores o acesso a informação hidrográfica.

**Abstract** *Now that we are past the media-generated hype of the arrival of a «new millennium», it is important to take stock of where the field of hydrography stands in relation to the real changes that are occurring in our world. Within the marine sphere we see: an ever-growing range of ocean activities carried out over wider areas, in greater depths and through extended weather windows; technologies, both mature and new, that enable and push existing as well as newly created enterprises in the marine field; the ratification of the United Nations Convention on Law of the Sea (UNCLOS), leading to most Coastal States introducing coastal or oceanic management schemes and preparing to claim a juridical Continental Shelf; and increased environmental protection activities and the establishment of Marine Protected Areas. Global trends that encompass hydrography include: the digital revolution, which not only changes the products and information that can be extracted from raw data, but also raises questions of ownership and liability; and the changing views of the interplay of roles between Government, private industry and the universities as to how the public are provided the informational products they need.*

*Against this backdrop, how hydrography is carried out will be re-defined. Already it can be seen that what was once the exclusive domain of Hydrographic Offices (HO) is becoming increasingly populated by other government agencies with marine responsibilities, port authorities, resource companies like oil and gas companies, resource entrepreneurs like fishers, marine communications companies like cable owners, marine surveying service companies like dredgers, surveyors, coastal land management companies, and scientists in government and academia who are involved in better understanding the oceans. What hydrography encompasses will expand, driven primarily by the new capabilities that technology offers to users of the oceans. In addition to meeting the needs of navigation in a digital manner, the marine information requirements of the expanding marine world of the new century will have to be met.*

*This paper elaborates the trends currently visible and develops a new definition of «hydrography». Based on this definition, it discusses ways in which the different components within hydrography can situate themselves. It points out the enormous social benefit to all users of hydrographic information of having one central national clearinghouse for all such data. This concept of course, also imposes a new requirement on HOs (as that clearing house) to be more receptive of data collected by others, and provide more open access to data holdings for all potential users.*

## Introduction

The history of exploration and mapping of the land's surface of the Americas during the last few centuries contains some valuable lessons for hydrographic agencies at the beginning of the new millennium. Both indigenous peoples and foreign explorers mapped transportation routes, and these maps were used to guide the transport of those who travelled over the land. As settlement of new areas followed, other types of maps were required, beginning with simple descriptive maps to assign land to individuals, to lay out farms and ranches, to plan the routes for railways... To support economic development, other physical themes were added, beginning with geology, soils, woodlands...over time the number of themes, type of map, and scale of investigation grew, until today there are maps covering a plethora of subjects from dam sites to drainage basins, from acid rain areas to zoographic zones. Types of maps increased in number to meet the broadened demand, some from existing map suppliers who broadened their product line, others from new suppliers.

Development at sea has been slower than on land, but recent developments show that the gap is being narrowed. Centuries of hydrography were dedicated to mapping transportation routes, and a great deal of hydrographic energy still goes into that activity. However, just as on land, as human activities in the oceans grow in number and variety, there are new requirements for maps of themes other than traditional transportation and, at present, not all these requirements are being met. Those who need the new maps are sometimes able to obtain them, sometimes must accept something less than they need, and are sometimes so ignored by established mapping agencies that they are forced to produce their own. While there are many reasons why this situation exists, and while there are sporadic efforts to meet the needs which may lead to more producers being drawn into the map-making fold, there is an opportunity which we believe Hydrographic Offices (HOs) should assertively grasp. Nature abhors a vacuum, and the demands for marine maps of many types will be met, regardless of who the provider is. Some HOs are already grasping this opportunity to lead this new thrust, while others still remain within the specialised field of transportation mapping.

Of course, the entire world of mapping is vastly different than it was during the period when land mapping expanded from transportation to other themes. Technological developments like the introduction of GPS mean that positioning is available to all. The geographic information system (GIS) arena is rapidly evolving from a field requiring specific training into a general type of software that professionals in fields rang-

ing from aquaculture to coastal zone management are able to use easily. The Internet as a major driving force is just coming into its own. Organisationally, too, there is evolution as the mix between private and public sectors strives towards a new balance.

## Expanded range of ocean activities

All hydrographers know that water covers over two-thirds of the Earth's entire surface. What is occasionally overlooked is that within the one-third remaining, the bulk of the human population is concentrated in the coastal zones (the UN predicts that by 2020, 60% of the world's population will live within 60 km of a shoreline). This factor has long forced a strong interaction between coastal populations and the sea. Maritime transportation and fishing were the earliest and most relevant manifestations of this interaction, demanding supporting tools to sustain them. Out of that demand, hydrography was born.

But the field of hydrography must adjust to the changing world. Although hydrography has played and will continue to play a vital role in maritime shipping safety and efficiency, there are many more activities to which it already makes significant contributions. Today's sea usage has expanded from what it used to be in the past, and the many new sea activities demand different supporting tools. Among the new activities, we can mention: Ports and harbour management, cables and pipelines, tourism and recreation, oil and gas exploration, marine minerals, commercial fishery, aquaculture and fish ranching, maritime services, oceans equipment and technology, sovereignty and security, UNCLOS and the geography of the oceans, bilateral boundaries, oceans governance, defence, enforcement, environmental impacts and protection, coastal zone management, and managing the inter-tidal zone and marine protected areas.

Just as the needs of navigators for spatial information were met by charts, the new ocean users need a spatial infrastructure for their activities, and hydrography can provide it. HOs can now aspire to provide national leadership in designing a clearinghouse for hydrographic information, while other groups involved in hydrography can participate as partners with the HOs, while retaining ownership of their own data.

## Enabling technologies

Hydrographic technology has changed dramatically over the past several decades, and will continue to change and evolve in the future. Before specifically looking at the evolution of hydrographic technologies in the next section, it is worthwhile considering the evolution

of two underlying enabling technologies that have fuelled all these changes, as well as the broader emergence of «information technology» in many other fields. These two enabling technologies are microelectronics and communications bandwidth.

Since their invention in the 1960's, the characteristics of microelectronic devices have evolved exponentially, best described by «doubling times.» Trends over the past 35 years are: processing speed has doubled every 48 months, device costs have halved every 36 months, and data storage device costs have halved every 18 months. Equivalently, each decade devices become five times faster, and cost 7% of their original cost, while the cost of data storage drops to 1% of its original cost.

These trends have fuelled the development of products, applications, and derivative technologies (see examples in the next section). Breakthroughs in microelectronic physics continue, so there is, as of yet, no indication that fundamental limitations will end these trends any time soon. Microelectronics technology is mature, but developments have not slowed.

A second enabling technology which is not yet as mature as microelectronics is communications technology, which has over the past decade or so been evolving in three mainly independent directions: faster speed, global interconnections, and mobile terminals, each with rapidly decreasing costs.

**Faster speed:** The time required for transferring a 1-Gigabyte file using various protocols and methods has evolved as follows:

Using	
28.8 kbaud modem . . . . .	75 hours
Digital Subscriber Line . . . . .	30 Minutes
T3 Line . . . . .	3 Minutes
10 Base T Ethernet . . . . .	13 Minutes
100 Base T Ethernet . . . . .	80 Seconds
1000 Base T Ethernet . . . . .	8 Seconds

**Global interconnections:** The demand created by the explosive growth in Internet use resulted in the laying of over 600,000 km of fibre-optic cables crossing the world's oceans between 1985 and 1990. Until the recent (2001) crash in communications technology stocks, based on the realisation that this capacity had temporarily outstripped demand, there were plans to lay another 600,000 km of transoceanic fibre over the next five years.

**Mobile:** Mobile communications requires a wireless (radio) infrastructure. So far the main emphasis in the development of wireless infrastructure has been on local line-of-sight cell technology. Much of the world now uses local mobile communications, which is mainly useful on land or near coastlines. The future trend is to broaden the range to global (ocean-wide) communica-

tions using satellite-based infrastructure. Inmarsat has been available for some time, but so far with costs and data rates that are not compatible with explosive growth. The challenge here is not purely technological, but to devise a business model with low enough costs to encourage widespread initial customer acceptance, which then funds expansion, further lowering of costs, and broader acceptance.

The fusion of all three of these trends into fast, global, mobile communications is an eventual (perhaps inevitable) goal, which when reached, will have at least as significant an impact on information technologies as microelectronics. Fast, global, mobile communications will realise real-time access to information from anywhere, anytime, by anyone. Some of the geomatics (spatial information) possibilities of this infrastructure are being developed by NASA and its partners in the Digital Earth initiative (see [www.digitalearth.gov](http://www.digitalearth.gov)).

While this goal will take some time to realize (perhaps less than a decade, perhaps longer), it is wise for HOs to consider technological investments today which will be enhanced, rather than outmoded, by faster, global, mobile communications, in whatever combination.

## Hydrography at a crossroads: preparing for the new millennium

The scope of ocean mapping has evolved dramatically in the last 20 years. Four revolutions in ocean mapping technologies have permitted new ocean mapping applications.

### *Positioning*

Since 1994, most positioning at sea has been done using the Global Positioning System (GPS), which routinely supplies inexpensive, globally-referenced, consistent, accurate positions, easily accessible to the smallest pleasure boat and largest tanker. In many cases, GPS positional uncertainty is much smaller than uncertainties in existing ocean maps and nautical charts. Replacing paper nautical charts with ones having smaller uncertainties, compatible with GPS uncertainties, is a big challenge, one that some advocates of Electronic Charts argue is not worth undertaking.

### *Seabed information*

Several new approaches to mapping the seabed (multi-transducer boom-sweep systems; multibeam sonar systems; and airborne laser bathymetry) permit close to 100% coverage in mapping the seabed. For the

first time ocean mapping can produce complete pictures of seabed topography, providing products similar to the land maps based on aerial photography. Small features such as anchor and iceberg scours, and small and large sand and gravel wave fields can be mapped and analyzed. In addition, some of these new systems also map acoustic backscatter information, which is related to seabed material type (sand, silt, clay, pebbles, boulders, bedrock, carbonate, silica, etc.), and textural classification (characteristic roughness based on grain size and geologic and hydrodynamic processes at work on the seabed, e.g., bedforms, furrows). Ocean mapping now deals with what the seabed is made of, as well as where it is located.

### *Remote sensing information*

Satellite and airborne imaging technologies have revolutionised ocean mapping in several ways. Altimetry from satellites maps changes in and features of the ocean surface (averaged over a 1 km<sup>2</sup> footprint) as small as a few centimetres in height. Such information can be used to track changes in El Niño / La Niña as well as to reveal the existence of undersea topography, whose gravitational pull causes the sea surface to deflect. Information about the dynamic behavior of the ocean (such as tides and the slope across ocean currents) and about weather and climate (for example, atmospheric highs which depress the sea surface and prevailing winds which pile water up along a coastline) can also be extracted. Another remote sensing technology maps small variations in the temperature of the ocean surface. Since certain fish and their food chains thrive within narrow temperature ranges, these maps are excellent indicators of where these species are likely to be found. Gradual declassification of high-resolution remote sensing technologies once reserved for spy satellites permits mapping of coastlines and other features with ever-smaller footprints and finer detail. Currently features as small as 1 m can be mapped in some areas, allowing erosion to be monitored, and changes to be detected due to marine construction. As higher resolutions become more widespread, mapping and monitoring many other ocean environmental changes will become possible.

### *Digital products*

Over the past two decades, all of surveying, mapping, charting, and cartography have undergone a revolution and become an Information Technology whose basic products can be used in GIS. The collective name for these computer-assisted surveying and mapping activities has come to be known as «Geomatics.» One consequence is that ocean maps and hydrographic charts are evolving from «analogue» (paper chart) products to «digital» products, although the

complete transition will take some time. Many of these digital ocean-mapping products have proven useful to customers who have no intention of using them for navigational purposes. They meet the changing needs of scientists, managers, policy makers, and commercial enterprise. A marine GIS allows the addition or updating of new information as overlays on existing base layers, and the analysis of the content and impact of the information shown. This capability permits decision-making in ways never before possible, related to many aspects of coastal zone and marine resource management, such as aquaculture, port and harbour dredging and construction, waste dumping, erosion control, pollution track prediction, marine geology, ecology, best area use, transportation, and other domains. Technological advances now allow us to handle the massive data sets acquired using multibeam sonar systems, and to visualise and grid it.

After a decade of developing standards, in November 1995 the International Maritime Organization issued a performance standard for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS), a special form of GIS which, if this performance standard is met, qualifies an ECDIS as a «paper-chart replacement» system as of 1999. In parallel, many other GIS products, «unofficial» Electronic Chart Systems (ECS), have emerged which, while not qualifying as paper chart replacements, still provide broader and more convenient navigational assistance to users than do paper charts. These two developments have led hydrographers and other chart providers to divert much of their effort away from paper chart production to the development of «digital charts» in both ECS and ECDIS forms. It is forcing debate over a redefinition of the basic hydrographic charting product, which some now consider to be the digital database from which can be derived a paper chart, a digital chart, or a data layer for non-navigational purposes within a GIS.

The development of ship-based «electronic charts» may be thought of as the apex of hydrographic mapping. The incorporation of tidal information in such systems allows large ships to navigate more safely in shallow waters than if they just had a chart showing depth below datum. Extending capability to include real-time sea-level information makes it possible to include less predictable effects associated with winds and freshwater runoff. In a simple geographic area such as a narrow river where this kind of system may be made to work reliably, the enhanced safety and broader navigation windows offered by an ECDIS enhanced by real-time information are already perceived as of significant commercial benefit.

There is no doubt that further development of data-enhanced ECDIS systems will be beneficial to shipping and to the high-tech companies that develop and market these systems. ECDIS is an example for potential future developments.

## New Hydrography Paradigm; New Hydrography Definition

A modern way of looking at hydrography and hydrographic information (indeed at all of spatial information, perhaps all information of any kind) is that information exists only to facilitate «informed decision making.»

This view is based on an appreciation that «informed decision making» is among the highest-order human activities. Many human activities can be decomposed into a sequence of decisions. These decisions will result in greater success (achievement of the goals sought) to the degree that they are «informed» – that is based on appropriate information.

Let us consider some examples

Safe and efficient navigation is a sequence of decisions, most simply whether or not to change speed or direction at any point along the route. These decisions will be successful (will result in a safe and efficient passage) to the degree that they are «informed» (when all information which might affect safety and efficiency of the passage is available and understood by the navigator).

Geomorphological interpretation is a set of decisions about which particular processes or events are appropriately associated with particular observed features. This interpretation will be successful (will be scientifically defensible) to the degree that it is «informed» (when all information containing geomorphological evidence is available, and understood by the geomorphologist).

Fishing is a sequence of decisions, such as where and when to set and recover fishing gear, trawl speed and direction, etc. These decisions will be successful (will result in a hold full of fish in the shortest possible time) to the degree that they are «informed» (when all information about the habitat, school behavior, and location of fish is available and understood by the fisher).

Most decisions, including all the examples above, involve some element of uncertainty and risk. The goal of «informed» decision making is to reduce, to whatever degree is possible, this uncertainty and risk. The «quality» of a decision can be viewed as being inversely proportional to the uncertainty associated with that decision. Similarly the «quality» of information can be viewed as being inversely proportional to the uncertainty associated with that information.

These considerations lead to the following conclusions about hydrographic information:

The quality of decisions based on hydrographic information is directly proportional to the quality of

the information used, the completeness and the appropriateness of the information available, and the understanding of the information (and of its quality) by the decision-maker.

Managing the uncertainties associated with hydrographic measurements consists of the following steps:

- a) Establish the confidence region required for hydrographic measurements, so that decisions of a particular type (e.g. following a safe navigation route), when based on these measurements, are made with acceptable confidence.
- b) Design or select a measurement system (e.g. multibeam equipment, operating procedures, quality control methods) which will achieve this required confidence region.
- c) Assess the confidence region actually achieved, and compare this with the required confidence region.
- d) Present these uncertainties (or confidence regions) in an easily-understood way to those who will be making decisions based on hydrographic information.

Methods are available and in use by HOs to accomplish tasks a), b) and c). Work remains to develop all-important and appropriate representation methods, as specified in d).

Uncertainties associated with thematic interpretation using hydrographic data, such as interpreting bottom type, habitat, coastal zone regimes (an informed decision-making process in itself), are more difficult to manage and represent, due to their often inherent «fuzzy» nature.

This view of the role of hydrography, as the supplier of information for informed decision making, leads naturally to a new definition of hydrography itself (Hecht, 2001):

*«Hydrography is the total set of spatial data and information, and the applied science of its acquisition, maintaining and processing, necessary to describe the topographical, physical and dynamical nature of the hydrosphere and its borders to the solid earth, and the associated facilities and structures.»*

This definition consists of two parts: the *task* and the *purpose* of hydrography. While the task remains largely the traditional one – data acquisition – the purpose shifts emphasis from constructing hydrographic products to distributing hydrographic information, based on the enabling technologies governing the forthcoming developments described above: microelectronics and communication bandwidth. Digital information is not «inert» like physical products – once fed into

a network, it will spread almost automatically. Of even greater importance, digital information can be processed in many diverse ways, and tailored to specific needs, using the power of today's software. It is particularly this characteristic that opens an entirely new universe of services and applications – as the experience with the Internet already shows.

## HOW hydrographic offices CAN RE-STRUCTURE and adapt

To respond to the many challenges and changes that loom on the oceanic horizon, some modification is necessary to the way that «hydrographic business» is conducted. Traditionally, hydrographic data was collected for use in the creation of specific documents designed to fulfil the needs of surface navigation. The many other uses of the same data were generally disregarded. *The primary change in mind-set that will allow hydrographic offices to progress into a rich future will be to realise, accept, and embrace the fact that for the same effort, there are a host of other uses that can be met using the same basic data.*

We now examine some ways in which this change can manifest itself within the traditional hydrographic business model. For organisational simplicity, we have broken this into three main blocks, namely:

- Collecting data (raw material),
- Managing data (manufacturing process), and
- Distributing and updating the manufactured product.

### *Collecting Data:*

Internal Data Collection – The greatest expense when collecting data is the platform and the personnel aboard it. Increasing the volume and the diversity of gathered data beyond that required to build nautical charts will reduce the relative cost of all final products, even though there may be a small increase in the immediate survey cost. In this way, information to generate other types of products will be available to HOs. This type of synergetic gain can come from using instruments that either collect more than one type of data, or collect data that can be interpreted in more than one way [e.g., some multibeam systems collect depth data and backscatter intensity, depths can be portrayed for the safety of navigation (shoal-biased) or for the description of geomorphology]. Deciding which data are optimal to collect will require some investigation and experience. Another gain can come from platform time-sharing among several HOs, science institutions, educational organisations, and commercial companies, maximising use of the platform, equipped with all sort of sensors by a multivariate spectrum of users.

Outside Data Sources – In the past, some HOs have been reluctant to use data they did not collect themselves. It is time to re-think this policy, for two reasons. One is that with modern technology, and with the increased availability of trained personnel outside HOs, surveying is now being performed by various organisations at a level of quality that meets or exceeds hydrographic specifications. The second is that relevant data are being collected and made available from satellites. It is possible to down load sea-surface height from which to derive estimates of ocean depths, ocean temperature, sound speed profiles ... more. Although these may not be at the scale that the HO is aiming for, they are at a level of detail sufficient for many purposes, including planning hydrographic operations, and may be incorporated into HOs ocean data holdings.

### *Managing Data:*

Hydrographic offices obtain their raw material from their own expensive and sometimes arduous hydrographic surveys, from their tide gauge networks, and we hope from other agencies. In the past, hydrographic data was primarily used to manufacture one product, the navigational chart. In the future, this has to change, or others will be able and ready to supply new products to meet the rising and varied demands, and there will be only a narrow and circumscribed future for HOs.

The new mindset must embrace the idea that the data themselves are a valuable product, one which many users in the new range of marine and coastal monitoring activities described in early sections of this paper are anxious to obtain. HOs who embrace this idea can become THE source for marine information in their area of responsibility. Those who do not will find lost opportunities as potential clients will seek other sources to meet their needs, and HOs' role will be diminished. Of course, to meet the new needs the data must be organised and accessible. With the proper design and appropriate access policies, the hydrographic database can become the major marine data source in each country. And the database will not only serve outside clients, it will serve the HO as it makes navigational charts and a new line of products.

HOs already possess some fundamental elements of this database. Many HOs have large volumes of accumulated data, most of it unique and some of it going back over a century. It is possible to extract new information based on the analysis of these large amounts of legacy data by applying Data Warehousing (DW), Data Mining (DM) and Knowledge Database Discovery (KDD) concepts. Applying these can lead to the creation of a strong and viable hydrographic / ocean mapping / marine science database, which makes a valuable contribution to the future of marine science in its own right.

Outputs from the database will include traditional hydrographic products, data products customized for use at the request of new and different users, and new hydrographic products. Our paper navigational charts most likely will continue to be a part of the normal suite of products, even with the introduction of raster and electronic navigational charts. It may be that 20 years in the future recreational boaters may be the only ones using the paper chart. However, the distribution of the paper chart is already undergoing change; the «Print on Demand» (POD) concept has been introduced in some HOs. Mariners can order, in cooperation with the HO, charts through a chart agent, by telephone, or by electronic-mail and receive charts printed using POD technology that are corrected to the order date for all weekly updates from notice to mariner publications and new source applications. They are available by next-day delivery service or immediately from the chart agents' small up-to-date inventory. Up-to-date charts also could be offered that are tailored to the mariners' needs. They could be printed with trackline data supplied by the vessel and information could also be included in the margins on tides and currents, Coast Pilot text, port authority updates, and other information as available.

Hydrographic data and other nautical charting data can be served to meet the needs of the non-navigational community. Various data sets and products can be developed that could be of value in the coastal zone management arena for use in evaluating the impacts of growing coastal communities, storm surge mapping, pollution impact analysis, and appraising beach replenishment. Nautical charts contain information critical to navigational users (such as compass roses, aids to navigation, separation schemes) that can detract, hinder, or block applied information that the coastal community wishes to lay over the images using GIS. A digital, geo-referenced coastal map could be derived directly from the existing chart that contains only hydrographic depths and contours, topography, and shoreline base information. Associated vector shoreline could also be offered for GIS use along with the feature attributes in the electronic navigational charts, such as depth information over wrecks and obstructions, or bathymetry that can be spatially processed with environmental information for data analysis.

Acoustic seafloor backscatter intensity data are now being routinely acquired for many models of multibeam systems during surveying operations. Characterization of the seafloor is of great interest to many varied users in support of activities such as environmental monitoring, fisheries management, dredging operations, beach replenishment, and research. Mosaics or the backscatter data can be offered to users in conjunction with bottom sample data to ground truth the backscatter data.

As an example of how to create another new hydrographic product, consider a single «sounding ping». It

is possible to extract a number of types and amounts of information from a single ping. First, the leading edge of the ping produces a shoal-biased safe navigation depth while the mean of the returned signal produces a true surface or geomorphologic depth. Then, backscatter and derived information about the composition of the seabed can be extracted. Sometimes there is information about free-swimming fish. And finally, often there is information about the physical properties and movement of the seawater that the sound wave traversed. For surveys using today's technology, these types of information can be had at very little additional cost, since the major cost is incurred in the vessel. And they can be had for a fraction of the cost of mounting a separate survey to collect them. Unfortunately, they will not always be extractable from legacy data, since they require that the full acoustic waveform be recorded, and this was not often done in the past. Indeed, many older echosounders were designed to blank out the water column, preventing the full suite of data from being collected. This is just one example at the raw level where data are analysed at a small scale, and this multiplying effect will grow as more users exercise the database.

### *Distributing and Updating*

Another area where major improvements can be achieved, pushed by the key technological trend of using the Internet as a means of communication, is distribution and updating. The old idea of «if someone is going to the sea, he better get ready on land» will be no longer true (at least regarding marine information requirements). Technology will extend HOs' delivery capabilities to all potential users anywhere around the world. This will enable, for example, mariners to have a real-time route and re-route planning capability without having brought the necessary data in physical form with them as they boarded their vessels. With the appropriate digital data infrastructure, it will be possible to provide any kind of marine data to fulfil a particular need, customised to suite the user's requirements, while still providing traditional navigational users with products that meet agreed standards.

### *Appropriate Organisational Structure*

The organizational structure of the hydrographic «business» must include defining or redefining appropriate and productive roles of Government, industry, and academia. It also must address the internal organization of the HO, co-operation between HOs, and with the IHO. Organizational forces engendered by the digital revolution must be included as major contributing factors. Links to land mapping agencies will no doubt be expanded as the century progresses.

What will HOs have to organise themselves to do?

- a) Data collection – Both «pure» hydrographic data, i.e. water depths, tides and currents and some new types of data as well.
- b) Expertise – HOs must maintain expertise in hydrographic surveying techniques and procedures to ensure that acquired data meet requirements and standards, whether collected by the HO, other agencies, or contractors to the HO.
- c) Data assembly – In the analogue world, this consisted of bringing together all the other data used in making a chart. In the first wave of the digital world, this meant building databases to hold these data. In the next wave, it may mean building digital links (Spatial Fusion) to specialised databases wherever they are located. Data in this category varies from HO to HO, but includes items like shoreline, place names, aids, traffic separation schemes, legal boundaries, magnetic declination, topography, dredged areas and the many other items listed in Chart 1.
- d) Data Archiving – The data collected and the data assembled must be stored in some archive as spatial objects.
- e) Quality Assurance – This must occur at all stages. Recent developments in producing spatial objects (S57) must change the nature of QA and the organisation needed to support it.
- f) Production of products – A variety of products can be made from the spatial objects in the archive, ranging from navigational charts to administrative boundary maps to bottom type maps to ocean governance maps to...
- g) Production of data sets – Some users will need a data set on which they can perform their own analysis and produce their own products.
- h) Dissemination of products and data sets – Dissemination may be different for those products which are mandatory, e.g. navigation charts, and those that are not.
- i) Updating and dissemination of updates – Mandatory products will have some specified time to produce an update and convey it to users.
- j) Perform research and development to make the activities listed above more efficient.
- k) Educate and train personnel to perform the activities listed above.

HOs should encourage (perhaps lead) in the development of systems / approaches / collaborations which will exploit the continued advancement of microelectronics technology, and the coming arrival of fast, global, mobile communications technologies, so that the end user will be provided with better (e.g. real-time, diverse) information upon which to base «informed decision making.»

HOs have to organize themselves into hydrographic information service providers. This cannot happen unless HOs network themselves to exchange information across borders, and to facilitate user access. A model for such a networked cooperation, though limited yet to a particular application (ECDIS), has already been devised as «Virtual RENC» (Regional ENC Coordinating Center)<sup>1</sup>, successfully implemented in Europe. The U.S. has also addressed this issue by offering ENCs freely over the Internet to any interested user.

Any hydrographic network will sooner or later become part of the Internet. Thus, as soon as hydrographic information becomes part of public information for decision making (or derived commercial products), it will complement other publicly available spatial data and information. This will inevitably trigger forces to integrate hydrographic information into a comprehensive geospatial data exchange. This can clearly be seen from those already existing global initiatives like «Digital Earth» referred to earlier in this paper; these initiatives provide the necessary framework for making the integration happen. This «infrastructure» will have to provide more than just data access. Particularly, it will have to provide interfaces for a variety of processing software types, and thereby provide support for a variety of data formats.

At the end of the day, users will not care about the nature or source of the data, whether it is hydrographic, topographic, atmospheric or whatever. Like newspaper reports about all relevant issues of the world, the «portals» linking different data sets will ultimately have to feature all spatial data considered of some public benefit. The future will have to decide how far commercial interests will govern this. But given the fact that most of the spatial data collected is produced by government offices financed by taxes, one can guess that the public interest ultimately will dominate, as it is today in the U.S.

Thus, HOs will have a chance to contribute to a development that can be phrased as a vision: «accurate and up-to-date, high-resolution geographic information will be readily available for any place on the globe (sea, land) and for any purpose.»

## Conclusion

A Vision of what HOs Could Become: Digital and Virtual HOs

It is of course impossible to predict the future, but we suggest that the following will be some of the major elements of the hydrographic scene in the near future.

- Fewer traditional hydrographic «products,» but a much greater diversity of products based on hydrographic data, knowledge, and skills.

<sup>1</sup> IHO Document WEND/6/12A: Status report on virtual RENC development in the MBSHC area.

- National boundaries will have less importance, as far as data sources and services are concerned.
- HOs will survive or die based on the quality of data, and quality of data access that they provide, and partnerships fostered with other data providers.
- End users (the «informed decision makers») will assemble / integrate the various layers of information, from a variety of sources and independent data holdings, by themselves in real time, using Internet tools that are as simple and friendly as are browsers and email clients today.
- Hydrographic information will be managed / made available on hundreds of servers supported by those who «own» the data or value-added information / services based on data.
- Important roles for HOs remain: establish national and international standards for data quality, data quality assurance, and data access; maintain expertise in hydrographic surveying techniques and procedures; encourage / establish broad participation with other data suppliers in a common data warehouse framework; and establish new access channels between data holdings and end users.

In the past the paper chart, a product, represented the most efficient and effective access channel between hydrographic data and the end user. The new technologies described and predicted in this paper change this perception. It will soon be possible for individual end users (informed decision makers) to assemble and integrate the hydrographic (and other) information they need, at the time they need it, from data holdings warehoused on computer servers scattered throughout the world. Hydrographic Offices can continue to play a central role in this new access channel – defining it, shaping it, setting appropriate standards for it, and supplying critical data through it.

## References

- ABBASI, I. A., 1989. «Importance of hydrography in resource exploration». *The International Hydrographic Review*, January, Vol. LXVI, No. 1, pp. 135-144.
- ADHIKARY, K. K. J. H. J., «Spatial Data Mining: Progress and Challenges», School of Computing Science, Simon Fraser University, Burnaby, B.C., Canada – Available [Online]: <<http://db.cs.sfu.ca/GeoMiner/survey/html/survey.html>>.
- BOND, B. A., 1996. «Strategic considerations for international hydrography in the 21st century». *The International Hydrographic Review*, September, Vol. LXXII, No. 2, pp. 7-15.
- BURROWS, K. G., 1988. «Information management in the modern hydrographic office – A challenge for the 21st century». *The International Hydrographic Review*, January, Vol. LXV, No. 1, pp. 93-106.
- CANADIAN INSTITUTE OF GEOMATICS, 1999. «Geomatics technology roadmap». *The Hydrographic Journal*, no 93, pp. 13-23
- FAYYAD U., P. GREGORY, P. SMYTH, 1996. «From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases», *AI Magazine – American Association for Artificial Intelligence*, Fall 1996.
- GORZIGLIA, H., 1996. «Some considerations for the establishment of a national maritime policy and its relation with hydrographic services». *The International Hydrographic Review*, March, Vol. LXXIII, No. 1, pp. 141-154.
- HECHT, HORST, 2001. «The Digital Hydrographic Office – Challenges and Prospects of Hydrography in the Evolving Geographic Information Infrastructure». US Hydrographic Conference, CD-ROM.
- HECHT, HORST, 1999. «Hydrographic GIS Workshop on the Modern Management of a Hydrographic Service». 20-25 September 1999 at International Maritime Academy, Trieste, Italy.
- KENNY, MAUREEN, 1999. «The Print-on-Demand Concept in the United States. Workshop on the Modern Management of a Hydrographic Service», 22-24 September 1999 at International Maritime Academy, Trieste, Italy.
- KENNY, MAUREEN, 2000. «For Hydrographic Data, There's a World Beyond Charting». Canadian Hydrographic Conference 2000, 15-19 May 2000, CD-ROM.
- OSHIMA, SHOICHI CHIEF HYDROGRAPHER OF JAPAN, Maritime Safety Agency, Dr. «Insider's View» for Hydro International «Where are National Hydrographic Authorities Heading For?»
- Østensen, O., 1996. «Mapping the future of geomatics». *The International Hydrographic Review*, March, Vol. LXXIII, No. 1, pp. 105-114.

# Teores de metais em sedimentos – digestão total vs digestão parcial

Carla Palma, TÉCNICA SUPERIOR PRINCIPAL  
Manuela Valença, TÉCNICO ESPECIALISTA PRINCIPAL

**Resumo** A análise de metais em sedimentos para programas de monitorização ambiental é efectuada por uma digestão total com ácidos fortes incluindo o ácido fluorídrico, seguida de espectrofotometria de absorção atómica. No entanto alguns autores defendem que devia utilizar-se ácidos fracos na digestão em vez de ácidos fortes. Com o fim de se verificar quais as diferenças entre as duas digestões, com ácidos fortes, incluindo o ácido fluorídrico, ou com ácido nítrico, foram efectuados vários ensaios em amostras já estudadas no âmbito do programa da Garantia de Qualidade da Amostragem e Manuseamento das Amostras (QUASH), com diferentes distribuições granulométricas.

Os resultados obtidos indicam que de um modo geral não há diferenças significativas para os dois tipos de digestões, designadamente para as amostras cuja granulometria é menor.

Este trabalho foi objecto de uma comunicação oral, apresentada na reunião do Grupo de trabalho de Sedimentos Marinhos em Relação à Poluição (WGMS), do ICES realizada em San Sebastian, Espanha em Março de 2002.

**Abstract** *The determination of metals in sediments in environmental monitoring programs is done by total digestion followed by atomic absorption spectrometry. However, some authors defend that it should be used weak acids instead of strong acids. To display the differences of total digestion applying HF and partial digestion with nitric acid in relation to grain size distribution, samples originating from the QUASH program were analysed in both ways.*

*The results for most metals concentrations, especially in the more relevant fine fractions, were very similar.*

## Introdução

A análise de metais em sedimentos inclui a decomposição prévia da amostra que pode ser decomposição por via húmida, decomposição por combustão em sistema aberto ou fechado e decomposição por fusão. Mais recentemente adoptou-se o método de decomposição por via húmida em sistema fechado, efectuado em microondas a temperatura e pressão elevada (1).

Os reagentes utilizados na decomposição da amostra são ácidos. De acordo com o objectivo da análise, monitorização ambiental ou estudo geoquímico dos sedimentos, assim a decomposição deve ser efectuada com ácidos mais ou menos fortes designando-se respectivamente por digestão total ou parcial. A digestão parcial é efectuada com ácido nítrico ou água régia (mistura de ácido nítrico e ácido clorídrico no proporção de 1:3 respectivamente), enquanto que na digestão total tem-se além destes ácidos o ácido fluorídrico (2), (3).

A digestão total permite utilizar factores de normalização, que conduzem à distinção entre concentrações de metais que são próprias da constituição do próprio

sedimento e concentrações de metais devido a factores antropogénicos. Os parâmetros mais utilizados na normalização são o alumínio, o lítio, o carbono orgânico total e a distribuição granulométrica. Tanto o alumínio como o lítio são próprios da constituição do sedimento e por isso a necessidade de se efectuar uma digestão total quando se pretendem utilizar estes parâmetros.

Sempre que se efectua uma análise química deve haver um controle da qualidade dos resultados analíticos obtidos. Entre outros uma das possibilidades de se verificar essa mesma qualidade, é a utilização de materiais de referência certificados. Os materiais de referência disponíveis para a determinação de metais utilizam uma digestão total, pelo que não devem ser utilizados quando se efectuam digestões parciais. No entanto deverão ser preparados materiais de referência tendo em conta a digestão parcial.

O ácido fluorídrico (HF) usado na digestão total é um reagente corrosivo, tóxico e que pode originar interferências espectrais durante a análise instrumental, pelo que, sempre que é utilizado deve ser neutralizado antes de se efectuar a análise no equipamento de absorção atómica (3).

Relativamente aos programas de monitorização ambiental alguns autores defendem que não há necessidade de se efectuar uma digestão total, uma vez que interessa apenas ter o conhecimento dos metais que estão no sedimento devido a factores antropogénicos. Por outro lado, quando os sedimentos a analisar têm uma granulometria menor, os resultados obtidos não diferem significativamente, quer com a digestão total, quer com a parcial.

Nesse sentido e para se verificar quais as diferenças entre a digestão total com ácido fluorídrico e parcial apenas com ácido nítrico foram efectuados os dois tipos de digestões nas mesmas amostras, com diferentes distribuições granulométricas.

Foram efectuadas normalizações com os metais alumínio e lítio.

## Parte experimental

As amostras utilizadas para verificar quais as diferenças entre a digestão total e a digestão parcial, foram amostras que tinham sido anteriormente tratadas e analisadas no programa QUASH (Quality Assurance of Sampling and Sample Handling) no qual o Instituto Hidrográfico (IH) participou (4).

As amostras utilizadas, todas com distribuição granulométrica diferente, foram uma amostra fornecida pelo QUASH, uma amostra marinha colhida durante uma campanha do programa SEPLAT (5) (plataforma continental portuguesa, na zona do Canhão da Nazaré) e uma amostra estuarina colhida na estação 15 da ria de Aveiro do projecto POLAVEIRO (6).

A análise granulométrica foi efectuada através de um método misto de peneiração para as fracções silto-argilosa, seguindo-se a classificação granulométrica proposta por Shepard (7).

As amostras foram fraccionadas sempre que possível em amostra total (menor que 2mm); amostra entre 2 mm e 63 µm; amostra maior que 63 µm; amostra entre 20 e 63 µm e amostra menor que 20 µm, sendo posteriormente secas por liofilização.

Após a secagem, as amostras foram digeridas por digestão total e digestão parcial, em microondas com controle de temperatura, sendo todas as análises efectuadas em quintuplicado.

Na digestão total foram pesadas cerca de 0,5g de sedimento, ao qual se adicionou 2 ml de ácido fluorídrico (HF) e 6 ml de água régia (1:3 de HNO<sub>3</sub> e HCl). Após digerida a amostra foi transferida para tubos graduados de 50 ml que já continham 0,5 g de ácido bórico para neutralizar o excesso de ácido fluorídrico que pudesse não ter reagido. Adicionou-se água desionizada até perfazer os 50 ml.

Na digestão parcial foram pesadas cerca de 0,5g de sedimento e adicionados 5 ml de ácido nítrico a 65% e 5 ml de água desionizada. Após digerida, a amostra foi transferida para tubos graduados de 50 ml, adicionando-se em seguida água desionizada até perfazer os 50 ml.

Após a digestão procedeu-se à determinação dos metais alumínio (Al), cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb), crómio (Cr), ferro (Fe), mercúrio (Hg), lítio (Li), manganês (Mn), níquel (Ni), zinco (Zn) por espectrometria de absorção atómica com chama e do mercúrio (Hg) por espectrometria de vapor frio.

Neste trabalho apresentam-se os teores em alumínio, chumbo, cobre, cádmio, crómio, ferro, lítio, níquel, manganês, mercúrio e zinco na amostra total (fracção < 2 mm) e nas fracções > 63 µm; < 63 µm; entre 20 e 63 µm e < 20 µm; efectua-se correlações com os teores de alumínio e lítio.

## Resultados e discussão

Apresenta-se os resultados referentes aos metais pesados Al, Fe, Li, Cd, Ni, Mn, Cu, Cr, Hg, Pb e Zn nos 3 tipos de sedimentos e ainda nos vários fraccionamentos efectuados nas duas digestões (total e parcial).

Apresenta-se na Tabela 1 a classificação granulométrica obtida para as três amostras.

Amostra	% Areia (63µm a 2mm)	% Silte (8µm a 63µm)	% Argila (< 8µm)	Classificação
Estuarina	50	35	15	Areia Siltosa
Marinha	94	4	2	Areia
QUASH				Areia

Tabela 1 – Classificação granulométrica das amostras estudadas

Apresentam-se na Figura 1, 2 e 3 os gráficos de barras para os metais Al, Fe, Li, Cd, Ni, Mn, Cu, Cr, Hg, Pb e Zn, nas diferentes fracções analisadas e nos três tipos de amostras.

Os metais Cu, Zn, Hg e Pb apresentam resultados para a digestão total e parcial que não diferem significativamente. O Cr, Mn, Cd e Al apresentam por vezes teores mais elevados na digestão total, embora dentro da mesma ordem de grandeza. O Ni e Li apresentam teores mais elevados na digestão parcial.

Nas Figuras 4, e 5 apresentam-se os gráficos de metal em função do alumínio e nas Figuras 6 e 7 apresentam os gráficos de metal em função do lítio com as respectivas correlações, para se detectarem as diferenças entre a digestão total e parcial.

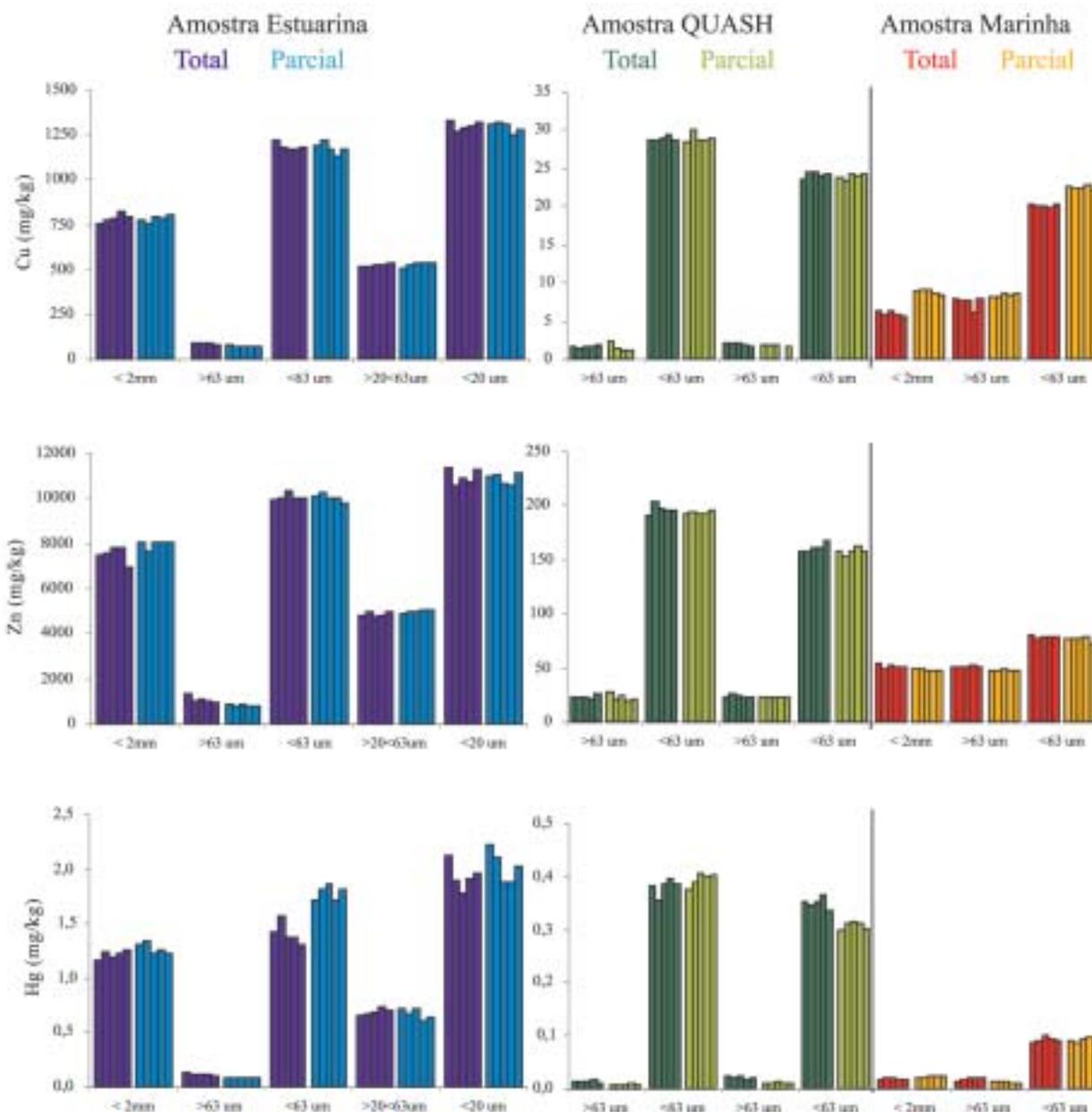


Fig. 1 – Comparação entre a digestão total dos três tipos de amostras (Estuarina, QUASH e Marinha) com fraccionamentos de <2mm (Total) > 63µm, <63µm, entre 20 e 63 µm e <20 µm para os metais Cu, Zn e Hg

Os resultados obtidos mostram que não é evidente que uma digestão total origine valores mais elevados do que uma digestão parcial. Por outro lado quanto menor a granulometria das fracções analisadas mais semelhantes são os resultados obtidos para os dois tipos de digestões. Por vezes obtêm-se resultados mais elevados no ataque parcial, indicando que o efeito de matriz pode suprimir o sinal nas amostras digeridas com ácido fluorídrico.

Por outro lado relações entre o metal e o alumínio ou o lítio indicam coeficientes de correlação mais elevados e ordenadas na origem mais próximas da origem para as amostras digeridas com ácido nítrico, comparadas com aquelas que foram digeridas com ácido fluorídrico. Estes resultados estão de acordo com os obtidos no programa QUASH, sendo no entanto mais conclusivos, uma vez que as digestões totais e parciais foram aplicadas à mesma amostra.

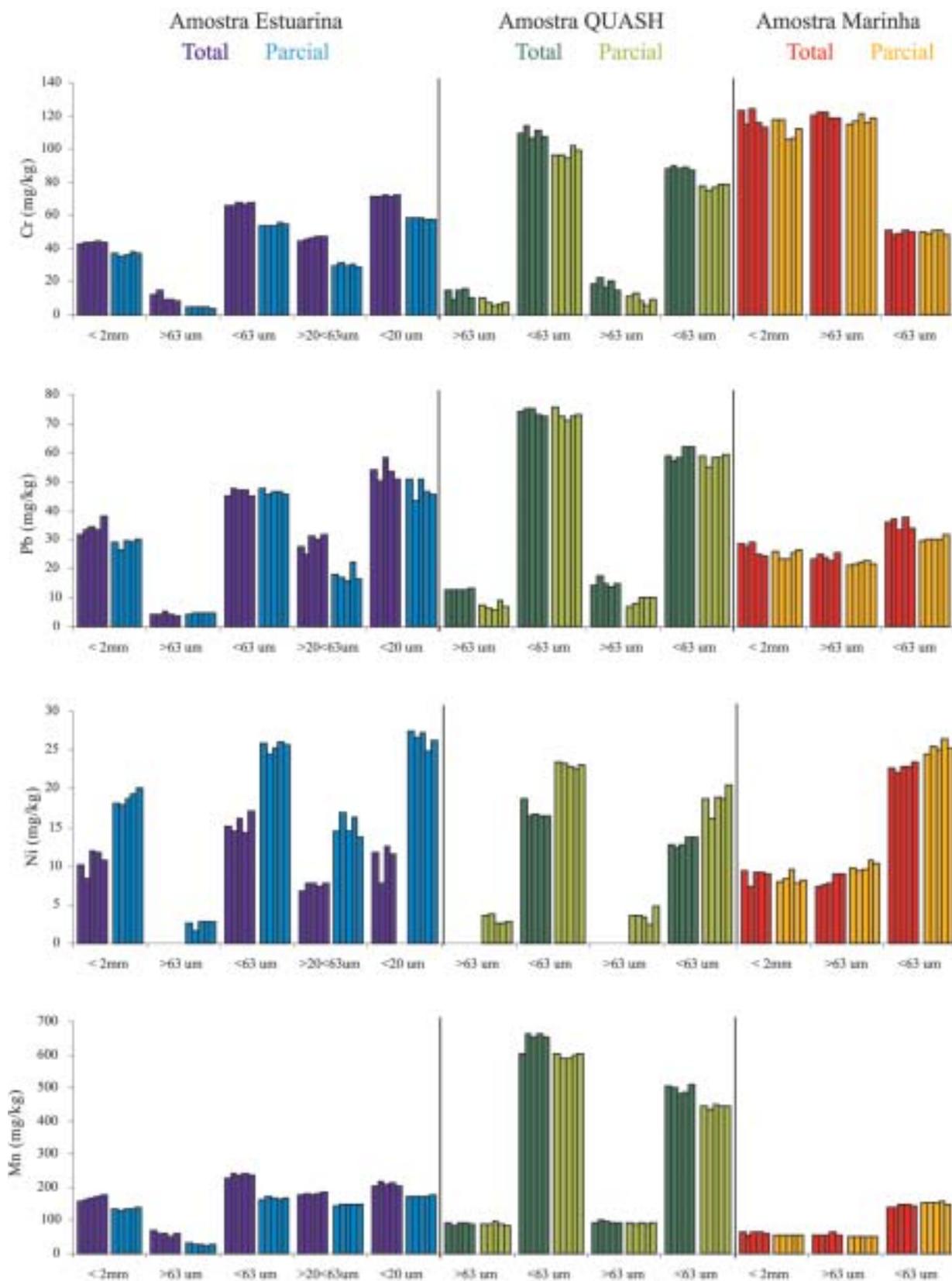


Fig. 2 – Comparação entre a digestão total dos três tipos de amostras (Estuarina, QUASH e Marinha) com fraccionamentos de <2mm (Total) > 63μm, <63μm, entre 20 e 63 μm e <20 μm para os metais Cr, Pb, Ni e Mn

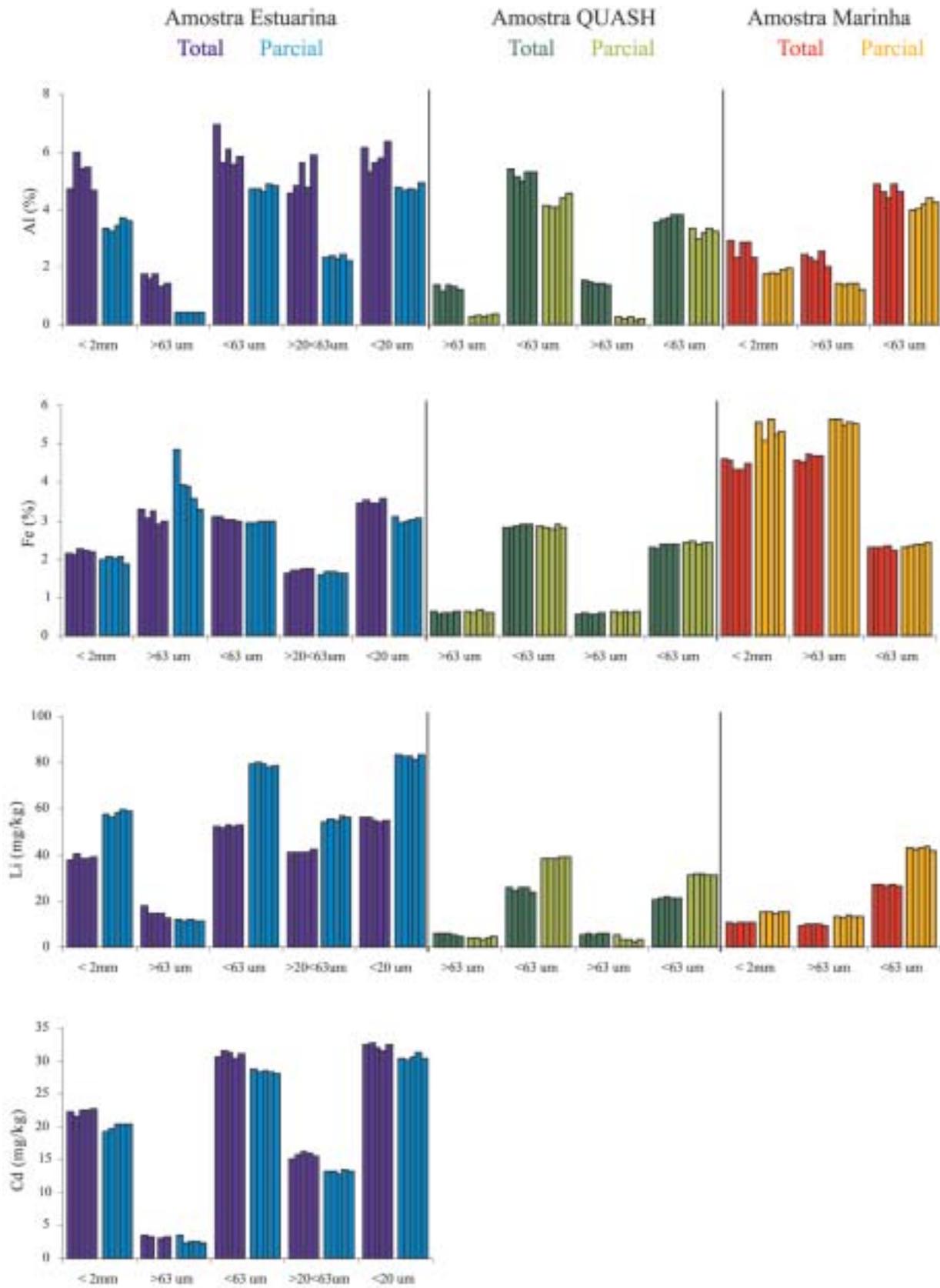


Fig. 3 – Comparação entre a digestão total dos três tipos de amostras (Estuarina, QUASH e Marinha) com fraccionamentos de <2mm (Total) > 63μm, <63μm, entre 20 e 63 μm e <20 μm para os metais Al, Fe, Li e Cd

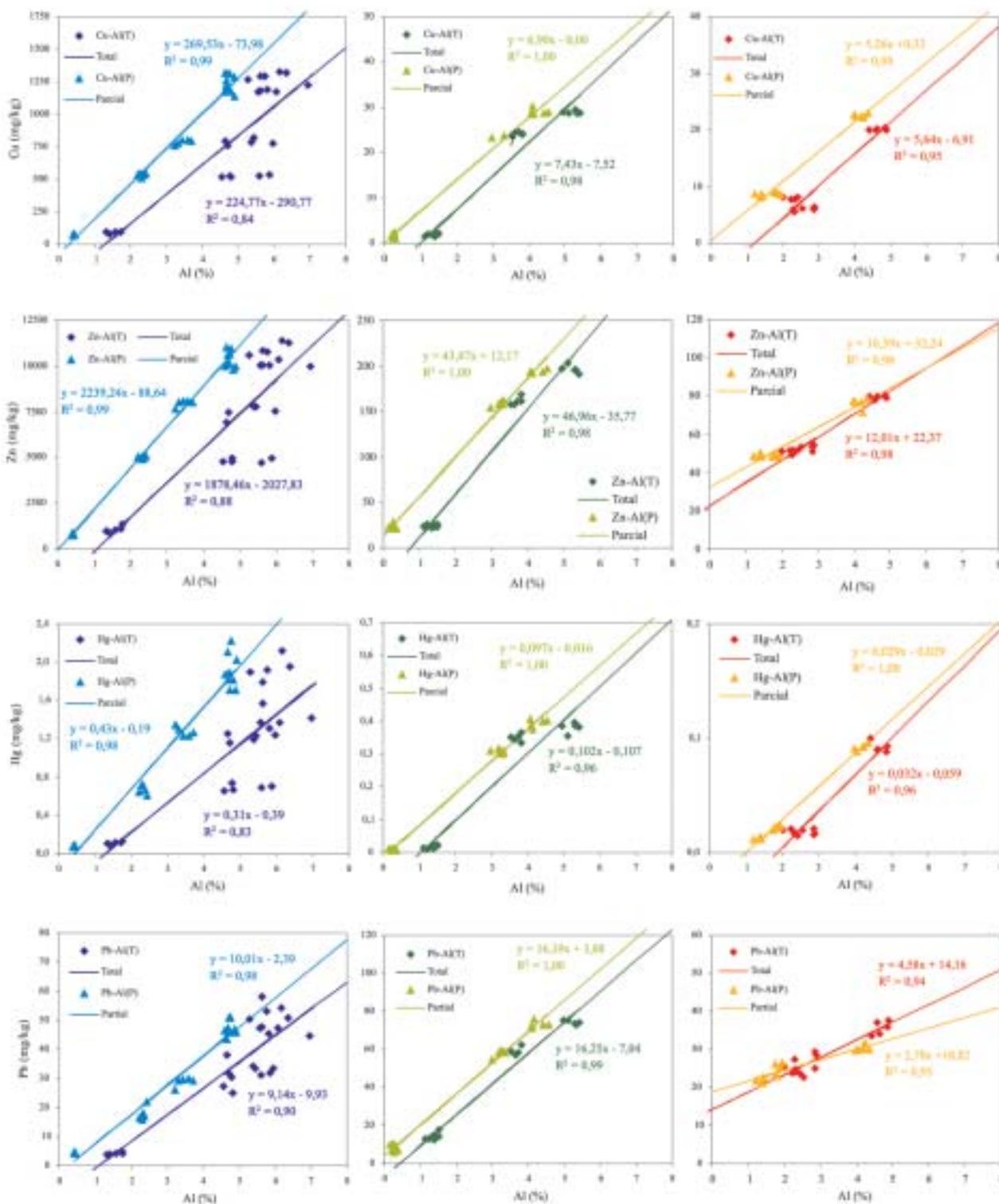


Fig. 4 – Concentração de Cu, Zn, Hg e Pb em função do alumínio

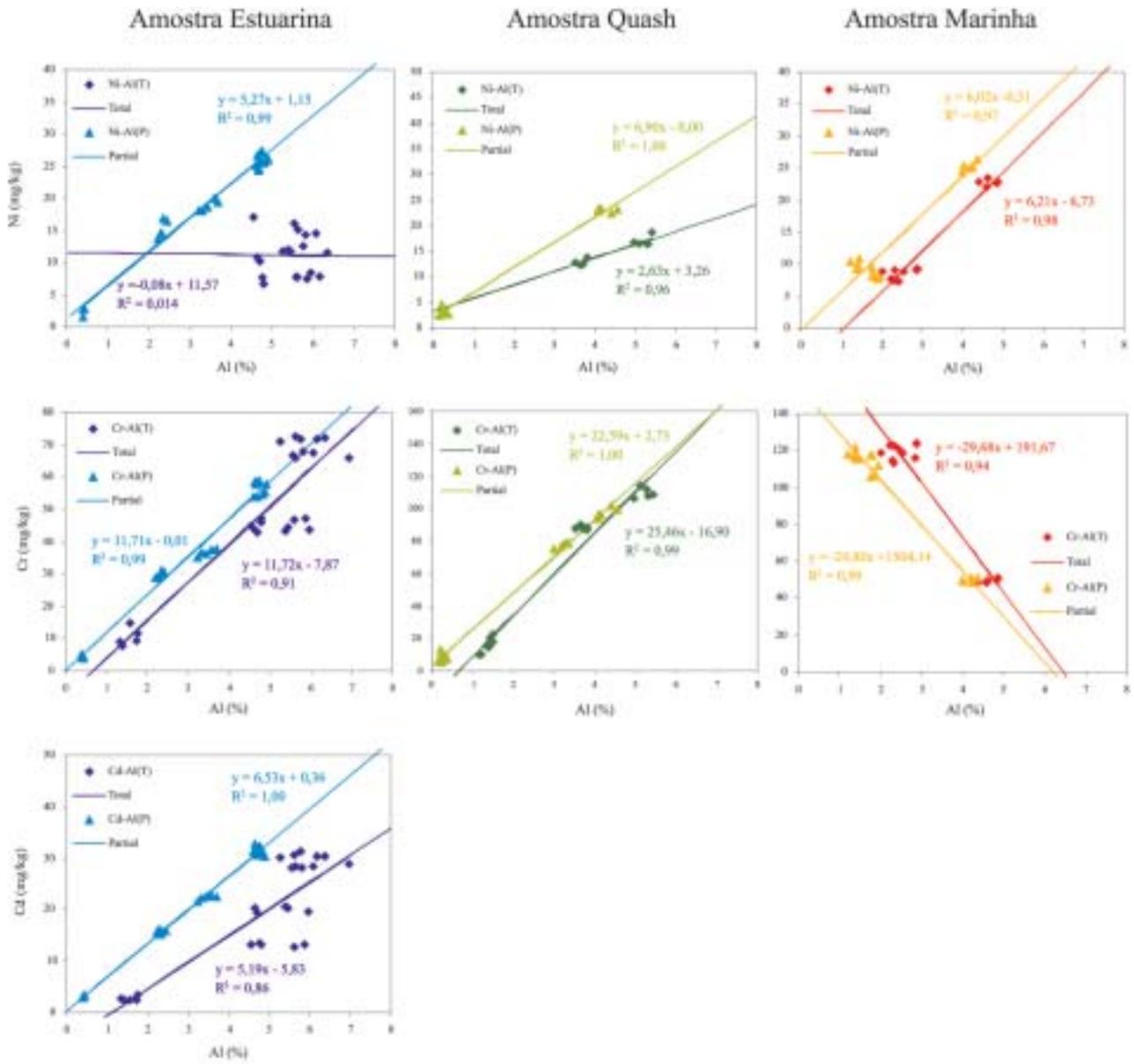


Fig. 5 – Concentração de Ni, Cr e Cd em função do alumínio

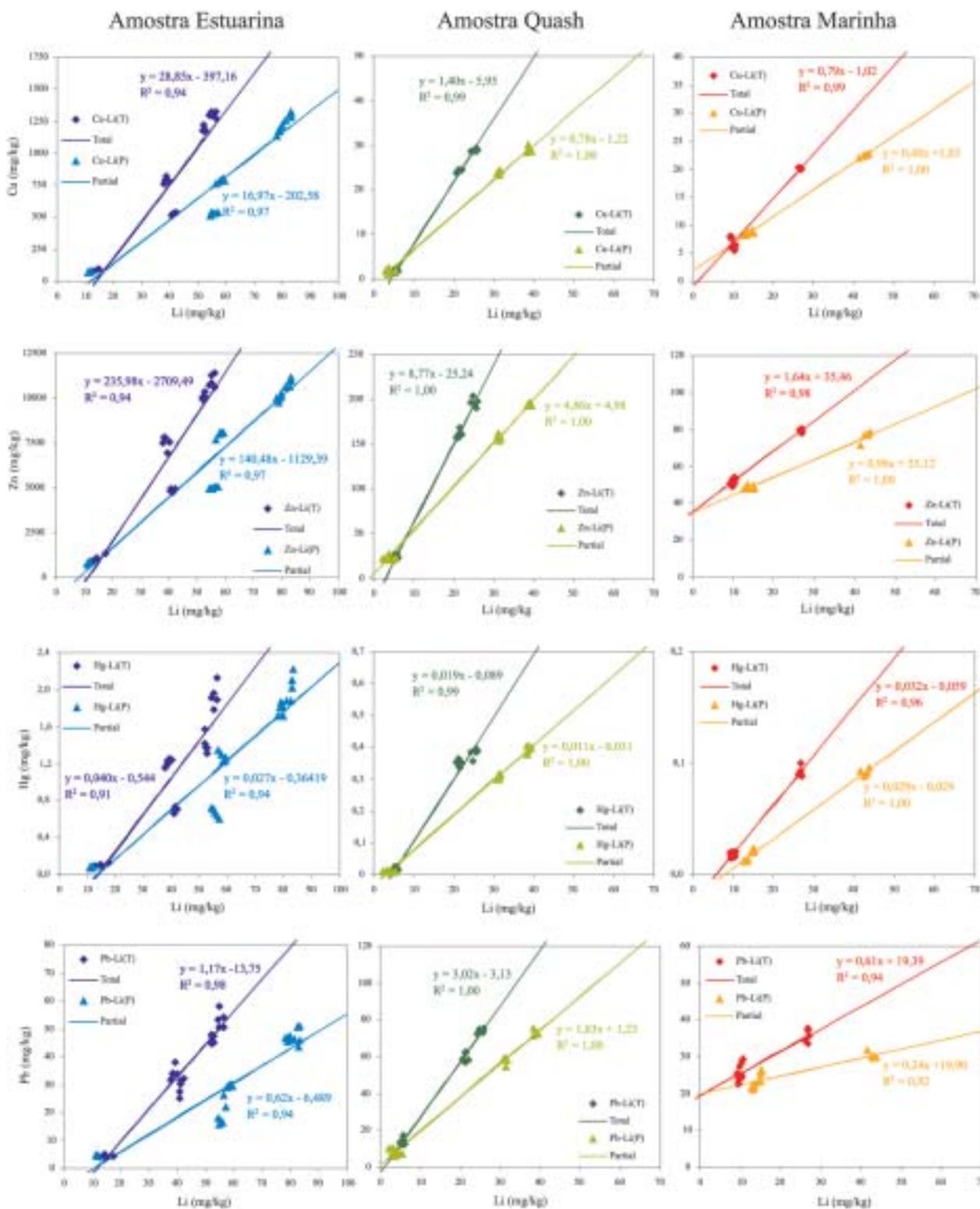


Fig. 6 – Concentração de Cu, Zn, Hg e Pb em função do lítio

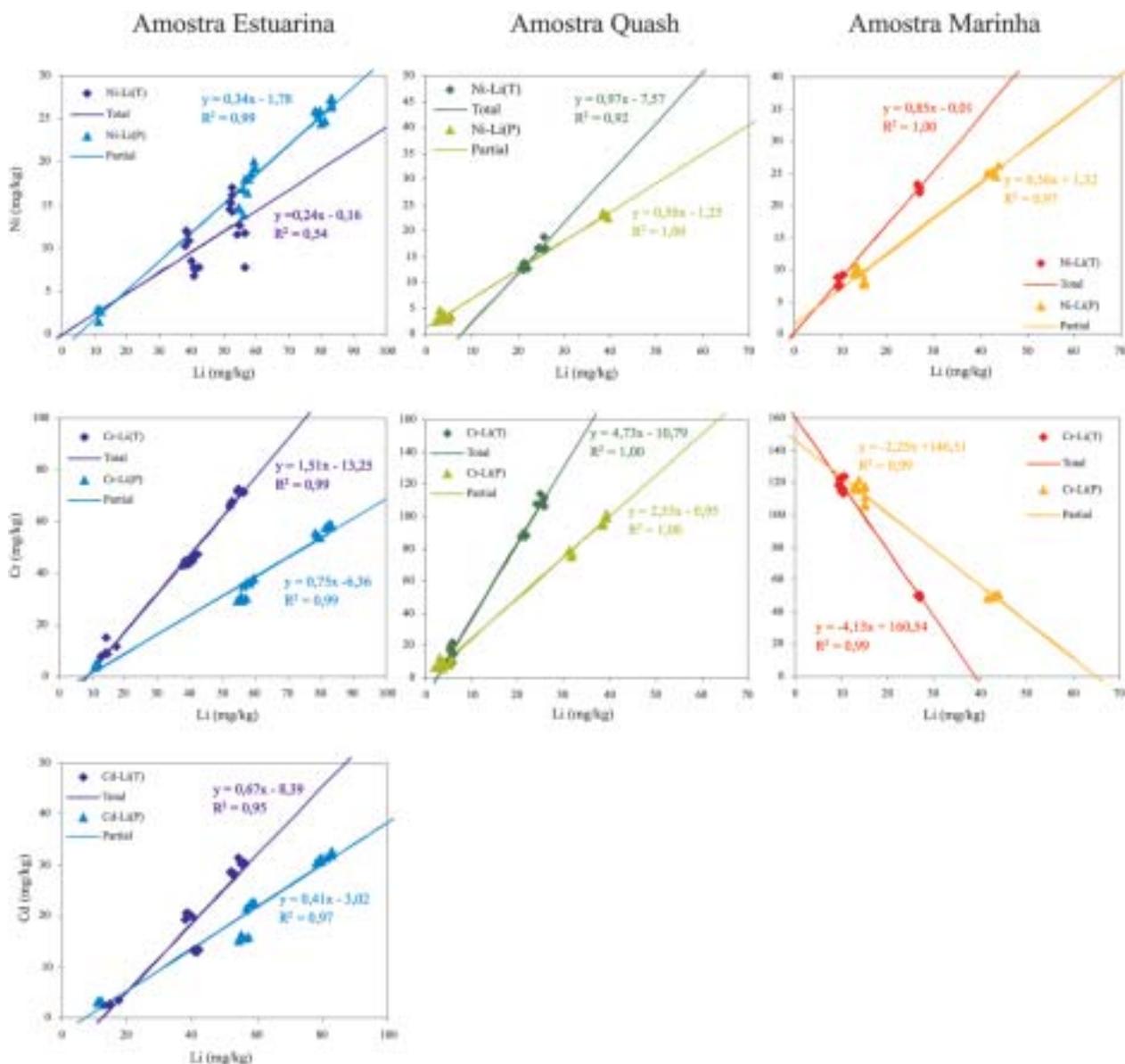


Fig. 7 – Concentração de Ni, Cr e Cd em função do lítio

## Conclusões

Os resultados obtidos permitem concluir que não há diferenças significativas entre a digestão total e a parcial para a maioria dos metais em sedimentos. Essas diferenças detectam-se apenas nos elementos alumínio, lítio e níquel. Para o alumínio os valores obtidos quando se efectua um ataque total são ligeiramente superiores aos obtidos com um ataque parcial. Para o níquel e lítio verifica-se o contrário, ou seja valores superiores quando se efectua a digestão parcial. Quanto às correlações obtidas são significativas quer num caso quer no outro. Assim, parece não haver inconveniente em efectuar a correlação utilizando o alumínio determinado

através de uma digestão parcial. Relativamente ao níquel e ao lítio, em especial neste último parece ser mais vantajoso a utilização de uma digestão parcial.

No laboratório de metais da Divisão de Química e Poluição do Meio Marinho do IH continuarão a ser efectuadas digestões fortes, uma vez que os programas de monitorização desde a década de 80 que utilizam este tipo de digestão. No entanto, sempre que possível e ao longo de um período limitado far-se-á para cada amostra os dois tipos de ataque, para obter um número significativo de resultados que permita concluir e decidir qual o tipo de digestão mais conveniente, que poderá vir a ser utilizado futuramente em exclusivo nos programas de monitorização.

## Bibliografia

- (1) C. VANDECASTEELE AND C. B. BLOCK, *Modern Methods for Trace Element Determination*, John Wiley Sons, Chichester, W. Sussex, 1993.
- (2) D. H. LORING, *Marine Chemistry*, 29 (1990) 155.
- (3) Relatório da Reunião do Grupo de trabalho de Sedimentos Marinhos em Relação à Poluição (WGMS) do ICES, San sebastian, 2002.
- (4) C. M. PALMA, Relatório de missão representativa referente à participação na reunião da Garantia de Qualidade da Amostragem e Manuseamento das Amostras (QUASH), Grécia, 1998.
- (5) M. P. MENDES, C. M. PALMA, *Anais do Instituto Hidrográfico*, n.º 15, 2001.
- (6) C. M. PALMA, M. VALENÇA, «Vigilância da Qualidade do Meio Marinho – Ria de Aveiro, POLAVEIRO (1998-2000)», 2001.
- (7) F. P., SHEPARD, *J. Sediment. Petrol.*, 24 (1954) 151.

*As autoras expressam o seu reconhecimento ao trabalho de laboratório excelente realizado pela TPES Teresa Santos.*

# Cartas Electrónicas. Produtos digitais para navegação

Martins Pinheiro, PRIMEIRO-TENENTE

**Resumo** Os navios de guerra e os navios comerciais têm necessidades diferentes. Enquanto a navegação comercial necessita de dados oficiais, os navios militares necessitam de um vasto conjunto de dados considerados «os melhores dados disponíveis». Estas necessidades não implicam um afastamento em termos de produtos, mas são complementares. Durante vários anos de intenso debate e muito trabalho, foram criadas duas publicações de normas padrão para produção de dados que sirvam estes dois objectivos, tendo sido uma delas criada no âmbito da Organização Hidrográfica Internacional (OHI), conhecida por «*Special Publication Number 57*» e designada por «*IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data*», e a outra no âmbito dos países membros da NATO, conhecida como *DIGEST* e designada por «*Digital Geographic Information Exchange Standards*». Os produtos derivados destas duas publicações que servem de base à navegação marítima são respectivamente as «*Electronic Navigational Charts*» (ENC) e as «*Digital Navigational Charts*» (DNC). Embora estas duas publicações tenham surgido de costas voltadas uma para a outra, ao longo dos anos elas têm caminhado para um grande nível de harmonização. Nas áreas em que as necessidades da navegação comercial e militar se sobrepõem, elas devem ser idênticas. Ao nível do conteúdo, as ENC são consideradas uma derivação pura das DNC.

Não se pense com isto que o trabalho se encontra terminado, pois para que o objectivo de harmonização entre estas duas publicações seja atingido, torna-se necessário continuar o trabalho desenvolvido até aqui.

**Abstract** *The military and regulated commercial navigation have different needs. Commercial navigation requires «official» data whereas the military require a broad range of the «best available data». These needs don't imply the removing of the products, but they are complementary. Throughout many years of hard work and lot of discussions, it became two standard publications, one of them published by the International Hydrographic Organization (IHO), known as «Special Publication number 57» and called «IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data», and the other one published by NATO, known as DIGEST and called «Digital Geographic Information Exchange Standards». The products derived from those two publications and to support of maritime navigation are «Electronic Navigational Charts» (ENC) and «Digital Navigational Charts» (DNC). These two standards were developed back to back one from the other, but along of the years they reach a big harmonization level and in those areas where the navigation needs overlap, the standards should be equivalent. However, at the content level ENC data can be considerate a pure subset of DNC data. This doesn't mean that the work was finished, because to achieve the goal of harmonization between these two standards it is necessary to proceed with the work done.*

## Introdução

Os grupos de trabalho da Organização Hidrográfica Internacional (OHI) e da NATO, respectivamente TSMAD e DGIWG têm vindo a trabalhar em conjunto no desenvolvimento de normas para troca de informação geográfica, particularmente nos campos de trabalho das respectivas áreas de responsabilidade. Ambos já produziram as suas especificações para produção de cartas hidrográficas, embora as necessidades apontadas por estes dois produtos sejam obviamente diferentes: o TSMAD produziu o denominado «*Electronic Nautical Chart (ENC) Product Specification*» e o DGIWG produziu o «*Digital Nautical Chart (DNC) Product Format*».

Ambos os produtos vectoriais, ENC e DNC, devem e podem existir, mas a relação entre eles bem como as suas áreas de aplicação devem ser claramente definidas. A concordância com as convenções marítimas internacionais para a segurança marítima obriga a que tenham que ser criadas especificações adicionais para os «*Electronic Chart Display and Information Systems*» (ECDIS). Os requisitos a que deve obedecer um equipamento ECDIS instalado a bordo dos navios militares está a ser estudado pela NATO, e quer os requisitos militares para aceder a toda a informação relevante, quer os requisitos para a representação consistente de dados oficiais da OHI devem ser tidos em linha de conta e adaptados.

## Historial do S57

A OHI perseguiu intensamente durante mais de uma década um mecanismo que possibilitasse a troca de informação de cartas electrónicas. No início, a sua intenção foi auxiliar a cartografia automática através da definição de um método padrão de troca de informação cartográfica digital entre os vários Institutos Hidrográficos. Para este efeito, criou em 1987 umas especificações denominadas DX 87, que mais tarde foram totalmente revistas, originando em 1990 uma nova versão denominada DX 90. Ambas as especificações concentravam os seus esforços na troca de informação entre Institutos Hidrográficos. A implementação destas especificações foi no entanto diminuta por vários motivos, sendo apontado como o principal, o facto de não existirem ferramentas disponíveis no mercado para tratar este tipo de dados.

Os diferentes Institutos Hidrográficos organizaram a produção da sua cartografia digital de várias formas e adequadas à sua organização interna, pelo que a compatibilidade entre os diferentes países era quase inexistente. A criação de normas padrão foi só a resolução parcial do problema, pois quando os dados eram transferidos de um Instituto Hidrográfico para outro, tornava-se necessário a este último integrar estes dados no seu sistema por forma a torná-los capazes de serem utilizados para a produção de cartas. Surge aqui a primeira barreira para a integração de dados, devido ao facto de não existir uma definição comum de *features* hidrográficas (objectos).

Em 1991, este objectivo simples de trocar informação hidrográfica foi extendido por forma a incluir os fabricantes de equipamentos e permitir a estes a possibilidade de trocar cartas electrónicas oficiais, devido à necessidade de fornecer ficheiros de dados ao sistema emergente do momento, o ECDIS. Este objectivo veio não só forçar a criação de normas como também a padronização de uma série de dados hidrográficos em formato digital que desta forma serviram para que fosse desenvolvido o «Catálogo de Objectos S57». Este catálogo tornou então possível a troca de dados hidrográficos entre os diferentes institutos.

O desenvolvimento da 2.<sup>a</sup> edição do S57 veio incorporar o catálogo de objectos, um modelo geral de dados, os metadados, a geo-referenciação e toda a informação necessária para tornar efectiva a troca de informação. No entanto, não resolveu todas as questões de padronização dos produtos hidrográficos oficiais, pois para este efeito era necessário que existisse um «*Product Specification*» bem definido. O Canadá e a França desenvolveram um «*Product Specification*» para a versão 2 do S57 que não foi adoptado por todos os países. Só com a publicação da versão 3 do S57, em Novembro de 1996, aceite internacionalmente por todos os países, é que se tornou efectiva a existência de um «*Product Specification*» para produ-

ção de ENC – «*ENC Product Specification*». Esta nova versão passou a contemplar também um modelo de dados significativamente melhorado, assim como um mecanismo de «updates», o que veio permitir que a navegação, à luz da lei do mar aprovada pela Organização Marítima Internacional (OMI), pudesse utilizar ENC oficiais desde que os dados fossem corrigidos e actualizados através daquele mecanismo. A controvérsia em torno desta questão ficou-se a dever ao facto de as alterações ao catálogo de objectos terem sido significativas, e portanto, todas as transformações dos dados que foi necessário efectuar da versão 2 para a versão 3 originou atrasos e ajustes na produção das ENC, para aqueles países que já tinham adoptado a anterior versão.

A produção das ENC tem sido lenta, pois é necessário um trabalho significativo para as produzir de acordo com o «*Product Specification*». Por um lado, devido ao facto de as cartas de papel existentes, e que servem de base para a construção das ENC, e por outro, a «cartografia electrónica» em formato digital, quando existente, nem sempre possuem os níveis de qualidade necessários para este tipo de produto. Em termos de mercado, verifica-se também que a utilização das ENC tem sido lenta devido aos motivos anteriormente apontados, o que leva a que existisse, uma fraca cobertura a nível mundial de cartas oficiais neste formato.

## O que é uma ENC?

Para responder a esta questão, torna-se primeiro necessário responder à questão «O que é uma carta». Esta resposta parece simples, mas na verdade não é. A navegação marítima é uma actividade regulamentada por forma a assegurar a sua segurança, e esta regulamentação foi toda ela desenvolvida ao longo de séculos. Cada país é responsável pela adopção da legislação e gestão da navegação nas suas áreas de responsabilidade, e deve identificar perfeitamente quais as suas rotas perigosas e seguras. O navegante tem acesso a esta informação através da carta náutica, pois esta é o documento legal que contem a descrição e localização daquelas rotas. A legalidade das cartas é um assunto muito importante e significa que o país que produz a carta assume a inteira responsabilidade pela informação nela constante, mesmo quando está errada.

Uma ENC em formato S57 é um produto «electrónico» equivalente à carta náutica oficial, e deve conter toda a informação que a entidade responsável pela sua produção considera necessária para que a navegação se faça com toda a segurança dentro das suas áreas de responsabilidade. O termo «oficial» significa exactamente aquilo que a entidade responsável considera que deve assumir como sua responsabilidade, e portanto, devem existir toda uma série de facilidades técnicas que apoiem os dados de uma ENC. Por este motivo, as certi-

ficações e aprovações da OMI e do Comité Electrotécnico Internacional são necessárias. No entanto, e assumindo desde já que estas facilidades existem, o assunto dominante continua a ser o da responsabilidade.

### Conteúdo e mensagem

A carta electrónica é dividida em duas partes. A primeira e a mais importante é a «mensagem» e a segunda é o formato utilizado para transmitir esta mensagem. O formato é o resultado da mensagem, mas não é a mensagem. Para nos ajudar a perceber este dilema, talvez ajude uma explicação que ouvi há algum tempo numa conferência. Considerando por analogia a nossa linguagem e por exemplo, uma mensagem particular como a hora da próxima preia-mar, ela pode ser dita em português como «A próxima preia-mar é ao meio-dia» ou em inglês «*High tide is at noon*». Independentemente da linguagem utilizada, a mensagem é a mesma. Mas não existem termos técnicos para «preia-mar» em K'wa, a linguagem dos Bushmen do deserto de Kalahari, pelo que esta linguagem não proporciona as facilidades técnicas para transmitir esta mensagem.

Existem inúmeras formas de tratar informação geográfica em formato digital. A mesma informação pode ser guardada em sistemas informáticos, comunicada através de canais de telecomunicações ou guardada em bases de dados. Todos eles correspondem a diferentes técnicas de linguagem, e desde que as capacidades técnicas para tratar os dados estejam disponíveis, então o conteúdo da informação não é perdido.

A Organização Internacional para a Normalização (ISO) definiu uma arquitectura para os «*Open Systems Interchange*» (OSI), a qual estrutura um sistema de comunicações ou outro sistema de informação em sete camadas distintas que permitem fazer a separação da estrutura da aplicação, da codificação, do canal de comunicação, ou do suporte. As sete camadas distintas são:

1. Física
2. Ligação dos dados
3. Rede
4. Transporte
5. Sessão
6. Apresentação
7. Aplicação

Esta metodologia permite que a mesma mensagem possa ser transmitida por diferentes tipos de suporte. Este mesmo conceito de separação entre o que é transmitido e a mensagem pode ser efectuada aos dados hidrográficos no formato de carta electrónica, pelo que o que é verdadeiramente importante é o conteúdo da informação numa ENC e não o seu modo particular de codificação.

O «*ENC Product Specification*», da forma como é interpretado num determinado país, define o conteúdo de uma carta electrónica oficial para aquele país. A publicação S57 é o modo de transmissão deste conteúdo podendo existir outros modos para aquele mesmo conteúdo oficial. Por exemplo, se um determinado fabricante de um ECDIS certificado importar dados oficiais S57 para o seu sistema, eles vão ser transformados para um formato próprio interno daquele sistema (*System ENC* – SENC), mas os dados em si continuam a ser oficiais mesmo que já não estejam no formato original S57. A forma de assegurar que aqueles dados oficiais não vão ser corrompidos ou alterados no processo de conversão para o formato SENC, é através do processo de certificação que é feita aos sistemas ECDIS pela Comissão Electrotécnica Internacional através da norma IEC61174. O S57 por si só, suporta uma codificação que é a codificação padrão ISO 8211. Esta norma ISO 8211 foi designada como «*data descriptive interchange format*», o que significa que contem uma descrição do significado de todos os elementos e do seu conteúdo. Outros formatos padrão tais como o ISO 8824 ASN.1 para o formato das telecomunicações ou o ISO «*Standard Generalized Markup Language*» (SGML/XML) também podem ser utilizados para codificar os dados em circunstâncias diferentes sem que o seu conteúdo oficial seja alterado.

### As publicações da OHI

A publicação S57 é uma das inúmeras publicações do género, da OHI, que servem de base ao ECDIS. Incluem tudo o que é importante em termos de «*Product Specification*» para as ENC. Definem o conteúdo de uma carta náutica oficial e contém também o formato de codificação dos dados. A publicação S52 é uma publicação irmã da S57. Contém as «*performance specifications*» para os ECDIS em conjunto com a livreria de apresentação de informação constante nas ENC. A livreria de apresentação descreve exactamente o quê e como deve ser apresentado no monitor do ECDIS cada objecto e seu conjunto de condições. Pode ser considerado um sistema inteligente de apresentação, por forma a assegurar que o navegante vê os dados das ENC de uma forma consistente. A última desta série de publicações é a «*ECDIS – Operational and performance standards, methods of testing and required test results*» e certifica que um determinado sistema satisfaz os requisitos exigidos pela OMI e pela OHI.

Todo este conjunto de publicações da OHI especifica tudo, desde os dados até à apresentação final no monitor, por forma a que exista equivalência com a carta de papel, não só em termos de dados, mas também naquilo que o navegante consegue visualizar acima de tudo.

## Historial do DIGEST

A publicação DIGEST também tem uma longa história ao longo do tempo. O trabalho teve início em 1982 com o objectivo de partilhar e trocar cartografia digital entre os vários países membros da NATO. A intenção inicial foi idêntica à do S57 e concentrou a sua atenção na troca de informação entre institutos hidrográficos ou organismos militares, neste caso, entre os vários organismos militares de produção cartográfica dos países membros daquela organização. Existe um paralelismo muito grande entre a evolução do DIGEST com a evolução do S57, inclusivé na escolha da norma ISO 8211.

O alvo de aplicação das normas contidas no DIGEST é muito mais alargado do que o das normas contidas no S57. As operações militares necessitam incluir geralmente informação de Terra, Mar e Ar para operações conjuntas entre Exército, Marinha e Força Aérea, assim como planos estratégicos de vária ordem. Em termos práticos isto significa que, dados provenientes de uma extensa variedade de fontes de informação tenham que ser visualizados em simultâneo no mesmo equipamento. É impossível às diversas organizações militares desenvolver produtos padronizados de dados para todas as aplicações, pelo que se torna necessário e premente a possibilidade de construir de uma forma simples ficheiros padronizados de dados a partir de vastas fontes de informação e de produtos genéricos pré-definidos.

Uma aplicação importante do DIGEST são as operações militares conjuntas, tais como as operações de manutenção da paz das Nações Unidas, pelo que para dar uma resposta cabal a esta necessidade é preciso que se crie uma padronização, quer de ferramentas e programas, quer de produtos.

De uma forma geral, a navegação, seja ela no mar, em terra ou no ar, é uma componente importante do DIGEST, mas não é a única necessidade. A combinação de informação proveniente de várias fontes pode ser necessária para uma determinada operação.

O DIGEST actualmente é um conjunto de normas padrão consistindo em especificações de carácter geral em conjunto com uma série de produtos definidos. Os produtos DIGEST são baseados em acordos de produção conjunta entre os vários países membros da NATO. Estes produtos, altamente específicos, servem de base para criar planos padronizados tendo em vista necessidades operacionais. Por exemplo, algumas particularidades de dados terrestres e marítimos podem ser combinados para planear uma operação costeira.

## Codificação múltipla do DIGEST

A publicação DIGEST foi alargada em 1990 por forma a integrar todos os designados «*Multiple Interchange Media*» e veio permitir também que a norma de codifica-

ção de telecomunicações ISO 8824 e o «*Vector Relational Form*» (VRF) fossem integrados como parte da edição 1.1 do DIGEST em 1992. O anexo B, codificação de dados *raster* foi adicionado a esta publicação em 1997 para estar de acordo com a comissão ISO JTC1 SC24 sobre «*Image Processing standard for raster data*».

A publicação DIGEST é constituída por várias partes. A parte 1 é uma descrição geral do produto. O corpo principal da parte 2 fornece uma especificação geral, com descrições detalhadas dos diferentes encapsulamentos em anexos. A parte 3 descreve os códigos e as tabelas usadas na publicação e a parte 4 descreve o catálogo de objectos e atributos. Cada um dos encapsulamentos descritos nos anexos da parte 2, descreve o DIGEST utilizando uma codificação específica diferente para ser utilizada em função dos diferentes tipos de dados ou sobre os diferentes meios de comunicação.

DIGEST A – utiliza as técnicas de codificação específicas da norma «ISO 8211 – *data descriptive*» e tem como objectivo o arquivo e o volume de dados trocados entre os vários organismos militares. A norma ISO 8211 codifica a descrição de todos os elementos e do seu valor, utilizando um formato de codificação que se revela muito útil para a troca de informação cega, onde as duas partes envolvidas não conhecem exactamente o conteúdo integral da informação, mas é ineficaz para pequenas mensagens.

DIGEST B – utiliza a norma ISO 8824 / ISO 8825 – técnica de codificação de telecomunicações, e tem como objectivo a troca eficiente destas. A norma ISO 8824 descreve o contexto dos dados e requer processamento adicional para a sua análise, mas é muito eficiente para telecomunicações, especialmente para diálogos e mensagens curtas.

DIGEST C VRF – utiliza uma técnica simples de codificação por tabelas relacionais e tem por objectivo a utilização directa dos dados a partir de um CD-ROM ou de uma estrutura de ficheiros. É uma descrição simples de uma base de dados de informação geográfica. No entanto, na última edição do DIGEST (2.0), foram introduzidos alguns mecanismos por forma a suportar todas as capacidades de outros formatos DIGEST dentro do paradigma relacional.

DIGEST D – utiliza a técnica de codificação da norma ISO JTC1 SC24 BIIF para os dados *raster*. Este tipo de codificação tem por objectivo o alinhamento do DIGEST com as normas ISO no que diz respeito a comunicações de imagens e tratamento de dados *raster*.

Embora os produtos DIGEST tenham começado a ser desenvolvidos utilizando o DIGEST C (VRF), houve

alguma utilização do DIGEST A para a troca independente de informação. A utilização do DIGEST B para telecomunicações encontra-se em desenvolvimento, e o DIGEST D para informação *raster* é novo. No entanto, o conteúdo do DIGEST é independente da forma como é transmitido, e é possível, por exemplo, comunicar parte de um ficheiro DIGEST, que foi inicialmente codificado utilizando o DIGEST C VRF, através de um sistema de telecomunicações utilizando o DIGEST B (o formato de telecomunicações). A mesma informação também pode ser arquivada no formato DIGEST A.

### Produtos DIGEST

A verdadeira eficácia do DIGEST reside no seu leque de produtos. O produto original do DIGEST foi o Digital Chart of the World (DCW), um mapa terrestre com objectivos estratégicos e à escala 1:1.000.000, que mais tarde foi alimentado pela série Vector Smart Map (Vmap) às escalas de 1:1.000.000, 1:250.000, 1:50.000 e urbanas. O Vmap nível 0 (1:1.000.000) e o DCW foram ficheiros do domínio público e serviram para aumentar a implementação das normas DIGEST.

Outros tipos de formatos DIGEST compatíveis são:

Arc Digital Raster Graphic .....	(ADRG)
Arc Standard Raster Product .....	(ASRP)
Compressed ADRG .....	(CADRG)
Controlled Image Base .....	(CIB)
Digital Flight Information Product .....	(DFLIP)
Digital Gazetteer .....	
Digital Nautical Chart .....	(DNC)
Digital Terrain Elevation Data .....	(DTED)
Digital Topographic Data .....	(DTOP)
Feature Foundation Data .....	(FFD)
Harbor, Approach and Coastal DNC Product .....	(HAC)
Interim Terrain Data/Planning Interim Terrain Data .....	(ITD/PITD)
Littoral Warfare Data .....	(LWD)
Transportation and Logistics Data .....	(TLD)
UTM Standard Raster Product .....	(USRP)
Vector Product Interim Terrain Data .....	(VITD)
Vector Smart Map Level 0 .....	(VMap0)
Vector Smart Map Level 1 .....	(VMap1)
Vector Smart Map Level 2 .....	(VMap2)
Vector Smart Map Urban VMap .....	(UVMap)
Vector Vertical Obstruction Data .....	(VVOB)
World Vector Shoreline .....	(WVS)
World Vector Shoreline Plus .....	(WVS+)

O conteúdo de cada um destes tipos de formatos pode ser utilizado sózinho ou combinado. As ferramentas utilizadas para visualização dos dados DIGEST permitem que os dados possam ser extraídos de qualquer um dos tipos de ficheiros e combinados com outro por forma a satisfazer requisitos operacionais.

Os tipos de ficheiros compatíveis com o DIGEST não são necessariamente produtos NATO. Muitos foram desenvolvidos com acordos de produção entre países membros da NATO, como é o caso da Digital Nautical Chart (DNC).

### DNC

A Digital Nautical Chart (DNC) é um produto compatível com o DIGEST, concebido para as necessidades das operações militares NATO em ambientes marítimos. De acordo com o descrito nas especificações DIGEST, o seu objectivo é «*O DNC é uma base de dados global de carácter geral concebido para apoiar a navegação marítima e as aplicações de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)*».

Os ficheiros DNC estão organizados da mesma forma que os outros ficheiros DIGEST em termos de livrarias (*Geo-Datasets*) e coberturas. Existem quatro tipos básicos de DNC:

Tipo de DNC	Escalas
Geral .....	< 500 000
Costeira .....	75 000-500 000
Aproximação .....	25 000-100 000
Portuária .....	> 50 000

Existe ainda uma livraria *BROWSE* a qual fornece uma panorâmica geral da cobertura DNC. Os ficheiros também se encontram dispostos por forma a fornecer uma cobertura contínua de informação (quando existem dados disponíveis). A disposição destes ficheiros está alinhada com a disposição de outros produtos DIGEST.

O produto DNC está organizado em várias camadas temáticas de informação as quais incluem:

Livrarias de camadas temáticas em função dos tipos Geral, Portuário, Aproximação e Costeiro	Nome da camada
Cultural Landmarks .....	CUL
Earth Cover .....	ECR
Environment .....	ENV
Hydrography .....	HYD
Inland Waterways .....	IWY
Land Cover .....	LCR
Limits .....	LIM
Aids to Navigation .....	NAV
Obstructions .....	OBS
Port Facilities .....	POR
Relief .....	REL
Data Quality .....	DQY

Camadas temáticas da livraria BROWSE	Nome da camada
Coastline / Countries .....	COA
Library Boundaries .....	LIB

Adicionalmente, existem várias camadas de informação classificada que podem ser utilizadas em conjunto com as DNC, por exemplo informação sobre Guerra de Minas.

O encapsulamento das DNC é feito através da utilização da codificação do DIGEST C VRF o qual consiste num conjunto de tabelas de uma base de dados relacional, estruturadas por forma a que possam ser guardadas num sistema de ficheiros de um simples computador. Esta facilidade permite que os dados possam ser transportados num CD-ROM para utilização directa através das mesmas ferramentas disponíveis para outros ficheiros DIGEST.

A DNC utiliza também o mesmo catálogo de codificação de objectos e atributos que foi definido para todo o DIGEST, permitindo que partes de outros ficheiros DIGEST possam ser integrados na DNC. Por exemplo, informação extraída de mapas topográficos da série Vmap podem ser utilizados para substituir ou adicionar informação às DNC na camada «Cultural Landmark».

O conjunto de normas e ferramentas DIGEST também contem definições de mecanismos de apresentação de simbolizações perfeitamente definidas, análogas mas diferentes das utilizadas pelo S52 nos sistemas ECDIS.

### Sobreposição de produtos

Existem bastantes semelhanças entre as DNC e as ENC. Ambas constituem cartas náuticas, mas têm objectivos secundários diferentes. A um nível muito elevado pode-se dizer que as ENC e as DNC são as mesmas, mas ao nível mais básico elas são diferentes por inúmeras razões. Devido a esta sobreposição, existe uma área de potencial conflito que segundo alguns não deveria existir, pois ambos os produtos têm razões diferentes para justificar a sua existência, e deveria ser aproveitada aquela área de sobreposição para se estabelecer uma maior cooperação.

O argumento principal por trás de uma ENC é a **segurança da navegação**. Obviamente que a segurança é importante, mas em termos militares esta segurança tem um significado diferente. O argumento principal de toda a série de produtos DIGEST e da DNC em particular é **a melhor informação disponível ou os melhores dados disponíveis**.

Os navios militares não têm nenhuma obrigação de seguir as convenções SOLAS (Safety of Life at Sea), mas são encorajados a fazê-lo sempre que possível. Em operações SAR ou em situações de guerra, os navios militares podem ter necessidade de entrar em águas perigosas para a navegação. Adicionalmente, os navios militares necessitam de mais informação sobre a área terrestre, aérea ou marítima à sua volta. A DNC é desta forma a carta náutica que satisfaz estes requisitos militares. A bordo de um navio de guerra podem existir toda

uma série de dados para serem utilizados em diferentes operações. O navegador e o oficial de quarto necessitam de dados para a navegação, acrescidos eventualmente de dados adicionais para operações militares, no entanto, outros a bordo terão necessidade de utilizar a mesma informação acrescida de dados adicionais para outro tipo de objectivos operacionais. Um porta-aviões necessitará obviamente de informação de cartas aeronáuticas, um submarino necessitará de dados batimétricos detalhados. Torna-se assim desejável que um sistema de visualização compatível com o DIGEST seja capaz de mostrar dados hidrográficos oficiais mas também possua capacidades de mostrar muito mais dados, e neste sentido, um sistema ECDIS pode ser considerado um sub-produto das necessidades militares.

### Comparação entre a ENC/DNC

A maioria das comparações entre estes dois produtos concentra-se nos seus padrões técnicos, no entanto, é uma mais valia comparar e estudar o S57 e o DIGEST, mas não como resposta para a comparação da ENC com a DNC.

Quer a ENC quer a DNC são especificações de produtos, e como tal contêm especificações de conteúdo. O conteúdo permanece sempre, independentemente do formato em que foi codificado. Partindo do princípio de que todas as capacidades técnicas se encontram disponíveis, e pelas razões apontadas anteriormente, uma ENC pode ser facilmente codificada usando o DIGEST e uma DNC pode ser codificada usando o S57. Ambos os formatos podem ser utilizados para tratar o conteúdo da informação.

Existe uma razão prática para se querer codificar o conteúdo das ENC como DIGEST (possivelmente com o intuito de que a futura revisão das especificações de dados das DNC garanta um estatuto de produto oficial), mas parece ser mais prático codificar as actuais DNC como S57 em vez de qualquer outro formato. A Comissão Electrotécnica Internacional utiliza um ficheiro S57 para certificar e aprovar equipamentos ECDIS, que é denominado «*IHO ENC Test Data Set*». Os programas de Controle da Qualidade até agora desenvolvidos podem ser utilizados em dados no formato S57. Também pode ser desejável converter alguns produtos DNC em ENC com o objectivo de aumentar e ajudar a produção destas últimas.

O conteúdo das ENC e das DNC foi revisto e originou o «*DIGEST/S57 Interface Control Document*» (ICD). As diferenças encontradas são nas seguintes áreas:

- terminologia
- metadados
- modelo de dados
- modelo de objectos
- catálogo de objectos.

**Terminologia:** Ambos os produtos bem como os formatos que os suportam possuem terminologia diferente. Embora esta situação possa criar alguns mal entendidos, não é considerado um problema grave.

**Metadados:** existem dois tipos de metadados e que são:

- metadados estruturais;
- metadados sobre o conteúdo da informação.

A grande maioria dos metadados sobre o conteúdo da informação é equivalente nos dois produtos devido ao facto de as normas subjacentes ao DIGEST e ao S57 terem sido alinhadas no que diz respeito às áreas mais importantes de metadados. Ambas as normas foram harmonizadas no que diz respeito ao datum das sondas, datum da hidrografia e outros aspectos da georeferenciação. As informações constantes no «*Data Set Identification*» e no «*Data Set History Information*» também são idênticas ou podem ser derivadas directamente. A área de maior diferença nos metadados é a especificação sobre a qualidade. Os conceitos fundamentais para tratamento da qualidade são idênticos, com as DNC a fornecerem uma qualidade de cobertura que de uma forma geral corresponde ao conceito das zonas de cobertura das ENC. No entanto, os detalhes das especificações da qualidade são suficientemente diferentes para que não se torne perceptível onde é que uma pode ser derivada da outra.

**Modelo de Dados:** Um dos maiores objectivos do trabalho de harmonização entre o DIGEST e o S57 foi a harmonização dos modelos de dados. Ambos os formatos suportam os mesmos esquemas espaciais, (*Spaghetti*, *Chain Node*, *Planar Graph* e *Planar Graph with Faces* – por vezes designado por *Full Topology*). No entanto, os produtos ENC e DNC utilizam diferentes níveis de topologia. O DNC necessita de uma topologia completa e integrada, o que significa que utiliza topologia do tipo «*Planar Graph with Faces*» sempre que exista um objecto do tipo área. Utiliza progressivamente níveis mais baixos de topologia para coberturas que não sejam do tipo área, ou que não incluam objectos do tipo área ou linha. O «*ENC Product Specification*» refere que os dados das ENC devem ser codificados de acordo com topologia do tipo «*Chain-Node*». Esta diferença na escolha do nível de utilização da topologia não é no entanto considerado um assunto grave, pois a topologia pode sempre ser derivada da geometria dos dados espaciais, o que requer sempre trabalho adicional na conversão ou no sistema ECDIS.

Um sistema ECDIS necessita sempre de utilizar um nível elevado de topologia para calcular operações espaciais tal como «*Within*». Para calcular quando é que um ponto está no interior de uma determinada área, tal como, o momento em que um navio cruzou uma batimétrica de segurança e se encontra dentro de uma área peri-

gosa, é necessário um ponto complexo para o cálculo do polígono para o poder derivar a partir da geometria de uma ENC. É uma operação simples numa topologia completa e integrada de um ficheiro, como a que é usada nas DNC. Consequentemente, é como se um fabricante de um sistema ECDIS lesse uma ENC num ECDIS e depois gerasse topologia completa do tipo «*planar graph with faces*» para acelerar a operação do ECDIS. O «*System ENC*» (SENC) utilizado pelos ECDIS é comparável à estrutura topológica da DNC. No que refere ao modelo de dados a **DNC é assim equivalente ao SENC**.

Uma das vantagens de utilizar baixos níveis de topologia do tipo «*Chain-Node*» nos ficheiros das ENC é a redução da complexidade dos updates, assunto que será abordado mais tarde.

**Modelo de Objectos:** A segunda parte do modelo de dados, algumas vezes designada por modelo de *feature*, é a forma como os objectos estão dispostos por camadas ou grupos. O «*ENC Product Specification*» define dois grupos distintos de dados: Grupo 1 (*Skin of the Earth*) e Grupo 2 (todos os outros objecto). O Grupo 1 contém um pequeno número de objectos os quais garantem uma cobertura completa da área da carta, o que equivale dizer que descrevem a terra ou o fundo do mar. Todos os outros objectos existem por cima desta camada «*skin of the earth*».

O «*DNC Product Specification*» escolhe uma forma completamente diferente de organizar objectos, que consiste num determinado número de camadas (coberturas), cada uma delas associada a um tema diferente, como já foi referido no capítulo sobre DNC. Cada camada é topologicamente integrada, mas não existe nenhuma camada para topologia. Na verdade, alguns objectos encontram-se repetidos por várias camadas uma vez que são necessários para completar a geometria daquela camada. Por exemplo, a linha de costa pode ser o limite do oceano, a delimitação política de um país e a batimétrica dos 0 metros.

Obviamente que existem vantagens e desvantagens em ambas as formas de organizar os dados. A integração topológica das DNC permite rapidez na utilização directa da informação, mas limita a complexidade dos grupos ou camadas para manter a gestão de topologias complexas. Adicionalmente, a necessidade das DNC poderem ser usadas em conjunto com outro produto DIGEST, requer que exista uma estruturação geral dos dados em várias camadas para que determinadas camadas seleccionadas possam ser combinadas.

A definição de dois grupos simples, como acontece nas ENC, fornece vantagens na utilização do contexto limitado da cartografia electrónica, especialmente no processo de *updates*. No entanto, pode ser necessário uma conversão mais complexa para produzir um SENC num sistema ECDIS. Devido ao facto de a maior parte da estrutura de um ficheiro ter sido construída com base em grupos/camadas de dados, a organização dos dados em várias camadas nas DNC e em dois grupos

nas ENC é um dos assuntos práticos mais difíceis de ultrapassar. Um determinado tipo de objecto pode ser válido para ambos os grupos nas ENC mas podem afectar a forma como esse objecto vai ser convertido para a DNC correspondente. Alternativamente, um determinado tipo de objecto pode existir em mais do que uma camada nas DNC.

**Catálogo de Objectos:** As maiores diferenças entre os produtos ENC e DNC são no catálogo de objectos e nos seus catálogos de atributos associados. Foi feito um grande esforço no alinhamento e conversão destes catálogos, e quer o TSMAD quer o DGIWG têm vindo a trabalhar nesse sentido. Após a reunião do DGIWG FACC (Feature and Attribute Coding Catalogue) em Dezembro de 1997 foram identificados poucos objectos e cerca de 200 combinações de atributos que não conseguiam ser cartografados. A cartografia existia, mas havia perda de informação, do tipo atribuir uma combinação de atributos a uma outra categoria de atributos no âmbito do FACC. Existe ainda trabalho adicional a efectuar para melhorar a integração dos objectos/atributos S57 em objectos/atributos do DIGEST.

Ambos os «*Product Specification*» utilizam somente uma parte dos respectivos catálogos, o que constitui simultaneamente um benefício e uma dificuldade. O benefício traduz-se em que muitos dos objectos/atributos que não foram ainda convertidos são obscuros e não são utilizados quer nas ENC quer nas DNC. A dificuldade é que algumas conversões feitas entre objectos/atributos usados nas ENC foram convertidos para objectos/atributos que não são usados nas DNC. Não é considerado um assunto grave, mas é aborrecido porque poderia ter sido evitado. Também aqui é necessário trabalho adicional com o objectivo de conseguir uma boa e completa integração de todos os objectos/atributos utilizados pelos respectivos produtos.

Para evitar que situações futuras de desalinhamento entre os dois produtos surjam, é necessário que exista uma perfeita colaboração entre os dois grupos de trabalho, o TSMAD e o DGIWG.

### Questões técnicas

Existem uma série de outros aspectos técnicos em que se verifica um desalinhamento existente entre as ENC e as DNC e que importa salientar:

- Ambas as publicações, DIGEST e S57 permitem uma utilização multilíngue, isto é, a colocação de nomes e outro tipo de informação pode ser feita em qualquer linguagem existente. O «*ENC Product Specification*» especifica que toda a informação deve estar em inglês bem como na língua nacional, o que é similar à obrigatoriedade da utilização do inglês nos sistemas de controlo de tráfego aéreo e permite a utilização de uma linguagem universal. As normas DIGEST (em todos os seus encapsulamentos incluindo o VRF) aceita esta possibilidade, no entanto as DNC só permitem a utilização da língua inglesa (EUA) nos seus sub-conjuntos de DIGEST VRF (Vector Product Format – VPF). Estes sub-conjuntos não permitem a utilização de caracteres acentuados e que se encontram previstos no DIGEST. Adicionalmente, o «*DNC Product Specification*» limita a utilização de caracteres ao nível 0 (ASCII), o que naturalmente só permite utilizar a língua inglesa, enquanto o «*ENC Product Specification*», por defeito, permite desde logo a utilização de caracteres ao nível 1 correspondentes ao alfabeto latino (ISO 8869-1). Como se pode verificar, as normas padrão coincidem, mas o DNC escolheu um nível



Representação cartográfica de um farolim



Representação geométrica de um farolim

mais baixo que o ENC. Este assunto é importante para países como Portugal e a grande maioria dos países europeus. Uma das recomendações sugeridas para a futura versão do «*DNC Product Specification*» para além de passar a estar de acordo com o DIGEST, é a de que deverá permitir a utilização multilingue.

- A DNC limita a conectividade entre pontos, pelo que os nodos de conexão não podem representar objectos do tipo ponto. Esta limitação torna extremamente simples a estrutura de tabelas nos VPF, no entanto, isto significa que não é possível representar determinadas estruturas nas DNC que nas ENC são representadas perfeitamente. Por exemplo, se considerarmos um farolim que se encontra localizado na ponta de um molhe, numa ENC o farolim é representado por um objecto do tipo ponto e dependendo da escala de compilação, o molhe é representado por uma linha (ver figuras da página anterior). O ponto que representa o farolim é coincidente com o nodo de conexão da ponta do molhe, o que significa que o nodo de conexão para além de representar a extremidade do molhe representa também o farolim. Na DNC esta representação não é possível, pelo que se torna necessário criar um nodo isolado e mover ligeiramente este nodo que representa a luz ou em alternativa, o nodo de conexão que representa o molhe, por forma a que estes dois nodos não sejam coincidentes. Em termos práticos, isto significa que a conversão de uma DNC para uma ENC é simples, mas o contrário necessita de uma reconstrução da topologia. Como é óbvio mais uma vez, foi reconhecido que a limitação está no «*DNC Product Specification*» e não no DIGEST, pelo que uma futura revisão do «*DNC Product Specification*» pode facilmente prever e contornar esta situação, tornando possível a conversão de um produto no outro independentemente do sentido em que é feita.

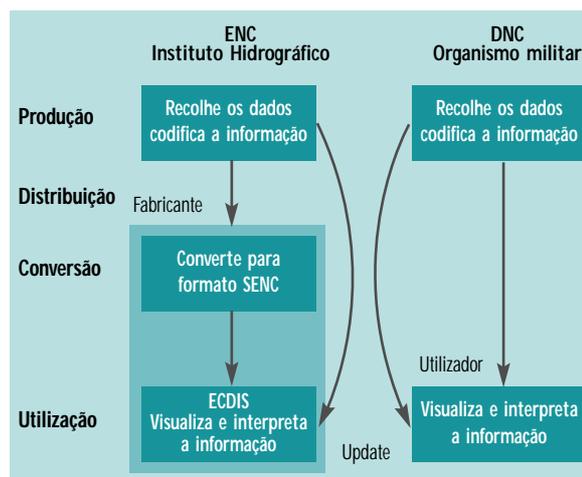
- A DNC não permite vários atributos do mesmo tipo, como por exemplo, não podem existir duas frequências de transmissão para uma torre de rádio. Para serem representadas numa DNC torna-se necessário criar dois objectos «torre de rádio», coincidentes, com atributos diferentes. Embora esta situação tenha sido corrigida na versão 2 do DIGEST, ela permanece no «*DNC Product Specification*».

Existem numerosas situações de inconsistências técnicas entre os dois produtos (ENC e DNC) que impedem a transformação de um para o outro. A grande maioria deles foi identificado e resolvido ao nível das normas padrão (S57 e DIGEST), mas as escolhas de utilização dos formatos ao nível dos «*Product Specifica-*

*tion*» provocam algumas dificuldades. Uma vez que o processo de transformação é principalmente no sentido da ENC para a DNC, existe uma responsabilidade acrescida por parte do DIGEST para ultrapassar estas dificuldades, pelo que uma futura versão do «*DNC Product Specification*» deve ser desenvolvida no sentido de se adaptar às mudanças já efectuadas na segunda edição do DIGEST, por forma a ficar alinhado com o S57. Do ponto de vista do formato e da estrutura isto pode ser feito por forma a criar uma compatibilidade completa entre os dois produtos.

### Fase da criação/utilização dos dados

A figura que se apresenta a seguir fornece uma panorâmica geral dos vários passos na produção e utilização dos dados cartográficos. É de referir no entanto a existência adicional de mais um passo intermédio no processo da ENC e que é a conversão dos ficheiros S57 para o formato SENC. Este processo é coerente com a certificação dos sistemas ECDIS.



A tabela (ver página seguinte), apresenta a mesma estrutura mas de uma forma mais descritiva. Existem outras incompatibilidades que estão evidentes nesta tabela, tais como o agrupar da informação em grupos ou o tipo de cobertura.

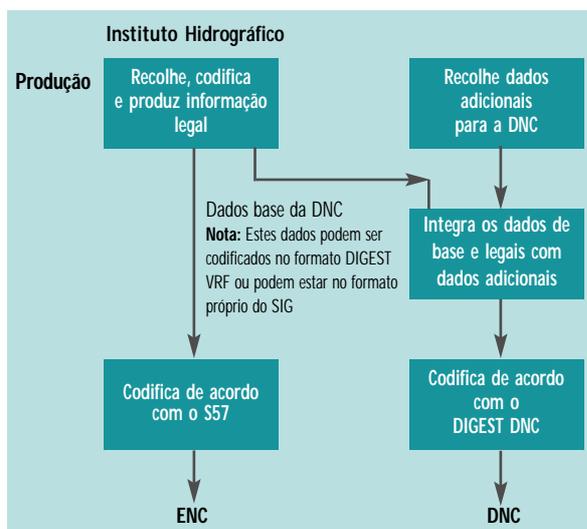
A produção das DNC e das ENC ocorre de uma forma muito semelhante, no entanto, existe um número significativo de diferenças. A primeira diferença é que a DNC é distribuída numa forma de utilização directa, o que significa que essencialmente é idêntica ao formato SENC das ENC. No entanto, convém referir que se encontra ao nível do formato SENC, mas não possui o seu estatuto legal em termos da OHI e da OMI. Para poder ser considerado um SENC completo precisava de ser combinado com um programa de visualização e simbologia DIGEST VRF.

Se fosse utilizada uma conversão apropriada durante a fase de produção para gerar DNC a partir da

PASSO	ENC	DNC
Recolha dos dados de acordo com as normas	S57 – Anexo A – «Use of Object Catalogue» e «Normas para produção de CENO no IH»	«DNC Collection Rules»
Codificação de Features / Objects	S57 – Anexo A – «Use of Object Catalogue» e «ENC Product Specification»	DIGEST FACC e «DNC Product Specification»
Organização dos dados	Estruturados em objectos do Grupo 0 ou 1	Agrupados em esquemas de cobertura ENC e alinhados de acordo com o esquema de produção
Formato de codificação	S57	Tabelas DIGEST VRF
Distribuição		
Descodificação pelo utilizador	Conversão para o formato SENC dependente do sistema ECDIS utilizado	O DNC está num formato que permite a sua utilização directa
Updates	Os updates são recebidos como mensagens	Substituição de conjuntos de tabelas
Apresentação	Visualização de acordo com a livreria de símbolos S52, com possibilidade de integrar informação adicional proveniente do radar ou de qualquer outra fonte de informação	Visualização de determinadas coberturas e <i>features</i> pré-seleccionadas, com possibilidade de integrar outros produtos DIGEST

ENC, sem perda de informação, então a DNC poderia ter uma correspondência legal com as cartas electrónicas. É tarefa dos institutos hidrográficos definir o que é ou não legal em termos de dados hidrográficos de acordo com os regulamentos da OHI e da OMI, e é isto que deverá ser representado na DNC.

Os dados «legais» são só parte dos dados que normalmente compõem uma DNC e formam a informação base desta, que pode ou não ser incrementada com informação adicional de acordo com os «*Product Specification*». Uma DNC base é desta forma o conjunto completo de dados aprovados pelos institutos hidrográficos, correspondentes ao «*ENC Product Specification*», representados no formato DIGEST VRF. Para satisfazer os requisitos do «*DNC Product Specification*», é necessário adicionar mais informação.



Uma vez que os dados DNC correspondem ao formato SENC, deveria ser possível certificar um

sistema que visualizasse as DNC como num sistema ECDIS. Uma certificação deste tipo deveria requerer a representação completa de todos os dados base de uma DNC de acordo com o «*ECDIS Performance Standards*» e de acordo com a livreria de apresentação S52. Se houvesse dados DNC adicionais para além do âmbito do que foi considerado legal para serem visualizados, o equipamento ECDIS poderia, dependendo do tipo de dados adicionais, indicar que o sistema não estava a operar em modo de concordância com aquele sistema.

### As diferentes necessidades militares

Houve um esforço significativo ao longo dos anos por forma a assegurar que a informação DIGEST pudesse ser convertida para S57 sem que se perdesse informação. É necessário agora uma pequena quantidade de trabalho adicional, mas no essencial, o problema está ultrapassado. Os parâmetros de conversão tiveram de ser alargados por forma a incluir os respectivos «*Product Specifications*», tendo conhecimento de que será necessário ter no futuro um «*DNC Product Specification*» que será totalmente compatível com o existente «*ENC Product Specification*», mas o qual incluirá informação adicional para poder suportar completamente os dados base da DNC sem que haja perda de informação.

Outro facto que se torna necessário conhecer é que o sistema baseado em DIGEST pode ser um ECDIS. O assunto é um dos temas em debate sobre a apresentação do conteúdo legal da carta e a sua operação associada ao ECDIS.

Ao longo de vários anos houve toda uma série de mal entendidos que deixaram potenciais áreas de

conflito. Existem diferenças subjacentes entre as necessidades militares e as necessidades da navegação comercial ou civil se lhe quisermos chamar assim. Os dados de uma ENC são deliberadamente definidos de uma forma cuidadosa, por forma a assegurar a sua consistência e a fornecer margens de segurança dentro das quais é possível navegar com segurança. Os navios militares normalmente desejam cumprir as mesmas convenções, mas necessitam de informação adicional por forma a terem que lidar com circunstâncias extraordinárias. Os dados oficiais de um determinado instituto hidrográfico devem estar perfeitamente identificados e devem ser sub-conjuntos bem definidos de dados disponíveis para utilização em ambientes militares.

Uma das opções que é muito discutida, é a possibilidade de construir um sistema que seja capaz de ler e utilizar ambos os dados (DIGEST e S57), permitindo desta forma mudar o seu funcionamento de um modo ECDIS para um modo DIGEST. Se um navio de guerra quiser visualizar informação de uma zona costeira, ele vai querer ver ao mesmo tempo a informação da ENC e a informação adicional da DNC, o que torna necessário que o sistema tenha capacidade de construir esta informação e convertê-la para o formato do DIGEST VRF. Por forma a integrar estes dados, deve ter-se em linha de conta a questão das compatibilidades.

### Warship Electronic Chart Display Information System (WECDIS)

A NATO iniciou já há algum tempo o estudo para o desenvolvimento de um sistema WECDIS. O grupo de trabalho criado para este efeito, identificou logo à partida também a necessidade de que este sistema deve ler ambos os formatos assim como muitos outros, tais como os produtos em formato *raster*. Para que esta tarefa tenha sucesso, é necessário muito mais do que uma aproximação «*multi fuel*» do problema. Fornecer ao operador de um sistema deste género, a bordo de um navio, vários conjuntos de dados não integrados, é transferir todo o peso da responsabilidade de integração destes dados para o operador. Deverá ser possível a capacidade de selecção entre vários formatos *raster*, porque só será possível mostrar um formato raster de cada vez, mas os vários conjuntos de dados vectoriais poderão e deverão ser integrados.

Para se atingir uma verdadeira compatibilidade é necessário uma perfeita integração dos conteúdos, o que significa que é necessário que exista uma perfeita harmonização entre os produtos ENC e DNC. Significa também que os dados das ENC devem permitir a sua representação como uma componente base dos dados das DNC, pelo que a tarefa da integração deverá ser tida em linha de conta pela entidade produtora de dados, seja ela pertencente à Marinha ou não.

### Apresentação

As questões da apresentação subjacentes ao formato DIGEST são diferentes das questões subjacentes ao formato S52. As ferramentas que apoiam o formato DIGEST fornecem a capacidade para definir regras básicas para a representação das features e dos seus atributos, o que é similar às necessidades do sistema ECDIS descritos na livreria de apresentação do S52. No entanto, as necessidades do DIGEST são mais alargadas porque existe uma grande variedade de tipos de *features* possíveis para representar. À luz do «*ENC Product Specification*» existe uma fronteira muito fina de separação entre os objectos e os seus atributos e as correspondentes regras de apresentação. Existe um número de regras de apresentações em termos horizontais, em que a apresentação de um objecto pode afectar a apresentação do objecto adjacente.

### Necessidades

Uma questão importante é saber quando é que os navios de guerra querem visualizar ENC oficiais ou possuir sistemas ECDIS certificados (possivelmente WECDIS). Para visualizar dados oficiais é necessário que a DNC base produzida pelos institutos hidrográficos contenham a mesma informação que a correspondente ENC oficial. É este nível de harmonização que deve ser idealizado para que não haja perda de informação.

Para se conseguir um estatuto de ECDIS certificado baseado em dados DNC é necessário impôr algumas condições. Este ECDIS certificado terá que conseguir desempenhar as mesmas funções e possuir as mesmas capacidades de apresentação que qualquer outro ECDIS, e adicionalmente terá que ter flexibilidade suficiente para permitir ler e gravar dados militares provenientes de outras fontes DIGEST. Para satisfazer os requisitos mencionados anteriormente, poderá haver um retrocesso nas especificações e desempenho dos sistemas ECDIS.

Paralelamente, uma futura versão do «*DNC Product Specification*» terá que ser elaborada por forma a aproximar-se mais da actual versão do «*ENC Product Specification*», e assim desta forma, passar a ser reconhecido como um produto que está de acordo com o DIGEST e ter a mesma equivalência legal que o formato SENC. Para que estes objectivos sejam atingidos, é recomendado a ambas as organizações um salto qualitativo na sua maneira de pensar e as DNC passarão efectivamente a ser um SENC padrão do «*ENC Product Specification*» utilizando o formato de codificação DIGEST VRF.

## Mecanismo de updates

Uma das questões mais importantes de qualquer sistema de navegação, é manter permanentemente actualizada a informação. Isto é de igual modo verdade para todas as formas de navegação, mas a frequência dos updates é que difere.

A OHI desenvolveu um mecanismo de updates para as ENC, que faz com que navios de grande porte possam obter informação dos updates enquanto estão a navegar, através de sistemas de comunicações, e que se assumam que navios pequenos, que só frequentam um porto ou um pequeno número de portos, possam obter informação dos updates para esses mesmos portos ou áreas de interesse enquanto se encontram atracados.

O mecanismo de updates das ENC, de uma forma geral, comunica mensagens que adicionam, modificam ou apagam objectos e atributos numa determinada célula, baseados no facto de que existem apenas algumas camadas de informação ou grupos, e que esses dados se encontram num nível baixo de topologia. A substituição de um objecto representa em termos práticos que esse objecto possui poucas ou nenhuma ligações com outros objectos e portanto não causa grandes problemas.

Existe já um mecanismo comparável para os produtos baseados no DIGEST VRF, no entanto, este mecanismo é baseado em substituição de tabelas e não de objectos. Como já foi referido, os produtos compatíveis com o DIGEST, tal como as DNC operam a um nível de topologia bastante elevado (uma vez que são produtos de utilização directa semelhantes ao formato SENC). Isto significa que existem mais efeitos colaterais na aplicação de updates do que aquele que se pretende representar. Se uma determinada *feature* for alterada por intermédio de um update, existem implicações numa série de tabelas interligadas àquela *feature*. Este processo é mais complexo do que o *update* de uma ENC, mas funciona bem para os níveis elevados de topologia das DNC.

Os dois sistemas não são incompatíveis, mas complementares. Um mecanismo de updates por transacção pode, ao longo do tempo, degradar um ficheiro, se existir a possibilidade de ajustar erros devido a mensagens de updates esquecidas ou dados corrompidos. A OHI desenvolveu formas de minimizar estes possíveis erros, mas a possibilidade continua a existir. Um mecanismo de updates por substituição é menos eficiente, mas potencialmente mais rigoroso, sendo necessário quando o volume de informação do *update* é muito grande, como o caso das DNC.

Quando um mecanismo de updates por transacção é recebido num sistema ECDIS, deve ser convertido para o formato SENC daquele sistema, o que significa que todas as relações topológicas e as verificações da consistência têm que ser novamente calculadas. Se um mecanismo de updates por transacção for transmitido a um

sistema DDIS (DIGEST Display and Information System), as mesmas relações topológicas e as mesmas verificações da consistência têm que ser também calculadas. Teoricamente, é possível utilizar um mecanismo de updates por transacção para as DNC. Os cálculos que são necessários efectuar são equivalentes aqueles que são necessários efectuar para as ENC lidas num sistema ECDIS, de cada vez que as ENC são convertidas para o formato SENC.

Uma mensagem genérica de *update* pode, teoricamente, ser usada para gerar ambos os updates (ENC e DNC), se o conteúdo dos dois ficheiros for igual e se não houver percas de informação na produção de um a partir do outro. Também é necessário que os ID sejam únicos como acontece nas ENC S57, para poderem ser integrados nos dados das DNC.

Actualmente, o DIGEST VRF suporta ID relativos para cada tabela. Algumas companhias que estão a levar a cabo algumas investigações, propuseram ID únicos para as tabelas relacionais do VRF, para construir uma base de dados relacional estruturada por objectos. Se esta estrutura for aprovada e estiver disponível será certamente muito útil, no entanto, um atributo adicional como uma chave secundária, pode servir para a actual estrutura das DNC por forma a actuar como ID único.

Um mecanismo de updates por transacção, baseado no DIGEST B – técnica de codificação de telecomunicações, pode vir a ser desenvolvido para as DNC mantendo o paralelismo com o mecanismo de updates por transacção das ENC S57. Este novo mecanismo de *update* poderá ser generalizado e servir para ambos os formatos (S57 e DIGEST). Se o conteúdo das mensagens do *update* for o mesmo assim como o ID único, então o mesmo mecanismo de *update* pode ser utilizado para servir ambos os formatos. O único dado adicional que teria de ser transmitido seria o código do objecto S57 e o código FACC para cada um dos objectos modificados.

## Implicações com a Comissão Técnica ISO/TC211

A Organização Internacional para a Normalização (ISO) está actualmente a desenvolver uma série de normas internacionais sobre informação geográfica. Ambos os formatos, S57 e DIGEST, foram já identificados como «*functional standards*» para os quais foram desenvolvidos, o que levará a que futuras versões quer do DIGEST quer do S57 se aproximem mais. O DGIWG já referiu que a próxima edição do DIGEST será baseada nas componentes da ISO/TC211, desde que a ISO/TC211 integre todas as necessidades do DIGEST.

A TC211 pode fornecer oportunidades importantes no alinhamento técnico entre o S57 e o DIGEST. Pode também, através dos processos ISP (*International Stan-*

*standardized Profiles*) fornecer o mecanismo para alinhar produtos como as ENC e as DNC.

Este grupo de trabalho desenvolveu cerca de 20 conjuntos de normas, alguns deles de grande importância para o TSMAD e o DGICW. O conjunto de normas de interesse primário são o «*ISO/TC211 Reference Model*», o «*Feature Model*» como parte integrante das regras que definem as normas «*Application Schema*» e «*Spatial Schema*». Também desenvolveu um catálogo de metadados e regras para o estabelecimento do «*Feature and Attributes Catalogues*».

Ambos os grupos de trabalho da OHI e da NATO trabalharam em conjunto com a ISO/TC211 por forma a assegurar que os conjuntos de normas sejam compatíveis com o S57 e o DIGEST. Outros grupos tais como JTC1 SC32 SQL/MM (*Database Standard Group*) e o *Open GIS Consortium* colaboraram na harmonização do conjunto de normas.

## Conclusões

Uma das barreiras no passado para a introdução dos sistemas ECDIS foi a volatilidade elevada das normas, e por esta razão a OHI teve necessidade de congelar por períodos de 4 anos as normas S57 depois da sua edição em Outubro de 1996. Tudo o que foi referido até aqui vai implicar mudanças, e as mudanças são negativas para a estabilidade. É importante também que a indústria perceba que estas mudanças representam evolução. De qualquer das formas, existe uma recomendação para que os institutos hidrográficos não alterem os seus actuais planos de produção de ENC S57, apesar do risco que se corre de a actual edição 3.1 do S57 se encontrar congelada eternamente. A edição 4.0 do S57 já está a ser trabalhada, tendo como data para entrar em vigor o ano de 2004, mas todos estes problemas e outros que não estão no âmbito deste artigo, poderão retardar a sua publicação.

### Dados oficiais para as DNC

O instituto hidrográfico de um determinado país define qual deve ser o conteúdo básico e legal das suas cartas náuticas. As relações entre os institutos hidrográficos e as organizações militares produtoras de cartografia variam de país para país. Em alguns países, como a França, encontram-se todos na mesma organização. Noutros países como o Canadá, são organismos separados. Existem ainda países como os Estados Unidos em que a agência militar de produção cartográfica é um membro de pleno direito da OHI, pelo que, face a estas condicionantes, a produção de DNC oficiais pode variar de país para país.

Todos os conteúdos básicos e legais devem ser incluídos na DNC de base, não devendo ser aplicado nenhum tipo de filtro arbitrário. Se o organismo militar pretender filtrar os dados para ir de encontro ao «*DNC Product Specification*», pode tomar essa opção, no entanto, o conteúdo completo e integral dos dados oficiais deverá estar disponível para qualquer utilização futura. A DNC base deve incluir toda a informação constante na ENC.

Uma vez que a DNC base não é o produto final, não tem que seguir inteiramente as especificações actuais das DNC. De qualquer das formas não está de acordo com estas especificações porque falta alguma informação. É sugerido no entanto, que alguns atributos suplementares adicionais sejam incluídos na DNC base e que são:

- ID do Objecto e do Atributo S57 – para que no futuro, quando a conversão entre o DIGEST FACC e o Catálogo de Objectos S57 melhorar, os dados de base possam ser usados para produzir um «*FACC Feature and Attribute*» melhorado. Também é desejável que o carregar dos dados seja feito de tal forma que um utilizador que esteja familiarizado somente com o catálogo de objectos do S57 possa interpretar os mesmos atributos a partir de um visualizador DIGEST. O atributo NOTES da tabela do DIGEST VRF pode ser utilizado para este tipo de informação.
- ID Único do S57 – os *updates* às ENC não necessitam de recompilação da DNC a partir dos dados de base ou dos provenientes de outras fontes de informação. Se o ID Único se mantiver como atributo da DNC base, então é possível utilizá-lo para processar uma mensagem de *update* à ENC e gerar uma mensagem de *update* à DNC como uma tabela orientada. O processo não pode ser feito de uma forma automática se o ID for perdido. Este tipo de informação também será muito útil para o desenvolvimento de um mecanismo de *updates* comum.
- Caracteres acentuados – se forem utilizados caracteres acentuados como parte integrante dos dados oficiais, nos atributos NINFOM, como nomes ou em quaisquer outros atributos, então estes caracteres devem ser mantidos nos dados base da DNC.
- Integridade geométrica – não devem ser feitas modificações à integridade geométrica dos dados, conforme o estipulado nas actuais especificações das DNC. As flexibilidades permitidas pelo DIGEST 2.0 VRF que foram introduzidas como base de apoio ao S57, devem ser utilizadas. A actual versão do «*DNC Product Specification*» data de 1993 e não utiliza todas as capacidades disponíveis no DIGEST. Deverá ser feita alguma filtragem pelo menos na última fase da produção

das DNC. Deve ser possível existirem *features* do tipo ponto coincidentes com nodos de conexão, pois esta facilidade existe no DIGEST VRF mas não está a ser seguida nos actuais «*DNC Product Specification*».

- Lista de atributos – o S57 permite listas de atributos, mas eles raramente são usados embora sejam importantes. O VRF na edição 2 do DIGEST introduziu a «*Relational Attribute Table*» e a «*Join Table*» como base de apoio para as listas de atributos sempre que necessário. Devem ser representados tantas vezes quantas as necessárias na DNC de base.

Todos os dados usados nas ENC devem ser incluídos na DNC base. Isto significa que só assim se pode considerar que a informação base das DNC sejam consideradas cartas oficiais e, uma vez que exista um filtro que remova informação das DNC, estas deixarão de ser condutoras dos dados oficiais. O último processo de filtragem deverá torná-las mais ligeiras onde existam problemas com as actuais especificações das DNC.

### A influência das publicações

Actualmente, o DIGEST e o S57 encontram-se muito próximos um do outro, mas subsistem ainda algumas incompatibilidades que requerem harmonização. Se o objectivo é eliminar a área de potencial conflito entre as DNC e as ENC, então é necessário que esta harmonização continue. Foi feito um esforço de harmonização significativo durante a produção do «*DIGEST/S57 Interface Control Document*» e durante a produção quer do S57 edição 3 quer do DIGEST edição 2. A maior parte do trabalho foi na criação de um processo de conversão da maioria dos Objectos e Atributos S57 para o correspondente *Features* e Atributos do DIGEST FACC. Actualmente, ambas as normas padrão encontram-se alinhadas, faltando alinhar os respectivos *Product Specifications*.

- Em todas as aplicações práticas, os modelos de dados são coincidentes. As ENC utilizam topologia do nível 1 enquanto as DNC utilizam topologia do nível 3, mas o nível 1 é uma derivação pura do nível 3 e é necessário algum trabalho adicional para construir a topologia mais complexa do nível 3. A grande maioria dos Sistemas de Informação Geográfica já contemplam esta possibilidade.
- A transformação entre o Catálogo de Objectos S57 e o FACC não é perfeita. Embora a conversão seja feita a 100% , isto é, todos os objectos S57 podem ser convertidos para uma *feature* FACC, esta conversão não é bem feita, pois converter atributos específicos para uma categoria do tipo «outra» origina percas de informação. A livreria de apre-

sentação S52 depende de alguns destes atributos perdidos durante a conversão, pelo que a livreria S52 ideal não está a avançar.

- A reunião havida em 1997 do DGIWG FACC melhorou a conversão de muitos objectos S57 através da introdução de novos atributos ao FACC, mas todas as recomendações do ICD não foram aceites. Existiram alguns conflitos com outras propostas no sentido de modificar o FACC. As DNC não têm um alinhamento perfeito com o FACC. Para se conseguir que as ENC e as DNC alinhem uma pela outra existe a necessidade de haver outra ronda de trabalho no alinhamento dos catálogos.

As grandes diferenças, como já foi referido, situam-se ao nível dos *Product Specification* e dos chamados «*collection objects*», onde existem inúmeros problemas insignificantes os quais causam incompatibilidade. A lista que se segue identifica as áreas de maior desalinhamento encontradas durante a produção. Esta análise é o resultado da actual produção de DNC a partir das ENC e vice-versa. As áreas problemáticas foram classificadas em três grupos:

- Dados não adquiridos;
- Dificuldades de conversão;
- Updates.

Se determinados dados não forem adquiridos por um determinado instituto hidrográfico para produzir uma ENC ou uma carta de papel, mas se for um requisito do «*DNC Product Specification*», então pouco ou nada se pode fazer. Não se consegue gerar dados a partir do ar. Em alguns casos, se os dados de campo estiverem disponíveis, é possível gerar informação como dados adicionais, mas não é o caso normal. Alguns aspectos da conversão das ENC para as DNC embora sejam difíceis de realizar são perfeitamente executáveis. O nível elevado de topologia necessário no DIGEST VRF pode ser calculado automaticamente a partir dos dados S57, porque os modelos de dados já foram harmonizados. Os identificadores únicos do S57 necessitam ser mantidos nos dados DNC para que seja possível aplicar *updates* às DNC derivados dos *updates* às ENC. É isto que as agências militares produtoras de cartografia têm que tentar manter, DNC com ID únicos em ordem, no sentido de processar *updates* das ENC e posteriormente produzir *updates* com tabelas de substituição VRF.

**Topologia e coincidência de linhas:** Uma base de dados DNC contém livrerias de quatro tipos: Portuária, Aproximação, Costeira e Geral. Uma livreria por si só pode conter muitas cartas. O S57 define seis tipos: Atracação, Portuária, Aproximação, Costeira, Geral e Roteamento. É necessário uma selecção manual para fazer corresponder uma

ENC S57 a uma das categorias DNC. O esquema de cobertura, bem como o agrupar ou o distribuir a informação por camadas, é diferente nas ENC e nas DNC, no entanto existem ferramentas automáticas e semi-automáticas para auxiliar no processo da reconstrução da topologia.

**Conversão da batimetria da ENC para a DNC:** As áreas de profundidade definidas no S57 (DEPARE) são escolhidas pelos institutos hidrográficos de acordo com as escalas de compilação das suas cartas e entrando em linha de conta com o factor segurança. As DNC possuem limites fixos para estas mesmas áreas.

A área de profundidade de uma DNC que vai dos 0-10 metros está definido que começa na HWL (*Highest Water Level*), que representa a linha de costa, e estende-se até à batimétrica dos 10 metros, o que em termos práticos significa que a linha que representa os 0 metros em S57 é ultrapassada. O valor do HWL em S57 situa-se sempre +X metros acima do datum vertical da carta (nunca os 0 metros). Este é um caso típico em que os dados necessários para produzir a DNC não podem ser utilizados para produzir a ENC.

**Discrepâncias entre o conteúdo da ENC e da DNC:**

Baseado em conversões de ficheiros de teste foi descoberto que a maioria da cartografia expressa no ICD está correcta; persistem erros menores ao nível dos atributos. Torna-se necessário continuar e terminar o trabalho de aperfeiçoamento na harmonização dos catálogos como resultado deste exercício de cartografia tendo esta conclusão sido mencionada no ICD.

**Tratamento da dependência dos atributos ENC**

**para DNC:** Se um determinado atributo numa DNC estiver preenchido com um determinado valor, então um ou mais atributos relacionados com este também terão que ser preenchidos com este valor. As ENC também têm uma dependência similar a esta, identificada como atributos obrigatórios. Quando se transforma atributos das ENC para as DNC, as regras de dependência dos atributos devem ser seguidas. Na maioria dos casos, as tabelas de conversão das *features* podem preencher estes atributos correctamente. São necessárias no entanto regras de conversão adicionais que contemplem as dependências.

**Má combinação de atributos:** Pode ser efectuada uma conversão entre os vários meta-objects sobre a qualidade dos dados (M\_QUAL) das ENC e os correspondentes objects (DQAREA) das DNC, no entanto, os ficheiros S57 não possuem a informação mais apropriada para preencher estes atributos.

**Assuntos específicos do formato DNC – Sobreposição de polígonos e Polígono Universal:** O S57 aceita a sobreposição de quase todos os polígonos com excepção para aqueles que compõem a chamada «*Skin of the Earth*».

Os objects do tipo área das DNC são definidos para cada uma das coberturas. Estas coberturas estão restringidas à topologia do tipo «*planar*» a qual não admite sobreposição de polígonos. O Polígono Universal define as áreas em cada cobertura que não são preenchidas com *features* do tipo área. As especificações DNC permitem múltiplas *features* a partilhar a mesma geometria, o que pode implementar a representação do tipo *planar graph* dos objects S57 nas DNC. O «*DNC Product Specification*» permite a utilização de *join tables* por forma a que multiplas *features* partilhem a mesma geometria (apesar de alguns dos *DIGEST Product Specification* não permitirem a utilização desta facilidade). Um procedimento de conversão necessita de ser bem documentado para que a conversão de uma topologia para outra seja efectuada de uma forma consistente.

Para se atingir a compatibilidade entre DNC e ENC é necessário continuar a apoiar o processo de harmonização. Esta harmonização deverá continuar a centrar a sua atenção na conversão dos Objects e Atributos S57 utilizados nas ENC para os códigos FACC usados nas DNC.

O alinhamento dos metadados foi um dos assuntos que ainda não foram tratados desde a edição 1.2 do *DIGEST* e da edição 2.0 do S57. Existem alguns problemas com os metadados para além do já referido M\_QUAL, mas estes assuntos terão que ser apontados e discutidos.

Tudo aponta para que os esforços futuros sejam equacionados para uma revisão do «*DNC Product Specification*» por forma a que este faça uso das novas capacidades previstas na edição 2 do *DIGEST*. Também deverá ser feito um trabalho conjunto na definição dos mecanismos de *updates* para que os *updates* produzidos para as ENC possam ser usados directamente nas DNC.

## Bibliografia

- IHO (1996). *IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data. Edition 3.1*, Novembro 2000, *International Hydrographic Bureau*, Monaco.
- NATO (1997). *The Digital Geographic Information Exchange Standard. Edition 2.0*, Junho 1997, NATO.
- NIMA (1997). *Performance Specification. Digital Nautical Chart*. Dezembro 1997, <http://www.nima.mil/publications>.
- HECHT, H., BERKING, B., BUTTGENBACH, G., JONAS, M., ALEXANDER, L. (2002). *The Electronic Chart*, Dezembro 2002.

# Supporting coastal and marine monitoring by remotely accessing data using spatial fusion and WAP

Sam Ng'ang'a

OCEAN MAPPING GROUP- DEPARTMENT OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Aldino Campos

PRIMEIRO-TENENTE

Michael Sutherland

OCEAN MAPPING GROUP - DEPARTMENT OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Sue Nichols

OCEAN MAPPING GROUP - DEPARTMENT OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

**Resumo** A proximidade a zonas costeiras e marítimas constitui uma mais valia, em termos de bem-estar, para as comunidades aí existentes. Esta proximidade proporciona factores naturais, sociais e económicos, que, de alguma forma, contribuem para o aumento da qualidade de vida. Entre outros factores naturais, destaca-se a criação de habitats para espécies protegidas ou em extinção, o tratamento de água, o restabelecimento de lençóis freáticos e o controle de cheias. Alguns factores sociais e económicos incluem o turismo, a pesca, a prospecção de gás e crude, bem como a construção de obras marítimas.

O acesso a informação credível e actualizada (a vários níveis) relativa aos recursos existentes, é um factor chave para uma monitorização eficaz das zonas costeiras e marítimas. A informação relativa a (mas não limitada a) recursos vivos e não vivos, a batimetria, os domínios espaciais (fronteiras), as alterações da linha de costa, a poluição marítima, as características do subsolo marinho, a qualidade da água e os direitos de propriedade são factores determinantes para um desenvolvimento sustentável e para uma administração optimizada dos recursos costeiros e marinhos.

Para uma decisão sustentada em informação actualizada, há que estabelecer um modelo, que, de uma forma célere, faculte informação que afecte os recursos marinhos. Devido à localização das plataformas de recolha deste tipo de informação, a abordagem a esta questão poderá envolver tecnologias de comunicação por fios ou sem fios.

Este artigo aborda o recurso à tecnologia Spatial Fusion e WAP para recolher e integrar informação de natureza marítimo-costeira. Consequentemente, essa integração permitirá a tomada de decisões relevantes para a sustentabilidade do meio marinho.

**Abstract** *Coastal and marine areas are ever increasing in value to the welfare of countries, communities and regions. These areas provide natural, social and economic functions that contribute to increased quality of life. Some natural functions include habitat for endangered species, species breeding and resting areas, water treatment, groundwater recharge, and flood attenuation. Some social and economic functions include tourism, commercial and recreational fishing, oil and gas development, and construction.*

*Accurate and up-to-date spatial information (on many levels) regarding the resources that currently exist, the nature of the environment within which those resources exist, as well as on the users of those resources is always a requirement for effective monitoring of coastal and marine areas. Information on (but not limited to) living and non-living resources, bathymetry, spatial extents (boundaries), shoreline changes, marine contaminants, seabed characteristics, water quality, and property rights all contribute to the sustainable development and good governance of coastal and marine resources. Where informed decisions have to be made using real-time information there is a need for architecture that quickly disseminates information affecting coastal and marine resources. Due to the offshore-nature of most information-collection platforms, a dual approach, involving wired and wireless application technologies can be utilized.*

*This paper will examine the use of Spatial Fusion and WAP to integrate and retrieve marine-based information that can be used to aid in decision-making relevant to the sustainable use of coastal and marine environments.*

## 1. The Value of Coastal and Marine Resources

Coastal and marine areas are ever increasing in value to the welfare of countries, communities and regions. These areas provide natural, social and economic functions that contribute to increased quality of life. The oceans are instrumental in determining climate that beneficially affect all life on Earth [Payoyo, 1994]. Other natural functions include habitat for endangered species, species breeding and resting areas, water treatment, groundwater recharge, and flood attenuation. Some social and economic functions include tourism, commercial and recreational fishing, oil and gas development, and construction [Eckert, 1979; Prescott, 1985; Gomes, 1998].

It is clear that coastal and marine areas are of vital importance to human life. Yet human terrestrial and marine activities have proven to have deleterious effects on these areas. According to CNPA [2000] the major threats to the health, productivity and bio-diversity of the marine environment result from human activity in the coastal areas and further inland. Approximately 80 percent of marine area contamination results from land-based activities such as municipal, industrial and agricultural waste and run-off, in addition to the deposition of atmospheric contaminants resulting from human industrial activities [CNPA, 2000; Sanger, 1987].

### 1.1. The Importance of Information to Coastal and Marine Governance

There is a need for a wider dissemination of knowledge relevant to the importance of coastal and marine areas to the world's wellbeing, and a re-evaluation of societies' attitudes towards these spaces. Good coastal and marine governance (e.g. information dissemination, management, monitoring etc.) is therefore a key factor in the sustainable use of these environments and will require an integrated, coordinated and equitable approach [Crowe, 2000].

If governance is about decision-making and steering, then up-to-date, accurate, complete, usable information (which feeds into the acquisition of knowledge) is indispensable to governance. This is especially critical in the information age of rapid changes, interconnectivity, and globalization that have brought more information to more people making them acutely aware of the unsustainable nature of current social, economic and political use of marine and coastal spaces [Juillet and Roy, 1999; Rosell, 1999; Miles, 1998].

### 1.2. Our Understanding of the Spatial Information Paradigm

Accurate, up-to-date, complete and useful spatial information (on many levels) regarding the resources

that currently exist, the nature of the environment within which those resources exist, as well as on the users of those resources is always a requirement for effective monitoring of coastal and marine areas. Information on (but not limited to) living and non-living resources, bathymetry, spatial extents (boundaries), shoreline changes, marine contaminants, seabed characteristics, water quality, and property rights all contribute to the sustainable development and good governance of coastal and marine resources [Nichols, Monahan and Sutherland, 2000; Nichols and Monahan, 1999].

The above-mentioned observation implies that the information infrastructure in place must be able to support broadband access. One of the shortcomings of broadband information distribution is that it is inherently reliant on the fiber-optic cable. Distribution of spatial information therefore encounters a «virtual wall» in areas where there is no internet-cable. However, with the evolving wireless technology, web-enabled mobile devices can now be used to integrate and retrieve geographic data as it is collected.

In the succeeding sections, the authors adopt a more technical stance and discuss the technologies that have the potential of radically changing the way spatial information can be distributed. The discussion begins with a review of wireless access to information.

## 2. Wireless Access to Information

In order to remotely access spatially referenced information specific technological support is needed. Thus, a connection must be established between the user's information system and the data source server. We nowadays have various types of information being sent to us via our mobile devices which allow us to remain informed about various topics that we are interested in. This is accomplished by using a dedicated protocol, the WAP protocol, which enables a mobile device to behave as a micro browser themselves [Buckingham, 2000, Mobile Applications Initiative, 2001, Mobile Lifestreams Ltd, 2000].

The Wireless Application Protocol (WAP) is an open, global specification that empowers users of wireless devices to easily access and interact with information and services themselves [Buckingham, 2000, Mobile Applications Initiative, 2001]. This information is available through a data portal that allows user to access services in a manner similar to that found on the Internet. The protocol however has certain limitations to it. It only allows the use of sequential menus for users to browse for information. However, like any other program language, WAP is expected to grow along with newer generations of mobile communications themselves [Buckingham, 2000, Mobile Applications Initiative, 2001].

## 2.1. Background

Wireless terminals incorporate a Handheld Device Markup Language (HDML) microbrowser that uses the Handheld Device Transport Protocol (HDTP). HDML is a version of the standard HyperText Markup Language (HTML) Internet protocol that is specifically designed for effective and cost-effective information transfer across mobile networks themselves [Buckingham, 2000, Mobile Applications Initiative, 2001, Mobile Lifestreams Ltd, 2000]. This protocol is used to link a mobile device terminal to a server that is connected to the Internet (or Intranet) where the information resides. The content at the site is tagged with HDML tags that can be easily read and converted by the microbrowser in the handheld device themselves [Buckingham, 2000, Mobile Applications Initiative, 2001].

A user with a WAP-compliant phone uses the in-built micro-browser to make a request in for information or service. This request is passed to a WAP Gateway that then retrieves the information from an Internet server either in standard HTML format or preferably directly prepared for wireless terminals using Wireless Markup Language (WML) themselves [Buckingham, 2000, Mobile Applications Initiative, 2001]. In this paper, WML and HDML are used interchangeably.

If the content being retrieved is in HTML format, a filter in the Wireless Application Protocol Server may try to translate it into WML. The requested information is then sent from the WAP Gateway to the WAP client, using whatever mobile network bearer service is available and most appropriate themselves [Buckingham, 2000, Mobile Applications Initiative, 2001, Mobile Lifestreams Ltd, 2000].

## 2.2. A Thin Client Approach to Information Dissemination

The Wireless Application Protocol incorporates a relatively simple micro-browser into the mobile phone [Buckingham, 2000]. As such, WAP's requirement for only limited resources on the mobile phone makes it suitable for thin clients and early smart phones. WAP is designed to add value-added services by putting the intelligence in the WAP servers whilst adding just a micro-browser to the mobile phones themselves [Buckingham, 2000, Mobile Applications Initiative, 2001]. Microbrowser-based services and applications reside temporarily on servers, not permanently in phones. The Wireless Application Protocol is aimed at turning a mass-market mobile phone into a «network-based smartphone» [Buckingham, 2000].

The World Wide Web has had a tremendous effect on the way businesses communicate. Large amounts of information can be made available quickly and conveniently to anyone with Internet access and a web browser. The browser-based architecture is referred to as thin

client since the user only needs a web browser to access services and information on the web [Fitzgerald, 2000].

The Web lets a data provider make spatial information available to a wider audience. The data provider can therefore provide a virtually centralised repository of resources without having to change the physical location of the data. This prevents any problems that might arise from maintaining or updating duplicate data sources, such as limited space or corrupt data [Fitzgerald, 2000]. The Web therefore makes it easy to provide the most up to date spatial data.

## 3. Web Mapping

Where informed decisions have to be made using real-time information there is a need for architecture that quickly disseminates information affecting coastal and marine resources. Due to the offshore-nature of most information-collection platforms, a dual approach, involving wired and wireless application technologies can be utilized.

Thin client web mapping has predominantly been a «wired» application because large amounts of spatial information have to be sent from the server to the client. For wireless web mapping, a certain amount of information must be stored on the client in order for the same order (or lesser) performance to be achieved.

### 3.1. The Caris Spatial Fusion Web Mapping Solution

The ability to distribute and view spatial information has quickly shifted from a desktop application (fat client) to a browser-based architecture (thin client) [. This approach leverages the «distribution» advantage that has heralded the Internet era.

CARIS Spatial Fusion is a «web-mapping» technology that lets users integrate distributed data sources using a web browser. It is an Internet-based technology whose primary function is accessing, visualizing, and analyzing heterogeneous, distributed data sources [Fitzgerald, 2000, Webmapper.com, 2000]. Spatial Fusion combines the speed, convenience and simplicity of the Internet with the ability to read multiple data sources in their native format.

Caris Spatial Fusion was made by fusing Java Bean technology with Orbix, the leading CORBA Object Request Broker (ORB) from IONA technologies [Webmapper.com, 2000]. This combination makes possible to have a link between distributed services and thin customizable clients. The data is not downloaded and processed by the web browser but is instead performed by the Fusion services [Fitzgerald, 2000]. Not only does this keep the client thin, but also it secures the data itself by keeping it on the server.

### 3.2. Caris Spatial Fusion Components

Spatial Fusion consists of a customized Java client and a number of Fusion Data Services. On the server side, Spatial Fusion is made up of the following components [Caris, 1999, Fitzgerald, 2000, Webmapper.com, 2000]:

1. *A Web Server:* The web server is not bundled with Spatial Fusion and one must already be running on the network.
2. The Orbix™ Runtime needs to be installed on every machine that hosts a Fusion Data Service. The Orbix™ Runtime lets the Spatial Fusion applet and the Data Services communicate across the Internet.
3. *Catalog Service:* This service lists all of the available Fusion Data Services.
4. *Fusion Data Services:* These services must be registered with the OrbixWeb™ Implementation Repository. Each service has an accompanying configuration file that contains the name used to register the service with the daemon and the location of the data source.
5. *Configuration Utilities:* CARIS MapSmith™ and CARIS dbMaps™ are provided to help customize the display of CARIS, Oracle *8i* Spatial, or Shapefile data.

### 3.3. The User Interface

As far as the user is concerned, they simply download the Fusion applet from a web server. At that point, a user can easily open data from any fusion service they have access to, providing them with a secure and fully scalable environment [Caris, 1999, Webmapper.com, 2000].

In addition, CARIS Spatial Fusion Developer lets users customize the client, making it a potentially superior spatial information management tool. Specialized applets can be rapidly built in a drag and drop environment, giving the ability to tailor applets for specific users [Fitzgerald, 2000].

## 4. Spatial Information and Broadband Access

Spatial data involves the transmission of geometric as well as attribute information. It can therefore be argued that a substantial amount of data must be transmitted which implies that a large bandwidth must be available. Looking at the numbers however, one can figure out that bandwidth will no longer be a problem in the near future, especially when the third generation of mobile phone network becomes available [Salvo, 2000, Mobile Lifestreams, 2000, Villalobos, 2000].

We now are connected using the Global System for Mobiles (GSM) wireless network which provides data rates of 9.6 Kbytes/s. An ancillary service on the GSM network is the General Packet Radio Service (GPRS) which provides compression technology that improves data transmission rates to 100 Kbytes/s [Mobile Lifestreams, 2000, Villalobos, 2000]. In the near future, the Universal Mobile Telephone System (UMTS) will provide 2 Bit/s [Villalobos, 2000]. This will definitely change the way we use both wireless and Internet technologies.

### 4.1. Third Generation Wireless Communication and Web based Spatial Visualization

Third generation wireless communication (3G) such as UMTS will definitely play an important role in web based spatial visualisation in the near future. It is forecast that the mobile phone will become a portable terminal where the Internet, video and audio will be supported in a multimedia environment [Pinto, 2001]. Therefore, it is expected that the WAP will adapt to the potential offered by this technology. There have been arguments that the WAP protocol is not a protocol for the future due to its graphical limitations and access speed [Salvo, 2000, Mobile Lifestreams, 2000, Villalobos, 2000] but only time can answer that question.

### 4.2. One Possible Scenario

In this paper, we provide a possible scenario (in Figure1) that utilises the technological components that we have outlined in the previous sections.

1. A marine event involving coastal or marine environments occurs. In the monitoring scenario presented by the diagram, a tanker is involved in an accident. These scenarios can be as diverse as the enforcement of banned activities or to enhance safety of navigation.
2. The event is detected by remote sensing means or by visual observation. These event sources are important as they establish how the event will enter into the marine event information circle. The marine event information circle is a term that has been coined by the authors to represent the flow of information from the event source to the interested group.
3. If the event is detected by a sailor's visual observation, the sailor has the option of using the VHF radio to communicate with someone who has access to the spatial fusion data server. Alternatively, the user can use other means of event dissemination such as the mobile phone and Internet connectivity. The term «event content» refers to the information that is recorded regard-

- ing the event. In this work, this information is the location and the nature of the event.
4. The event is then registered with the event server, which in this case is analogous to a Spatial Fusion Data server. In particular, the data needs to be configured so that it can be accessed using the fusion services and must also be registered with the Orbix daemon. An event coordinator (or moderator) must exist in the marine environment information circle to serve this purpose.
  5. Transmission of information updated with the marine event is then accomplished using one of two means. Either an email list of a registered interest group is used to contact the users of the marine environment information circle, or the information can be relayed to a website that the general user can access. These options allow the event server the opportunity to provide a value-added service if necessary.
  6. The transmission is accomplished using the wireless application protocol and existing GSM networks. In the near future GSM combined with GPRS or the third generation UMTS networks can be used for broadband access to marine events.
  7. Once the information is served up to a user group, decisions can be made regarding implica-

tions of the marine event on existing policies, activities, or populations within (or adjacent to) marine environment. Informed decisions are therefore made with available information about the nature and location of marine events.

#### 4.3. Similar Caris Spatial Fusion Webmapping solutions

The authors would like to acknowledge the automatic vehicle locator (AVL) application that is currently in use at the city of Fredericton Police department. This is part of the Wireless Public Safety Decision Support System (WPSDSS) for the city of Fredericton in New Brunswick [Lunn, 2001]. This application uses the cellular digital packet data wireless data network to transmit information about the location and status of police vehicles. The information is then overlaid onto the City's GIS mapping layers and orthophoto imagery.

While the application does not display information on mobile devices, it is important to note that a subset of the wireless technology is being used to transmit the information that is then used for decision-making purposes. The authors of this paper argue that the scenario outlined herein is therefore not very different from the AVL status quo.

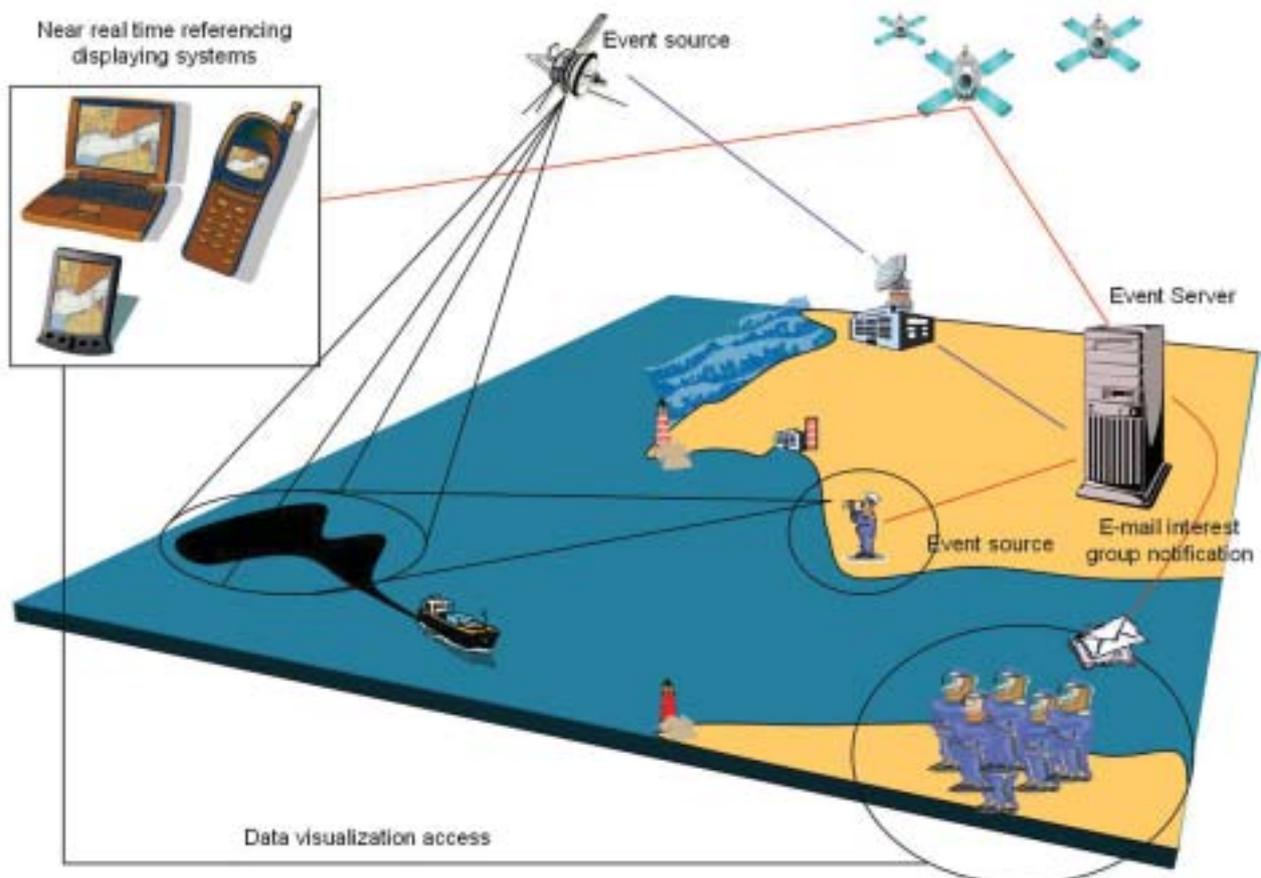


Fig. 1 – Wireless Access of Marine Events

## 5. Conclusion

This paper has begun by discussing the importance of information to coastal and marine governance and then expanded the discussion by outlining existing technologies that can be used to facilitate enhanced decision making. In particular, the paper has followed developments in wireless application protocol (WAP), and associated technologies, and indicated how this trend can be adopted to disseminate marine information. The paper has proceeded to tie in the thin client microbrowser scenario that can be supported by most mobile devices to the existing «wired» webmapping approach found in Caris Spatial Fusion technology. This paper has then outlined a scenario where a marine-based event has been detected and the information transmitted in near-real time to various interest groups. This information has then been used to make decisions that have implications on the sustainable use of coastal and marine environments.

## References

- ANON. (n.d.) «The tragedy of the coastal commons.» <http://www.kenyon.edu/projects/envs61/welcome.htm>. Accessed September 2000.
- BAY OF FUNDY ECOSYSTEM PARTNERSHIP (BoFEP) (1996). «Dredging the depths: Seabed mining in the Bay of Fundy.» <http://fox.nstn.ca/~carp/fundis5.html>. Accessed September 2000.
- BUCKINGHAM S.(2000). «An Introduction to YES 2 WAP -».  
<http://www.gsmworld.com/technology/yes2wap.html#1>, May.
- CANADA'S NATIONAL PROGRAMME OF ACTION (CNPA) (2000). [http://www.cc.gc.ca/marine/npa-pan/sum\\_e.htm](http://www.cc.gc.ca/marine/npa-pan/sum_e.htm). Accessed September 2000.
- CARIS-UNIVERSAL SYSTEMS LTD (1999). Caris Spatial Fusion 1.0 Users Guide. Caris Spatial Components. Fredericton, New Brunswick, Canada
- CROWE, V. (2000). «Governance of the oceans.» Short report on the Wilton Park Conference 586, December 3-5, 1999.
- ECKERT, R. D. (1979). The Enclosure of Ocean Resources: Economics and the Law of the Sea. Hoover Institution Press, Stanford University, Stanford, California.
- FITZGERALD J. (2000). CARIS Spatial Fusion: an Internet GIS. White Paper #7 <http://www.spatialcomponents.com/techpapers/fusion.pdf>. Fredericton, New Brunswick, Canada, February 4.
- FRIEDHEIM, R. L. (1999). «Ocean governance at the millennium: Where we have been - where should we go.» In Ocean & coastal Management, 42 (1999), pp. 747-765.
- GOMES, G. (1998). «The review of the NOAA National Coastal Zone Management Programs for Estuary and Coastal Wetland Protection.» <http://www.oceansconservation.com/iczm/gomes.htm>. Accessed September 2000.
- JUILLET, L. AND J. ROY (1999). «Investing in people: the public service in an information age (reflections on the 1999 APEX conference). In Optimum, Vol. 29, No. 2/3.
- LUNN, R. (2001). «The Use of Automatic Vehicle Locator (AVL) Technology at the City of Fredericton's Police Department». Unpublished Report, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada.
- LUTZ, E. AND M. MUNASINGHE (1994). «Environmental accounting and valuation in the marine sector.» In Ocean Governance: Sustainable development of the Seas. Ed. Payoyo, United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris.
- MANNING, E. et al (1998). «Renovating governance: lessons from sustainable development.» In Optimum, Vol. 28, No. 3, pp. 27-35.
- MILES, E. L. (1998). «The concept of ocean governance: Evolution towards the 21st century and the principle of sustainable ocean use. Paper prepared for for SEAPOL workshop on ocean governance and system compliance in the Asia-Pacific context. Rayong, Thailand, 1997.
- MOBILE APPLICATIONS INITIATIVE (2001), «GPRS & 3G Information». <http://www.gprsworld.com/>, May.
- MOBILE LIFESTREAMS LTD (2000), «Data on 3G - An Introduction to the Third Generation». <http://www.mobileipworld.com/wp/positioning.htm>, November.
- NICHOLS, S. AND D. MONAHAN (1999). «Fuzzy Boundaries in a Sea of Uncertainties.» In The Coastal Cadastre – Onland, Offshore – Proceedings of the New Zealand Institute of Surveyors Annual Meeting, Bay of Islands, NZ, Oct 9-15, pp. 33-43.
- NICHOLS, S., D. MONAHAN AND M. D. SUTHERLAND (2000). «Good Governance of Canada's Offshore and Coastal Zone: Towards and understanding of the Maritime Boundary Issues.» In Geomatica, Vol. 54, No. 4, pp. 415-424.
- PAYOYO, P. B. (1994). «Editor's introduction.» In Ocean Governance: Sustainable development of the Seas. Ed. Payoyo, United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris.
- PRESCOTT, J. R. V. (1985). The Maritime Political Boundaries of the World. Methuen, London, New York.
- PINTO, N. O., (2001). «UMTS», Exame Digital n.º 4, Lisboa, Portugal.
- ROSELL, S. A. (1999). Renewing Governance: Governing by learning in the information age. Oxford University Press.
- SALVO, R., (2000) «Dossier Telecomunicações», Fortunas & Negócios n.º 104, Lisboa, Portugal.
- SANGER, C. (1987). *Ordering the Oceans: The making of the law of the sea*. University of Toronto Press.
- VILLALOBOS, L., (2000) «Como aquecer o primeiro lugar», Fortunas & Negócios n.º 104, Lisboa, Portugal.
- Webmapper.com (2000). Caris Spatial Fusion product review. [http://www.web-mapper.com/product/caris/spatial\\_fusion/review.html](http://www.web-mapper.com/product/caris/spatial_fusion/review.html)

# Acesso remoto a informação hidrográfica via WAP

Aldino Campos, PRIMEIRO-TENENTE

Rui Baptista, PRIMEIRO-TENENTE

Rogério Chumbinho, CAPITÃO-DE-FRAGATA

**Resumo** O apoio à decisão assenta cada vez mais na execução de procedimentos estruturados, ou acções concertadas, independentemente da existência de informação no local onde estes possam ou devam ser realizados. Também é sabido que o sucesso destas decisões assenta nos meios actuais de acesso à informação – canais de comunicação – que estão em constante evolução. Ter acesso remoto ao enorme volume de dados operacionais, geo-referenciados ou não, constitui uma mais-valia do apoio à decisão, contribuindo assim para o seu sucesso.

Com base em duas das tecnologias de maior crescimento, a Internet e as comunicações móveis, é agora possível alargar o acesso à informação para apoio à decisão em locais que não os tradicionais. O produto da fusão destas duas tecnologias resultou na tecnologia WAP. De uma forma básica, o WAP (Wireless Application Protocol) consiste numa forma diferente de aceder à Internet fazendo uso de um telemóvel. Apesar de não ser um protocolo com o nível de padronização desejado, este consegue ser largamente acreditado pelas mais conceituadas marcas existentes no mercado de comunicações móveis. Esta tecnologia permite, através de um «micro-browser», o acesso e visualização de conteúdos da Internet que sejam desenvolvidos na sua linguagem nativa, o WML (Wireless Markup Language).

Neste artigo, é apresentado um modelo em desenvolvimento no Instituto Hidrográfico para o acesso remoto, via rede móvel, às bases de dados existentes. Fazendo uso da infra-estrutura existente neste Instituto para a gestão da informação hidrográfica, o potencial acrescido desta nova funcionalidade requer um investimento mínimo quando confrontado com os benefícios que daí podem resultar.

**Abstract** *Setting up the most exact resolution, on the right time and on the proper location is the ultimate task to decision-makers. It is also known that the success to take these decisions is depending on the capable access to update information. This capability, achieved through the available means of communication, takes the advantage on the constant evolution of the telecommunications industry. The facility to access to large volume of operational data (updated and validated data), either geo-referenced or not, should be considered an added value to decision-makers, sometimes being the key success to accomplish their tasks.*

*Based on two of the most growing technologies, the Internet and the mobile communication, it is now possible to extend the access to support-decision data in places other than the traditional. The combined product of these two core technologies resulted in the Wireless Application Protocol (WAP). Essentially, WAP allows users to access to the Internet in a different way, using a mobile phone (as long as this one supports WAP). Ever though WAP is not considered a strongly standardized protocol and considered by some as a lifespan ended protocol, the facility offered by the General Packed Radio System (GPRS) blew a new fresh amount of air to the use of WAP based on the GSM mobile network. WAP allows access and visualization of Internet contents making use of the mobile phone display (acting as a micro-browser), as long as these ones be developed in the WAP native language – the WML (Wireless Markup Language).*

*This paper presents a WAP site developed at the Portuguese Hydrographic Institute (IHPT) to access some citizenship valued information. Through this WAP site, users are able to access Main National Harbors Tidal Data, Near-Real Time Sea State Data and the Phases of the Moon.*

## 1. Introdução

O Instituto Hidrográfico (IH) é o órgão nacional ao qual estão confiadas tarefas, de responsabilidade crescente, na área da segurança da navegação marítima (Lei Orgânica do IH – DL 134/91, de 4 de Abril). Esta, por sua vez, pode ser definida como o conjunto das diversas ciências interdisciplinares que se complementam para que essa mesma navegação seja feita com segurança. A título de exemplo podem ser cita-

das a hidrografia, a oceanografia, e a geologia marinha.

Cabe ao IH facultar, a terceiros, dados de interesse público sobre o ambiente marinho a terceiros, e toda a informação relevante daí derivada, designadamente se esses dados servirem de suporte a uma decisão estratégica, seguindo normas previamente estabelecidas. Paralelamente, o IH providencia dados que, mais do que de interesse público, sejam de interesse de cidadania. Entre estes poderão ser citados os dados de marés, agitação marítima, etc.

## 2. O Projecto SIGAMAR

Em meados dos anos noventa, foi criada uma estrutura no seio da Direcção Técnica do IH para permitir gerir eficazmente o enorme património de dados relativos às mais diversas ciências associadas a esta causa. Esta estrutura, designada por Centro de Dados Técnico-Científicos (CD), veio dar início a um projecto que tornasse viável concretizar esse objectivo. Denominado SIGAMAR (Sistema de Informação Geográfica sobre o Ambiente MARinho), este projecto tem atravessado diversas fases de desenvolvimento estando actualmente a atingir um estado de maturidade.

Como em qualquer Sistema de Informação Geográfica (SIG), a recolha de dados para análise posterior absorve grande parte dos recursos disponíveis (Abreu e Chumbinho, 1996), quer humanos, quer financeira. Contudo, o IH dispõe já dum enorme volume de dados nos mais diversos sectores da sua actividade.

Esta mais-valia veio proporcionar ao projecto SIGAMAR a integração dos referidos dados num ambiente único e coerente. A tecnologia fundamental que permitiu essa integração, foi assegurada por um sistema de gestão de base de dados (SGBD) ORACLE, no qual é explorada a sua capacidade de georeferenciação de dados espaciais. Assim, conforme a Figura 1, para toda a informação existente foi criada uma estrutura nesse mesmo SGBD, podendo-se a partir deste visualizar e analisar dados das mais diversas formas.

Com a finalidade de expandir as capacidades proporcionadas pelo projecto SIGAMAR, o IH optou,

com base nas tecnologias actualmente disponíveis, por encontrar formas de alargar a difusão da informação com valor pertinente para o cidadão, para além das já existentes. Esta opção baseou-se naquelas que são consideradas as duas tecnologias de maior crescimento na actualidade: a **Internet** e as **comunicações móveis**. O resultado da combinação destas duas tecnologias resultou num protocolo conhecido como *Wireless Application Protocol (WAP)*. De uma forma elementar, o WAP consiste numa forma diferente de aceder à Internet fazendo uso de um telemóvel.

Em reforço da opção pelo WAP, é de referir que, segundo um estudo da empresa de pesquisa do mercado de tecnologia de ponta In-Stat/MDR, intitulado Mobile Internet Access Devices, os telemóveis irão ser os dispositivos sem fios com acesso à Internet que mais crescerão até 2006. O número de telemóveis com acesso à Internet irá subir dos 430 milhões em 2002 para cerca de 760 milhões em 2006, representando uma taxa de crescimento anual de 15 por cento (considerando a conjuntura actual).

Segundo este estudo, o aumento terá origem na procura de serviços de transmissão de dados sem fios (tal como o e-mail), na disponibilidade de novas funcionalidades dos produtos, nas capacidades inovadoras de transferência de dados e na transição para redes de comunicações móveis de terceira geração – Universal Mobile Telephone System (UMTS-3G).

Para que estas afirmações se tornem reais, cabe às instituições facultar conteúdos da Internet móvel para que se justifiquem os investimentos na área.

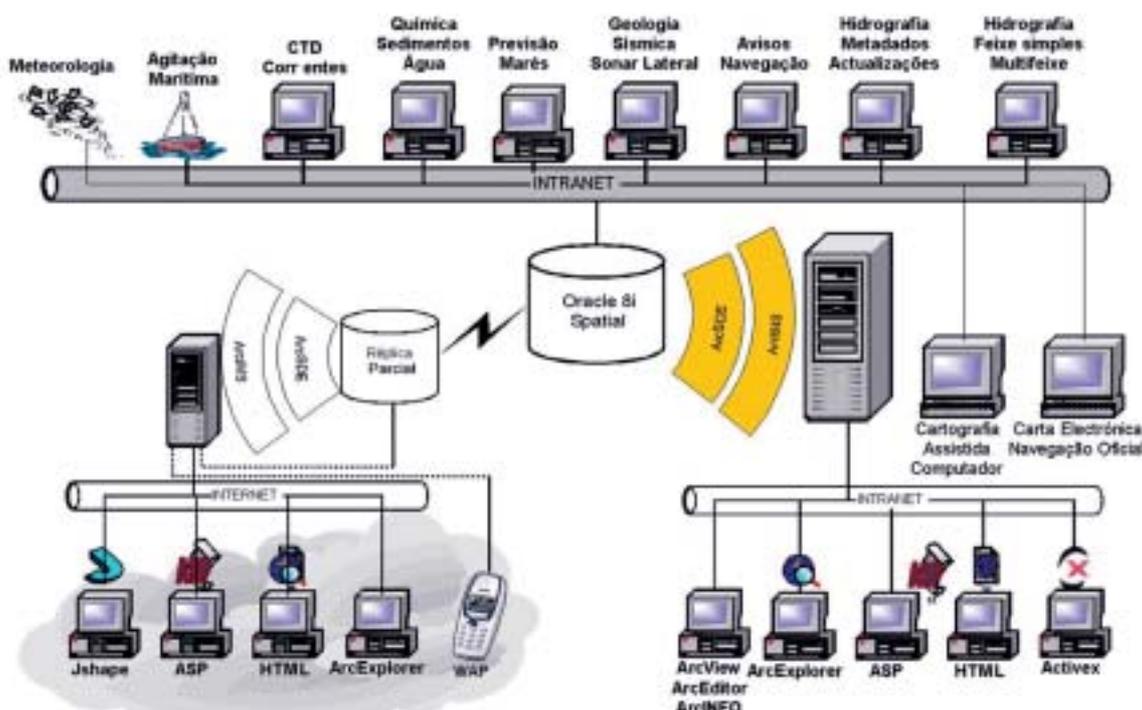


Fig. 1 – Esquema conceptual do Projecto SIGAMAR (Pacheco et al., 2002)

### 3. A origem dos dados disponíveis

As limitações dos visores (micro-browsers), impostas pela maioria dos actuais telemóveis, vêm condicionar o conteúdo, a qualidade de representação e o volume de dados a ser apresentado. Face a esta limitação, foram seleccionados, na fase de arranque, três tipos distintos de dados a serem facultados via WAP, dados de previsão de maré, dados de agitação marítima e fases da lua.

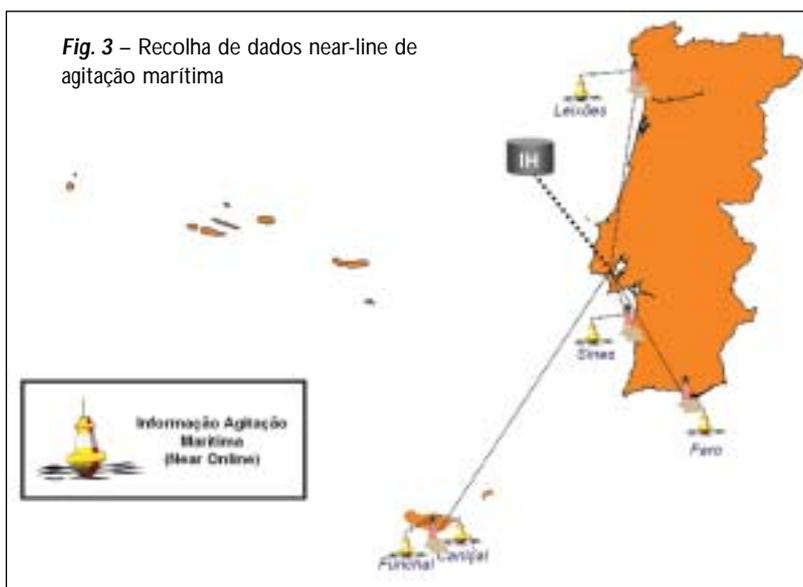
Tendo sido os primeiros a serem ensaiados via WAP, os dados da previsão de maré estão disponíveis numa réplica da base de dados interna ao IH (ver Figura 1), o que permite salvaguardar, em termos de segurança física, qualquer intervenção externa ao servidor de dados do IH. Antes de chegar a esta fase de disponibilidade existe, contudo, um longo processo na obtenção dos dados. O IH dispõe, em conjunto com outras entidades estatais, de uma vasta rede de marégrafos (Figura 2). O processamento desses dados permite obter e actualizar as chamadas «constantes harmónicas», a partir das quais são executadas as previsões de maré. O processo de observação contínua torna possível estabelecer uma previsão de maré mais rigorosa.

Após a obtenção dos dados de previsão, estes são carregados para a base de dados interna do IH, sendo efectuada uma réplica para a base de dados externa. A forma de disponibilizar estes dados via WAP será abordada adiante.

O segundo tipo de dado a disponibilizar via WAP são os de agitação marítima. Neste caso, os dados não estão simplesmente existentes na base de dados, com carregamento feito por processos tipo «batch», mas ao invés são

carregados com uma certa periodicidade e dos quais o utilizador requer sempre a informação mais recente (dados «near-line»). Para os obter, o IH, em cooperação com várias autoridades e administrações portuárias, tem acesso à informação constantemente lida por cinco bóias ondógrafo existentes ao largo de Portugal continental e sul da Ilha da Madeira. Essa informação é transmitida via «radio-link» para uma estação costeira (normalmente sediada num farol), estação essa que está

Fig. 3 – Recolha de dados near-line de agitação marítima

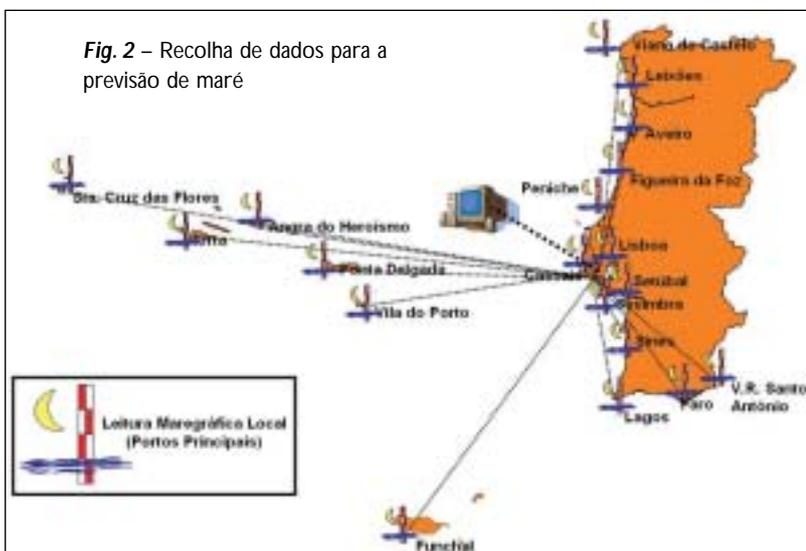


munida de um computador provido de um modem ao qual o IH faz leituras, via telefone, dos últimos registos com uma periodicidade de 4 horas – Figura 3 –. Após essa informação chegar à sede do IH, é accionado um *script* que carrega esses dados telefonicamente recolhidos para a base de dados. Evidentemente, para estes dados se tornarem de acesso público, e à semelhança dos da previsão de marés, ter-se-á que efectuar uma réplica para a base de dados externa.

Finalmente, foi considerado disponibilizar mais um tipo de dados via WAP. Uma vez que a informação existe na base de dados externa e que tem importância relevante para uma certa audiência, o IH faculta também o acesso via WAP aos dados das fases da Lua. Esta informação é cedida pelo Observatório Astronómico de Lisboa – Figura 4 – e é simplesmente carregada em formato «batch» para a base de dados.

Assim, na totalidade, o IH disponibiliza no formato WAP três tipos de dados considerados de cidadania. É de prever que outros possam a vir ser disponibilizados, mediante protocolos estabelecidos com as operadoras móveis.

Fig. 2 – Recolha de dados para a previsão de maré





poderia ser consultada, com as restrições impostas na programação das páginas ASP (Active Server Pages) residentes no servidor do IH. Esta informação pode ser consultada em [www.hidrografico.pt](http://www.hidrografico.pt) (Dados on-line) conforme Figura 6. Sendo um protocolo baseado na Internet, o WAP vem agora alargar o leque de acessos a esta informação.

### 5. Difusão via WAP

Tendo como pilar o projecto SIGAMAR, e usufruindo das capacidades oferecidas pelo WAP, é agora possível estender o acesso à informação para apoio à decisão em locais

### 4. Os meios de difusão da informação

O IH já disponibiliza há algum tempo informação de cidadania, seja através dos jornais diários (informação sobre marés) ou até mesmo por meio do teletexto da televisão pública – Figura 5 –. Na realidade, como tudo, a difusão da informação está dependente da tecnologia disponível.

Nesta ordem de ideias e com recurso às tecnologias da informação disponíveis, o IH, através da sua página oficial na Internet, iniciou uma acção pioneira em disponibilizar os dados acima mencionados com o recurso à Web (Hello *et al*, 1998). Desta forma a réplica da base de dados disponibilizada para o público

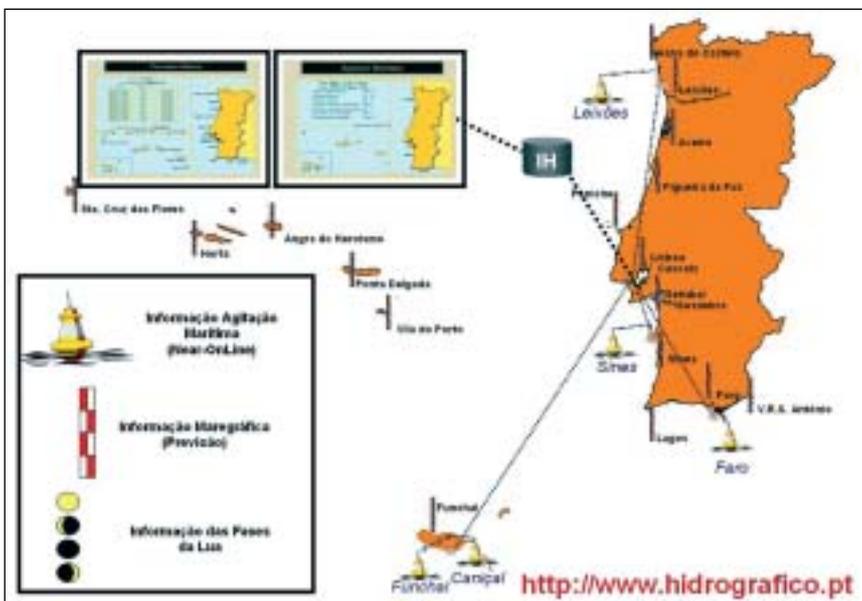


Fig. 6 – Acesso aos dados via Internet

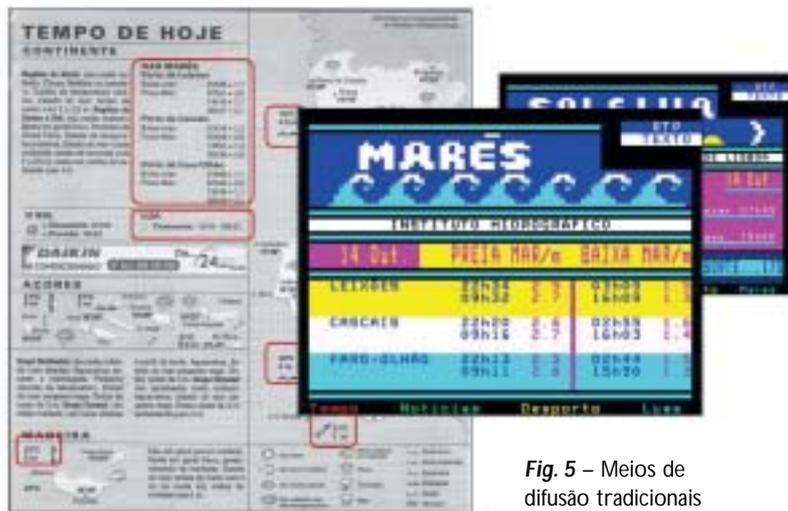


Fig. 5 – Meios de difusão tradicionais

que não os tradicionais. Esta tecnologia permite, através de um «micro-browser», o acesso e visualização de conteúdos da Internet que sejam desenvolvidos na sua linguagem nativa, a WML. A WML, baseada no XML (Extendable Markup Language) segue um tipo de definição de documento (DTD – para interpretação dos conteúdos) baseado numa organização, a WapForum, que tem como finalidade padronizar a WML. Informação complementar sobre esta organização, está disponível em [www.wapforum.org](http://www.wapforum.org).

O modo de operação deste tipo de arquitectura para navegar na Internet é muito semelhante à Internet «clássica». A única diferença reside no facto que, em vez de aceder directamente a uma máquina na rede da Internet, ter-



Fig. 7 – Arquitectura do serviço WAP

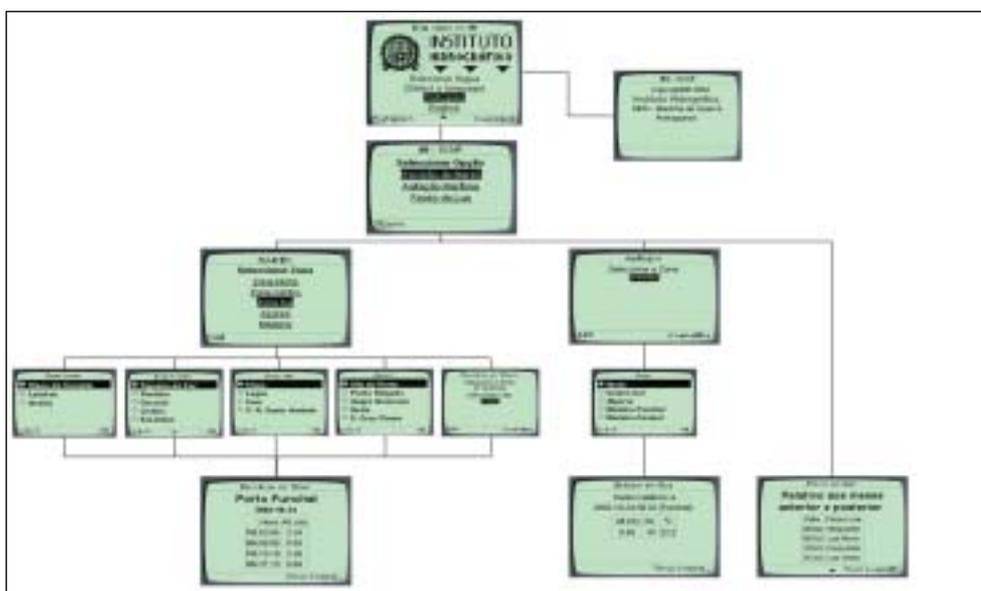


Fig. 8 – Modelo de navegação no site Wap do IH

se-á que estabelecer primeiramente a comunicação com um WAP Gateway (o equivalente ao ISP da Internet), traduzindo este a linguagem WML codificada em WML nativo. De resto o processo é semelhante e corre tudo sobre o protocolo http.

A página inicial do site WAP do IH reside no WAP Gateway da Vodafone e pode ser acedida através do URL WAP <http://pwap.nexinet.pt/nx12346a/default.wml>.

De salientar que, independentemente da rede que o utilizário subscreva, o custo é sempre relativo à operadora com a qual se tem contrato e não depende da operadora onde está alojado o site WAP (permitindo um baixo custo de acessibilidade a este serviço).

Após aceder à página inicial, tudo o resto é processado no IH, isto é, toda a informação requerida pelo utilizador móvel vai ser gerada no IH através de uma página ASP (Active Server Pages) concebida para o efeito. Essa página ASP (Figura 7) toma como valores de entrada, por exemplo, o porto e o dia do qual se pretende saber a maré e gera, em seguida, uma declaração SQL que será passada à base de dados para inter-rogação. Esta responde com o conjunto de valores que constitui a maré para esse determinado dia, e a própria

página ASP gera um documento WML que enviará via http para o Wap Gateway que, de seguida, o reenviará para o telemóvel (depois de passar a WML codificado).

Os modelos de navegação nos sites WAP são basicamente modelos hierárquicos, com menus e sub-menus. À data desta publicação, o site WAP do IH está estruturado da seguinte forma (ver figura 8).

## 6. Conclusões

Apesar da tão divulgada morte anunciada do WAP perante tecnologias mais poderosas que estão a despontar, fica aqui presente uma prova de que ainda se podem tirar mais-valias com esta tecnologia, pelo menos num horizonte de alguns anos. É de destacar que o facto de tirar proveito de uma

infra-estrutura já existente (as bases de dados que alimentam o projecto SIGAMAR) fez com que o custo de desenvolvimento desta aplicação fosse bastante reduzido. Estão disponíveis na Internet vários SDK (kits de desenvolvimento) para aplicações desta natureza. Para além disso, diversas operadoras permitem a criação de páginas WAP, tal como já acontecia há uns anos a esta parte no que respeita às páginas pessoais na Internet.

Este pequeno passo permitirá no futuro, abrir diversas portas à interligação dos telemóveis com a informação geo-referenciada. Como exemplo, poder-se-á recorrer a um Palmtop com um mapa geo-referenciado e, utilizando a já disponível tecnologia Bluetooth, passar informação existente algures numa base de dados espacial via telemóvel para uma camada espacial a sobrepor ao mapa (Nganga e Campos, 2001).

Com a entrada em operação da UMTS (3.<sup>a</sup> geração de comunicações móveis) e até mesmo já a antecipar as perspectivas para as 4.<sup>a</sup> e 5.<sup>a</sup> gerações, o conceito de suporte de decisão em gabinete deixará de existir por completo.

Presentemente, é de antever que novos serviços possam ser disponibilizados a curto prazo, passando não

só pelo recurso ao WAP, mas também pela utilização do SMS (Short Messaging Service). Um exemplo deste último tipo de serviço seria a integração dos avisos aos navegantes promulgados pelo IH ou por autoridades marítimas locais, com especial relevo para os Avisos Locais, através de uma subscrição efectuada entre o utilizador e uma operadora móvel nacional.

## Referências

ABREU, M.P., R. CHUMBINHO (1996): «O Sistema de Informação Geográfica sobre o Ambiente Marinho». Anais do Clube Militar Naval, 398-402.

HELLO, D., G. DENIS, K. MILLARD, M. OLAYA, A. ROUX, H. HECHT,

G. BÜTTGENBACH, R. CHUMBINHO, L. STEFANELL (1998): «Added Value Information Dissemination from hydrographic data sets (AVID)»

NGANGA, S. A. CAMPOS (2001). «Supporting Coastal and Marine Monitoring by Remotely Accessing Data Using Spatial Fusion and WAP» Proceedings of CoastGIS conference, Halifax, Canadá.

BUCKINGHAM S. (2000). «An Introduction to YES 2 WAP». <http://www.gsmworld.com/technology/yes2wap.html#1>, May.

MOBILE LIFESTREAMS LTD (2000), «Data on 3G - An Introduction to the Third Generation». <http://www.mobileipworld.com/wp/positioning.htm>, Nov.

Pacheco, M., R. Chumbinho, R. Baptista, A. Lopes, J. Teixeira (2002). «SIGAMAR» ESIG2002, Lisboa.

# Provas de governo e manobra do NRP «Orion»

Sardinha Monteiro, CAPITÃO-TENENTE

Abrantes Horta, CAPITÃO-TENENTE

**Resumo** Desde há longos anos que o Instituto Hidrográfico realiza provas de governo e manobra a navios, não só da Marinha Portuguesa, como a outros que o solicitem. Inicialmente as provas eram desenhadas à mão, por desenhadores treinados. Com a proliferação dos computadores desenvolveu-se, na década de 90, uma aplicação informática para o efeito, que corria sobre MSDOS e utilizava um *plotter* dedicado para fazer o traçado das provas. No entanto, ela tornou-se obsoleta e o Instituto Hidrográfico desenvolveu, recentemente, uma nova aplicação, designada por *PROGOMAN*, que corre sobre as versões mais recentes de WINDOWS (incluindo WIN 2000 e WIN NT) e que efectua o traçado das provas numa impressora comum. Esta aplicação baseia-se nos padrões recomendados pela Organização Marítima Internacional para este tipo de provas e efectua a aquisição e tratamento de dados, bem como o traçado das provas.

As provas do NRP «Orion» foram o primeiro teste desse novo programa, constituindo a retoma de uma capacidade que estava de certa forma perdida desde há quase 7 anos, pois a obsolescência da anterior aplicação informática impedia a realização de provas de governo e manobra pelo Instituto Hidrográfico: as últimas provas realizadas tinham sido ao NRP «Bérrio» em Julho de 1995.

**Abstract** *The Portuguese Hydrographic Office has been doing trial manoeuvres, to ships of the Portuguese Navy and others which require the service, for several years. Initially, the trials were drawn by hand, by professional drawers. With the proliferation of computers, an application was developed, in the nineties, for this purpose. It ran over MSDOS and used a dedicated plotter. However, this application became obsolete and a new one was developed recently. This application, which runs over the latest versions of WINDOWS, including WIN 2000 and WIN NT, is called PROGOMAN and draws the trials on a common printer. It is based on the recommended standards of the International Maritime Organisation for this type of trials and is able to gather the data, as well process it and draw the trials.*

*The trials manoeuvres of NRP «Orion» were the first test of this application and meant regaining an ability which was, in a certain way, lost since 1995. The age of the previous application hampered conducting trial manoeuvres for almost 7 years: the last trials had been conducted with NRP «Bérrio», in July 1995.*

## 1. Introdução

O NRP «Orion» é a segunda lancha da classe «Centaurus», que integra um conjunto de 4 unidades, recentemente aumentadas ao efectivo dos navios da Armada: a «Centaurus» e a «Orion», construídas no Arsenal do Alfeite, e a «Pégaso» e a «Sagitário», construídas nos Estaleiros Navais do Mondego. São Lanchas de Fiscalização Rápidas (LFR) construídas em alumínio, com um comprimento total de 28,4m. A sua guarnição é composta por 8 militares (1 oficial, 1 sargento e 6 praças) e destinam-se à realização de missões de fiscalização de pesca, de busca e salvamento e de patrulhamento marítimo.

O contrato de entrega destas lanchas à Marinha Portuguesa previa a realização de provas de governo e

manobra, cujo objectivo consiste em determinar os elementos evolutivos de um navio, ou seja os elementos de informação relativos à forma como ele reage aos efeitos do leme e do aparelho propulsor. As Instruções de Navegação da Armada [Ref. 1] prescrevem a determinação dos elementos evolutivos dos navios da Marinha sempre que um navio seja aumentado ao efectivo (como aconteceu com as lanchas da classe «Centaurus»), quando seja sujeito a alterações estruturais que afectem a sua manobrabilidade e sempre que se verifiquem diferenças significativas entre o comportamento do navio e aquele indicado pelos elementos evolutivos disponíveis<sup>1</sup>.

As provas de governo e manobra são realizadas, em regra, pelo Instituto Hidrográfico, que até 1995 emprega-

<sup>1</sup> Estado Maior da Armada, Instruções de Navegação da Armada – 2, 26 de Agosto de 1998, p. 5-1.

va para o efeito uma aplicação informática denominada *PGM*. Esta aplicação tinha sido desenvolvida no próprio Instituto e corria sobre MSDOS, utilizando um *plotter* dedicado para fazer o traçado das provas. No entanto, ela tornou-se obsoleta e o Instituto Hidrográfico desenvolveu, recentemente, uma nova aplicação, designada por *PROGOMAN*, que corre sobre as versões mais recentes de WINDOWS (incluindo WIN 2000 e WIN NT) e que efectua o traçado das provas num impressora comum de laser ou de jacto de tinta. Esta aplicação baseia-se nos padrões recomendados pela Organização Marítima Internacional (OMI) para este tipo de provas e efectua a aquisição e tratamento de dados, bem como o traçado das provas.

As provas do NRP «Orion» foram o primeiro teste desse novo programa, constituindo a retoma de uma capacidade que estava de certa forma perdida desde há quase 7 anos, pois a obsolescência da anterior aplicação informática impedia a realização de provas de governo e manobra pelo Instituto Hidrográfico: as últimas provas realizadas tinham sido ao NRP «Bérrio» em Julho de 1995.

## 2. Condições de realização das provas

### 2.1 Normas da Organização Marítima Internacional (OMI) aplicáveis

O documento base da OMI que orienta a realização das provas de governo e manobra é a resolução A.751 (18), de 4 de Novembro de 1993 [Ref. 2]. Esta resolução intitula-se «*Interim Standards for Ship Manoeuvrability*» e foi, um ano após a sua aprovação, complementada por uma circular do Comité de Segurança Marítima da OMI, intitulada «*Explanatory Notes to the Interim Standards for Ship Manoeuvrability*», datada de 6 de Junho de 1994 [Ref. 3]. Está também em vigor uma outra circular do Comité de Segurança Marítima da OMI, anterior a esses 2 documentos, intitulada «*Interim Guidelines for Estimating Manoeuvring Performance in Ship Design*», datada de 10 de Janeiro de 1985 [Ref. 4].

Estes documentos servem, sobretudo, para orientar a realização de provas de governo e manobra de navios de comprimento igual ou superior a 100 m, possuindo, também, alguns critérios que facilitam a interpretação dos resultados obtidos. No entanto, não se aplicam nem a navios de comprimento inferior a 100 m, nem a embarcações de alta velocidade, categoria em que se en-

quadram as lanchas da classe «Centauro»<sup>2</sup>.

Desta forma, desses documentos retirou-se, basicamente, a lista das provas a efectuar, a forma de as conduzir e as condições meteorológicas limite para a realização das provas.

Os critérios neles enumerados para avaliar a manobrabilidade dos navios são específicos para navios de grandes dimensões, não sendo aplicáveis a lanchas como as «Cen-



Fig. 1 – Lancha rápida «Orion»

tauro», pelo que não serão adoptados na análise de resultados. Quanto à lista das provas a efectuar, convém referir que a OMI recomenda um programa de provas relativamente reduzido, pois a sua preocupação é garantir que os navios possuem boa manobrabilidade e boa estabilidade e não elaborar um programa de provas que permita a determinação exaustiva dos elementos evolutivos dos navios para navegação em águas restritas. Desta forma, as provas recomendadas correspondem a situações extremas, assumindo-se que se os navios tiverem um bom desempenho nessas situações, então também o terão nos casos intermédios. Por exemplo, a OMI apenas obriga à realização de uma prova de paragem: a extinção forçada de velocidade, à velocidade de teste, que dará uma indicação sobre a capacidade de paragem do navio numa situação extrema. Além disso, a OMI recomenda que as provas se façam com o navio na condição de deslocamento máximo<sup>3</sup>, uma vez que se assume que se o navio tiver um comportamento aceitável nessa situação, então as suas qualidades evolutivas serão certamente melhores com menores deslocamentos.

<sup>2</sup> O Código Internacional de Segurança para Embarcações de Alta Velocidade (*International Code of Safety for High Speed Craft*), aprovado pela OMI em 1994, define como embarcações de alta velocidade todas aquelas capazes de atingir velocidades máximas (em m/s) iguais ou superiores a  $3,7 \times \text{Deslocamento}^{0,1667}$ . Esta fórmula tem sido alvo de bastante controvérsia, pois funciona mal para navios de pequena tonelagem, como é o caso das lanchas da classe «Centauro». Estas lanchas têm um deslocamento máximo carregadas de 89 toneladas, pelo que teremos  $3,7 \times 89^{0,1667} = 7,82$ . Como a velocidade máxima destas lanchas é de cerca de 12,9 m/s (25'), temos que elas se enquadram na definição de embarcações de alta velocidade, o que até tem alguma lógica. O que já tem menos lógica é que bastaria que essas lanchas atingissem uma velocidade máxima na ordem de 8 m/s (16') para que caíssem no âmbito dessa classificação.

<sup>3</sup> Organização Marítima Internacional, Resolução A751(18), «*Interim Standards for Ship Manoeuvrability*», 4 de Novembro de 1993, parágrafo 4.2.3.

## 2.2 Condições meteorológicas

As provas à lancha «Orion» foram realizadas a Sul de Sesimbra numa área onde as profundidades eram superiores a 100 m. O vento soprou sempre do quadrante SW, com força 3/4 (escala de Beaufort) no dia 30 e força 1 (escala de Beaufort) no dia 31. A ondulação predominou da direcção SSW com uma altura de cerca de 1,5 m no dia 30, passando a WSW e altura de cerca de 0,5 m no dia 31. O estado do mar era caracterizado por vaga inferior a 1,25 m (nível 3 na escala de Douglas), no dia 30, e por mar chão a encrespado: vaga inferior a 0,5 m (entre nível 1 e nível 2 na escala de Douglas), no dia 31. Relativamente à corrente na área, os dados oceanográficos existentes indicam que as correntes de maré são fracas, correndo no sentido E-W, e as correntes oceânicas são desprezáveis.

Refira-se que os limites meteorológicos recomendados pela OMI para a realização de provas de governo e manobra, em navios de comprimento igual ou superior a 100 m, são os seguintes<sup>4</sup>:

- Profundidade não inferior a 4 vezes o calado;
- Vento não superior a força 5 da escala de Beaufort (17' a 21');
- Vaga não superior a 4 na escala de Douglas (1,25 a 2,25 m);
- Corrente uniforme.

	Profundid.	Intensidade vento	Vaga
30 de Janeiro	>100m	Força 3 a 4 da escala de Beaufort (7' a 16')	Nível 3 da escala de Douglas (0,5m a 1,25m)
31 de Janeiro	>100m	Força 1 da escala de Beaufort (< 3')	Nível 1 a 2 da escala de Douglas (< 0,5m)
Condições limite (para navios de comprimento superior a 100m) Marítima da OMI)	> 4Xcalado(m) > 6m	Força 5 da escala de Beaufort (< 21')	Nível 4 da escala de Douglas (1,25m a 2,25m)

Fonte: Circular 644 de 6 de Junho de 1994 do Comité de Segurança.

Tab. 1 – Condições meteorológicas nos dias das provas em comparação com as recomendadas

Para provas efectuadas em navios de comprimento inferior a 100 m, a OMI não estabelece valores limite, embora se possa extrapolar que para navios menores as condições meteorológicas e de mar devam ser ainda melhores. Desta forma, considera-se que no primeiro dia de provas (30 de Janeiro) as condições não eram as mais adequadas. No entanto, foi decidido experimentar

<sup>4</sup> Organização Marítima Internacional (Comité de Segurança Marítima), Circular 644, «Explanatory Notes to the Interim Standards for Ship Manoeuvrability», 6 de Junho de 1994, parágrafo 2.2.1.2.1.

fazer 1 ou 2 provas de giração para avaliar, com recurso a um PC portátil que desenhava em tempo real o comportamento do navio, se os resultados eram, ou não, satisfatórios. Após as primeiras curvas de giração, concluiu-se que o estado do mar não estava a afectar significativamente o comportamento do navio<sup>5</sup>, pelo que se decidiu prosseguir com a realização das curvas de giração e com as provas de desfazer a guinada, deixando para outro dia a realização das restantes provas.

Além disso, 2 das provas de giração foram constituídas por 2 rotações completas (provas de giração de 720°) o que permitiu determinar, *a posteriori*, o efeito combinado do vento, ondulação e corrente sobre o navio em evolução. Este método consiste em comparar os pontos homólogos obtidos nas 2 rotações (pontos desfasados de 360°) e, medindo a sua diferença, determinar a intensidade e direcção do movimento induzido por esses factores externos (ver figura 2).

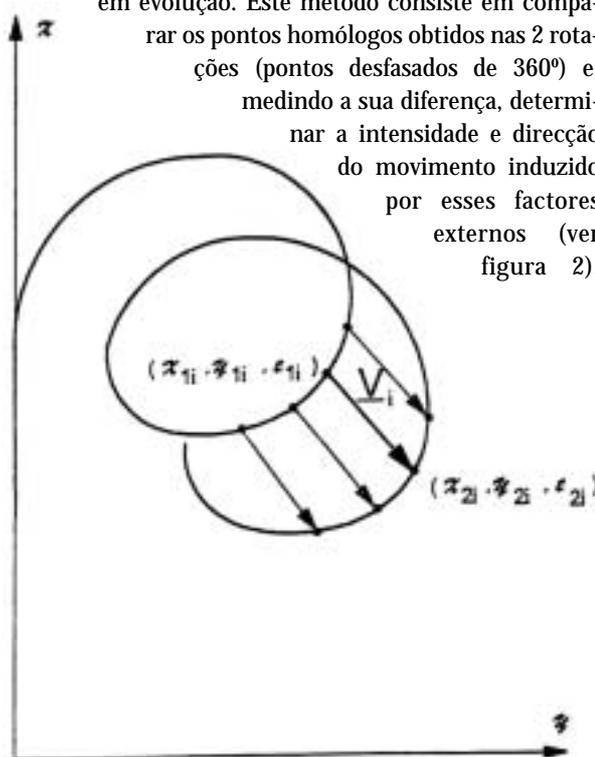


Fig. 2 – Determinação gráfica do efeito combinado do vento, ondulação e corrente sobre o navio em evolução

Na curva de giração a 20' e com todo o leme para EB, os factores meteo-oceanográficos tiveram uma intensidade de 0,8' e fizeram-se sentir na direcção NNE. Na curva de giração a 20' e com todo o leme para BB, obteve-se um valor de 0,4' para a intensidade, sendo a direcção aproximadamente N.

Desta forma, constatou-se, *a posteriori*, que o efeito dos factores meteo-oceanográficos no primeiro dia de provas não foi muito significativo, pese embora a ondulação ter estado acima do desejável.

<sup>5</sup> A única variável que estava a ser afectada pelo estado do mar era a inclinação do navio, que, no entanto, é uma variável de interesse relativamente reduzido, pois os dados que mais interessa processar são a hora, posição, proa e velocidade.

### 2.3 Condições de carregamento do navio

O NRP «Orion» apresentava as seguintes condições de carregamento nos dias das provas:

#### *Imersões e deslocamento em 30 de Janeiro*

- Calado AV = 1,5 m
- Calado AR = 1,2 m
- Deslocamento calculado = 86 ton.

#### *Imersões e Deslocamento em 31 de Janeiro*

- Calado AV = 1,4 m
- Calado AR = 1,2 m
- Deslocamento calculado = 83 ton.

Conforme já foi referido, a OMI recomenda que as provas se efectuem com o navio na condição de deslocamento máximo, que no caso destas lanchas corresponde a 94,27 toneladas. No entanto, para efeitos de determinação das qualidades evolutivas do navio para navegação em águas restritas é mais adequado realizar as provas com o navio próximo do seu deslocamento operacional, pois é nessa situação que ele navega habitualmente. No caso das LFR, o seu deslocamento operacional varia entre 75 ton. (mínimo operacional) e 89 ton. (máximo operacional), pelo que se considera que as condições de carregamento que o NRP «Orion» apresentava nos dias das provas eram adequadas.

## 3. Programa de provas

O programa de provas de governo e manobra das LFR da classe «Centaurus» incidiu em provas que permitiram tirar conclusões sobre a estabilidade do navio, deixando para segundo plano as provas de determinação dos elementos evolutivos necessários à condução da navegação<sup>6</sup>. Desta forma, seguiu-se um programa de provas que corresponde, genericamente, a uma versão aumentada do conjunto de provas recomendadas pela OMI.

De qualquer maneira, as provas realizadas permitem a determinação dos elementos evolutivos mais relevantes desta classe de navios, que constituirão, certamente, um bom auxiliar para a condução da navegação em águas restritas.

As provas realizadas ao NRP «Orion» foram as seguintes:

<sup>6</sup> Se o objectivo primário destas provas fosse a determinação dos elementos evolutivos das lanchas, então ter-se-iam realizado mais curvas de giração (a outras velocidades e com outros ângulos de leme) e outras provas de paragem, prescindindo das provas de zig-zag, desfazer a guinada e espiral directa, que são provas destinadas, essencialmente, a avaliar a estabilidade dinâmica dos navios.

#### ■ 4 Curvas de giração:

- 2 curvas de giração à velocidade máxima (25') e com todo o leme (para EB e para BB);
- 2 Curvas de giração a 20' e com todo o leme (para EB e para BB).

#### ■ 3 Provas de paragem:

- Prova de extinção forçada de velocidade à velocidade máxima (25');
- Prova de extinção natural de velocidade à velocidade máxima (25');
- Prova de extinção natural de velocidade a 20'.

#### ■ 1 Prova de zig-zag (35º/35º) a 15'.

#### ■ 2 Provas de espiral directa:

- Partindo de 15º de leme a BB até atingir 15º de leme a EB e regressando aos 15º de leme a BB, com alterações de leme sucessivas de 5º (velocidade: 15');
- Partindo de 15º de leme a BB até atingir 15º de leme a EB e regressando aos 15º de leme a BB, com alterações de leme sucessivas de 5º (velocidade: 20').

#### ■ 4 Provas de desfazer a guinada:

- 35º leme a EB/leme a meio (velocidade: 25');
- 35º leme a BB/leme a meio (velocidade: 25');
- 35º leme a EB/leme a meio (velocidade: 20');
- 35º leme a BB/leme a meio (velocidade: 20').

## 4. Metodologia

De acordo com as recomendações da OMI, os dados a recolher, dependendo do tipo de prova, são os seguintes:

- Posição;
- Proa;
- Velocidade;
- Rotações por minuto (rpm) dos motores principais;
- Ângulo de leme;
- Vento.

Além destes dados, deve também registar-se sempre a hora, sendo que a OMI recomenda que o intervalo de registo de dados não seja superior a 20 segundos<sup>7</sup>.

No caso presente, quando justificável, foram também registados manualmente os valores de inclinação do navio. No entanto, os dados de inclinação recolhidos no primeiro dia de provas foram pouco conclusivos, devido ao estado do mar, pelo que se decidiu não os tomar em consideração.

<sup>7</sup> Organização Marítima Internacional (Comité de Segurança Marítima), Circular 644, «*Explanatory Notes to the Interim Standards for Ship Manoeuvrability*», 6 de Junho de 1994, parágrafo 2.2.2.3.

Para a aquisição dos dados de hora, posição e proa do navio, foi utilizado o sistema automático de aquisição e processamento de dados hidrográficos HYPACK, instalado num computador portátil.

O sistema de posicionamento utilizado foi o DGPS (*Differential Global Positioning System*) tendo sido instalada uma estação de referência no Farol do Forte do Cavalo, em Sesimbra. A bordo do NRP «Orion» foi instalado um receptor TRIMBLE DSM 212H ligado a um *rádio link* MOTOROLA para receber as correcções enviadas, em UHF, pela estação de referência. A antena do receptor foi instalada na ponte alta do navio a 14,25 m de distância da proa, pelo que todos os traçados das provas efectuadas correspondem ao trajecto da antena. Os dados do posicionamento foram gravados automaticamente, durante a execução das provas, com recurso ao sistema HYPACK, a intervalos de cerca de 3 segundos.

Para a obtenção da proa do navio recorreu-se a uma agulha de fluxo SIMRAD RFC35N NMEA COMPASS que foi ligada ao sistema HYPACK, conseguindo-se assim, também de forma automática, os dados correspondentes à proa do navio, que foram gravados com o intervalo mínimo permitido pela agulha de fluxo, que anda na ordem de 2 a 3 décimos de segundos (este intervalo não é constante). A agulha foi instalada na ponte alta, sobre a linha de mediania do navio, num suporte de material não magnético, com cerca de 0,5 m de altura para reduzir os efeitos do magnetismo do navio sobre a agulha. Antes do início das provas foi efectuada a calibração da agulha, operação que consistiu em duas rotações do navio, cruzando por 3 vezes o ponto cardeal Norte, efectuadas a velocidades e ângulos de leme tais que as rotações tivessem a duração de aproximadamente 5 minutos. Com esta operação foram eliminados os desvios da agulha.

Os restantes dados, nomeadamente velocidade, rpm e ângulos de leme, foram registados manualmente, para o que foram dados «foras» de 10 em 10 segundos em todas as provas, com excepção da extinção forçada da velocidade em que foram dados «foras» de 5 em 5 segundos. Os ângulos de leme só foram registados quando foram dadas ordens para o leme.

De referir ainda, que o odómetro do navio se encontrava avariado. Para fazer face a esta limitação, todos os valores de velocidade foram obtidos a partir do receptor GPS de bordo<sup>8</sup>. Este procedimento tinha dois inconvenientes:

- a velocidade indicada era a velocidade verdadeira, ou seja a velocidade em relação ao fundo (*Speed Over Ground*), e não a velocidade à superfície

(*Speed Over Water*), que era a que se pretendia. Ou seja, esta velocidade está afectada pela corrente, que, no entanto, é geralmente desprezável na baía de Sesimbra;

- a velocidade indicada era pouco precisa, pois baseava-se em posições GPS, cujo erro anda na ordem dos 13m a 36m (95%)<sup>9</sup>. No entanto, como o erro do GPS varia muito lentamente as velocidades fornecidas pelo GPS acabam por ser relativamente pouco afectadas por esse erro do GPS.

Relativamente ao vento, considerou-se que ele se manteve constante, pelo que o seu valor só foi registado no início de cada um dos 2 dias de provas.

## 5. Provas de giração

As provas de giração destinam-se a avaliar a capacidade de *guinada* (*turning ability*)<sup>10</sup> dos navios, estimando os parâmetros característicos das curvas de giração para vários ângulos de leme e regimes de máquinas. A OMI recomenda que sejam efectuadas à *velocidade de teste* (*test speed*), usando 35° de leme ou o máximo leme permitido, para BB e EB. A velocidade de teste está definida pela OMI como sendo uma velocidade correspondente a pelo menos 90% da velocidade do navio com 85% da potência máxima nas máquinas<sup>11</sup>. No caso das lanchas da classe «Centaurus», a máquina a toda a força corresponde a 1900 rpm, sendo que 85% desse valor são 1615 rpm, que equivale a pouco mais de 20'. A velocidade de teste seria, portanto, a correspondente a pelo menos 90% desse valor. Desta forma, poderia adoptar-se uma velocidade de teste entre 18' e 20', tendo-se optado por este último valor por uma questão de facilidade. Além das provas de giração a 20', foram também efectuadas curvas à velocidade máxima, que corresponde a aproximadamente 25'.

Na realização das provas de giração devem, sempre que possível, efectuar-se 2 rotações consecutivas (equivalentes a 720°) para obter uma estimativa do efeito conjunto do vento, ondulação e corrente, conforme já referido (ver figura 2). No caso concreto do NRP «Orion», só se adoptou esse procedimento nas curvas feitas à velocidade de teste, tendo as provas correspondentes à velocidade máxima constado de rotações de apenas 360°.

Os parâmetros essenciais a obter nas provas de giração são o avanço máximo, o afastamento lateral

<sup>8</sup> O receptor DGPS TRIMBLE DSM 212H poderia dar a informação de velocidade muito mais exacta do que a obtida no receptor GPS de bordo, pois o primeiro emprega o DGPS enquanto este último calcula as velocidades com base nas posições de GPS natural, que possuem em erro não negligenciável. No entanto, o receptor DGPS TRIMBLE DSM 212H não estava programado para dar a informação de velocidade, pelo que se usou o receptor GPS do navio.

<sup>9</sup> USA Department of Defense, «GPS Standard Positioning Service Performance Standard», Outubro de 2001, p. 15.

<sup>10</sup> A capacidade de guinada mede a reacção do navio à introdução de um determinado ângulo de leme.

<sup>11</sup> Organização Marítima Internacional, Resolução A751(18), «Interim Standards for Ship Manoeuvrability», 4 de Novembro de 1993, parágrafo 3.2.1.

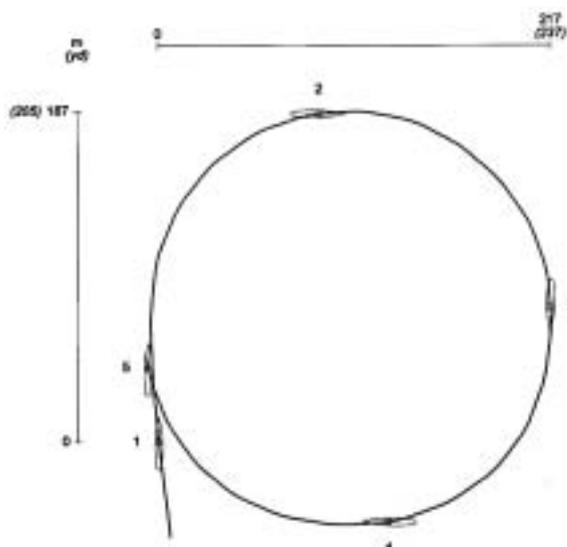


Fig. 3 – Curva de giracão para EB a 1900 rpm

máximo, o diâmetro táctico e o tempo de evolução, cujos valores se apresentam na tabela 2. Além destes parâmetros, existe outro elemento bastante importante para a condução da navegação: o retardo da guinada, que indica a distância que o navio percorre no rumo inicial, devido à inércia, logo após se meter leme a um bordo.

A reduzida duração das provas de giracão desta lancha dificulta bastante a sua análise, pois qualquer

- o diâmetro táctico equivale a cerca de 7,5 comprimentos do navio, tanto na guinada para um bordo como para o outro;
- o retardo da guinada (determinado de forma gráfica a partir do desenho das curvas de giracão) é da ordem dos 3 comprimentos do navio, o que significa que a 20' não é possível, mesmo carregando todo o leme a um bordo, evitar um obstáculo que se apresente à proa a menos de 3 comprimentos do navio.

Relativamente às curvas efectuadas à velocidade máxima (25'), importa notar o seguinte:

- o avanço máximo varia entre cerca de 6,5 comprimentos do navio (na guinada para EB) e cerca de 7 comprimentos (na guinada para BB);
- o diâmetro táctico equivale a cerca de 7,5 comprimentos do navio, tanto na guinada para um bordo como para o outro;
- o retardo da guinada (determinado de forma gráfica a partir do desenho das curvas de giracão) é da ordem dos 4 a 5 comprimentos do navio, o que significa que a 25' não é possível, mesmo carregando todo o leme a um bordo, evitar um obstáculo que se apresente à proa a menos de 4 ou 5 comprimentos do navio.

VELOCIDADE	BORDO	AVANÇO MÁXIMO		AFAST. LAT. MÁX.		DIÂM. TÁCT. m (jj)	TEMPO EVOLUÇÃO min seg
		tempo min seg	distância m (jj)	tempo min seg	distância m (jj)		
25' (1900 rpm)	EB	00 23	187 (205)	00 41	217 (237)	217 (237)	01 15
	BB	00 24	196 (215)	00 41	212 (232)	212 (232)	01 19
20' (1600 rpm)	EB	00 26	186 (203)	00 47	217 (238)	216 (237)	01 21
	BB	00 25	156 (171)	00 43	213 (233)	213 (233)	01 21

Tab. 2 – Quadro resumo das curvas de giracão

efeito externo (como por exemplo, o vento, a vaga, a ondulação ou a corrente) por muito pequeno que seja, acaba sempre por ter um efeito de distorção que afecta o resultado final. Deve-se, provavelmente, a esses factores externos, a diferença verificada entre os resultados das curvas feitas à velocidade máxima e à velocidade de teste: o navio guinou ligeiramente melhor para EB do que para BB a 25', mas a 20' aconteceu o inverso.

Desta forma, embora se deva avaliar as curvas feitas à velocidade máxima com maior cautela por não se ter anulado o efeito da corrente, pode concluir-se que **o navio guina de forma semelhante para ambos os bordos**.

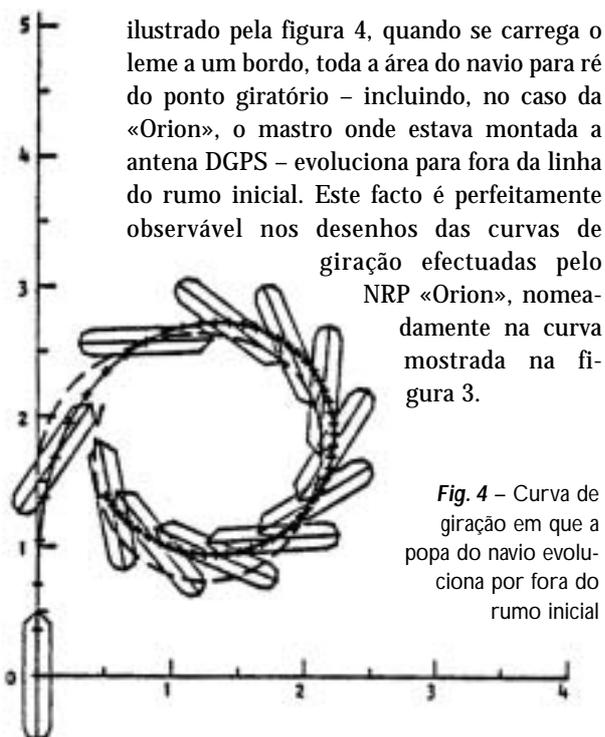
Relativamente às curvas efectuadas a 20', importa notar o seguinte:

- o avanço máximo varia entre cerca de 5,5 comprimentos do navio (na guinada para BB) e cerca de 6,5 comprimentos (na guinada para EB);

Finalmente, constatou-se em todas as curvas de giracão efectuadas que a lancha antes de começar a deslocar-se para o bordo para o qual o leme foi metido, se afastava ligeiramente para o bordo contrário. Isto aconteceu por a antena DGPS ter sido instalada para ré do ponto giratório do navio: conforme foi referido a antena DGPS estava localizada a 14,25 m da proa do navio, ao passo que o ponto giratório do navio (i.e. o ponto em volta do qual o navio gira) está em geral localizado entre 1/3 e 1/6 do comprimento do navio, a contar da proa<sup>12</sup>, ou seja entre cerca de 5 m e cerca de 9 m a partir da proa<sup>13</sup>. Conforme

<sup>12</sup> Rogério de Castro e Silva, «Arte Naval Moderna», 9.ª edição, Setembro de 1979, Capítulo XXIV, p. 481.

<sup>13</sup> A posição exacta do ponto giratório depende da forma da querena, da diferença entre os calados AV e AR e da velocidade do navio, pelo que seria extremamente complexo determinar a posição exacta do ponto giratório do NRP «Orion» em cada uma das provas.



ilustrado pela figura 4, quando se carrega o leme a um bordo, toda a área do navio para ré do ponto giratório – incluindo, no caso da «Orion», o mastro onde estava montada a antena DGPS – evoluciona para fora da linha do rumo inicial. Este facto é perfeitamente observável nos desenhos das curvas de giração efectuadas pelo NRP «Orion», nomeadamente na curva mostrada na figura 3.

Fig. 4 – Curva de giração em que a popa do navio evoluciona por fora do rumo inicial

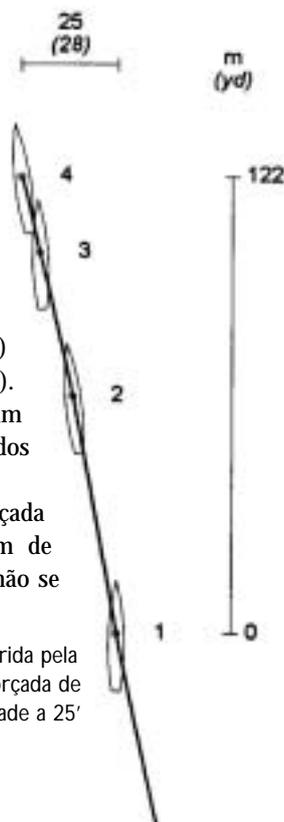
### 6. Provas de paragem

As provas de paragem, que compreendem as provas de extinção natural e de extinção forçada de velocidade, visam a determinação da distância e do tempo decorridos desde o momento em que foi dada a ordem de parar a máquina (no caso da extinção natural) ou de pôr máquinas a ré (no caso da extinção forçada de velocidade) até ao momento em que o navio se encontra parado em relação à água.

Com o NRP «Orion», foram efectuadas três provas de paragem: uma de extinção forçada à velocidade máxima (25'↔1900 rpm), metendo toda a potência a ré (ver figura 5), e duas de extinção natural, às velocidades máxima (25'↔1900 rpm) e de teste (20'↔1600 rpm). Apresenta-se, na tabela 3, um resumo com os dados obtidos mais relevantes.

Na prova de extinção forçada de velocidade, após a ordem de máquina a ré toda a força, não se

Fig. 5 – Trajectória percorrida pela lancha na prova de extinção forçada de velocidade a 25'



meteram as alavancas dos telégrafos AR TF de tacada, por motivos de condução da instalação propulsora. Desta forma, o procedimento efectuado foi o seguinte: a máquina foi parada, houve um tempo de espera de cerca de 2s e só então foi metida toda a potência a ré. A adopção deste procedimento destina-se a preservar a instalação propulsora, pois em anteriores ocasiões já foram sentidos problemas ao meter máquina a ré toda a força, de tacada.

Na prova de extinção forçada da velocidade, à velocidade máxima, o navio ficou parado na água em cerca de 4 comprimentos de navio.

Na extinção natural de velocidade, partindo da velocidade máxima, o navio parou em cerca de 8 comprimentos, após a ordem de pára a máquina. À velocidade de 20', o navio parou em cerca de 6 comprimentos.

Estes valores são bastante satisfatórios e denotam uma boa capacidade de paragem (stopping ability) <sup>14</sup> por parte destes navios.

Regime de máquinas	Distância m (ij)	Tempo min seg
<b>Extinção forçada da velocidade</b>		
1900 rpm – toda a potência a ré	122 (134)	00 18
<b>Extinção natural da velocidade</b>		
1900 rpm – pára a máquina	233 (255)	01 27
1600 rpm – pára a máquina	178 (195)	00 59

Tab. 3 – Quadro resumo das provas de paragem

### 7. Prova de zig-zag

A prova de zig-zag destina-se a avaliar a reacção do navio, quando o leme, que se encontrava carregado a um bordo, é carregado para o bordo contrário.

Após o navio se encontrar estável em proa e em velocidade (rpm constantes) inicia-se a prova metendo um determinado ângulo de leme a um bordo (1.ª execução). Assim que a proa atinge uma determinada variação (normalmente usa-se uma variação de proa igual ao ângulo de leme metido), carrega-se o leme com o mesmo valor de ângulo de leme, mas agora para o bordo contrário (2.ª execução). Por exemplo: iniciando a prova a navegar a Norte, metem-se 20° de leme a EB e quando o navio tiver guinado 20° para esse bordo, ou seja quando a proa for 020, carrega-se o leme ao bordo contrário, de forma a ficarem 20° de leme a BB, e assim sucessivamente. Esta prova designa-se por zig-zag 20°/20°, em que o primeiro valor representa o ângulo de leme usado e o segundo indica a desvio relativamente à proa original.

<sup>14</sup> A capacidade de paragem mede a reacção do navio à paragem das máquinas ou à introdução de máquinas a ré.

A prova de zig-zag tem por objectivo primordial avaliar a capacidade para aguentar a guinada (*yaw checking ability*)<sup>15</sup>, a qual se mede através dos excessos da guinada (*overshoot angles*), que representam a variação da proa verificada entre o momento em que é metido o leme para o bordo contrário ao que está introduzido e o momento em que se inverte a marcha da guinada.

A OMI recomenda a realização de 2 provas deste tipo: zig-zag 10º/10º e zig-zag 20º/20º, mas no caso concreto do NRP «Orion», foi efectuada apenas uma prova, à velocidade de 15', usando 35º de leme e variações de proa de 35º (zig-zag 35º/35º), tendo-se obtido os seguintes resultados:

Primeiro excesso da guinada: 20º

Segundo excesso da guinada: 20º

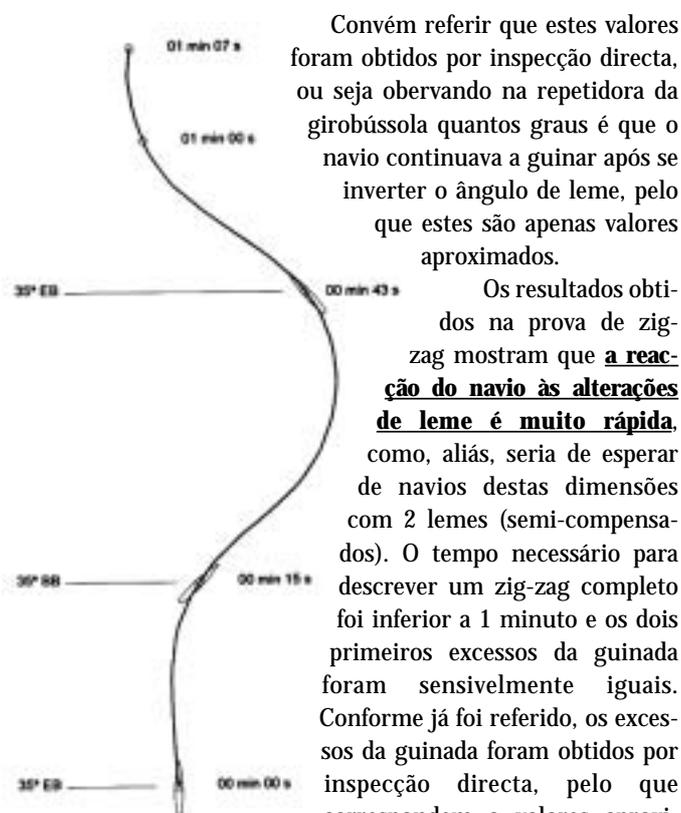


Fig. 6 – Prova de zig-zag do NRP «Orion»

<sup>15</sup> A capacidade para aguentar a guinada é uma medida da reacção do navio ao «contra-leme», ou seja à introdução de leme contrário ao já introduzido.

pouco diferente<sup>16</sup>, e mais elaborada, também para o zig-zag 10º/10º:

$$EG2 = 15^\circ + 1,5 \times EG1$$

em que: EG1 – Primeiro excesso da guinada

EG2 – Segundo excesso da guinada

De qualquer maneira, existem casos de navios em que o segundo excesso da guinada não é superior ao primeiro<sup>17</sup>, pelo que se pode dizer que o facto de o NRP «Orion» ter tido os dois excessos da guinada iguais não é anormal, embora seja pouco comum.

O zig-zag é uma prova em que os resultados são mais ou menos independentes das dimensões dos navios, pois os navios mais pequenos, embora tenham maior capacidade de manobra, apresentam, normalmente, excessos da guinada muito semelhantes aos navios maiores. Face ao exposto, seriam aceitáveis valores na ordem dos 30º a 35º para o primeiro ângulo e de 45º a 50º para o segundo. Desta forma, considera-se que ambos os excessos da guinada são bastante aceitáveis e que **o navio tem uma boa capacidade para aguentar a guinada**.

## 8. Prova de espiral directa

Esta prova destina-se a avaliar as características do navio em termos de estabilidade dinâmica (*inherent dynamic stability*)<sup>18</sup>, determinando a relação entre o ângulo de leme e a marcha da guinada (variação da proa).

A prova inicia-se com o navio a rumo e velocidade constantes, carregando-se o leme a um bordo, com um determinado ângulo de leme inicial (normalmente 15º ou 20º). O ângulo de leme é mantido até que se verifique uma variação constante da proa (i.e. até que a marcha da guinada seja constante). Nessa altura, o leme é aliviado em 5º, aguardando-se novamente que o navio atinja uma marcha da guinada constante. Reduz-se então o ângulo de leme em mais 5º, e assim sucessivamente, até que o leme tenha variado de 15º/20º a um bordo até 15º/20º ao outro bordo, regressando outra vez ao bordo inicial.

Nas presentes provas, o ângulo de leme inicial foi de 15º a BB e os incrementos/decréscimos de ângulo de

<sup>16</sup> Organização Marítima Internacional (*Sub-Committee On Ship Design and Equipment*), «*Revision of the Interim Standards for ship manoeuvrability*» (Submetido pela República da Coreia) – DE 45/3, 14 de Dezembro de 2001, parágrafo 11, p. 3.

<sup>17</sup> Organização Marítima Internacional (*Sub-Committee On Ship Design and Equipment*), «*Revision of the Interim Standards for ship manoeuvrability*» (Submetido pelo Japão) – DE 45/INF. 9, 11 de Janeiro de 2002, tabela 1, p. 1.

<sup>18</sup> A estabilidade dinâmica representa a capacidade do navio estabilizar rapidamente a uma nova proa, sem necessidade de qualquer ajuda por parte do leme, após uma pequena perturbação que o tenha desviado da proa original.

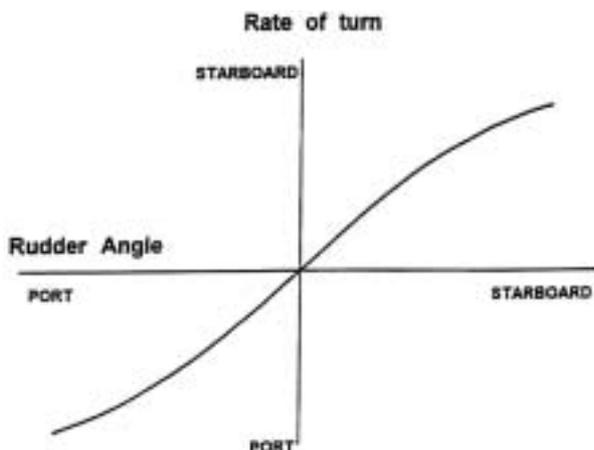


Fig. 7 – Curva de «histerese» perfeita

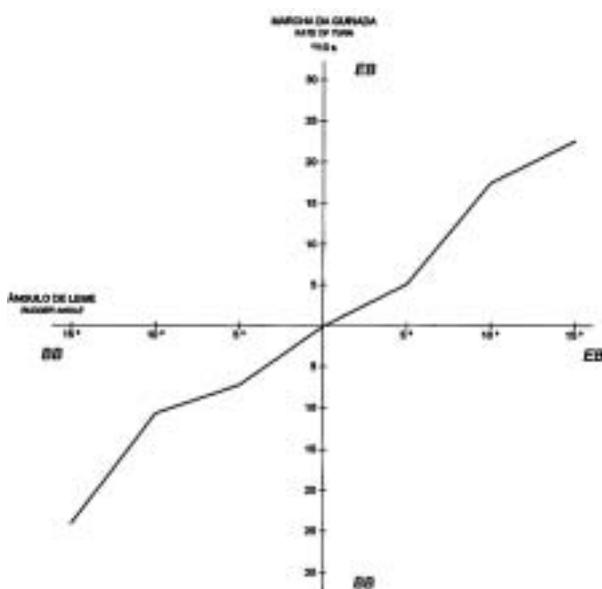


Fig. 8 – Resultado da prova de espiral directa executada pelo NRP «Orion» a 20'

leme foram de 5°, tendo sido executadas 2 provas: uma a 15' e outra a 20'.

O resultado final das provas de espiral directa são «curvas de histerese» (ver figura 7), que representam a marcha da guinada em função do ângulo de leme. Em navios instáveis a curva não passa pela origem, indicando que o navio continua a guinar na direcção inicial, mesmo quando o leme já está ligeiramente carregado para o bordo contrário.

Estas provas costumam ser bastante morosas, sendo necessário esperar bastante tempo até que os navios adquiram uma marcha da guinada constante, após cada alteração de ângulo de leme. No caso do NRP «Orion», estas provas foram extremamente rápidas, uma vez que o navio estabilizava a marcha da guinada com grande facilidade. Isso acabou por dificultar o desenho das «curvas de histerese» e a sua interpretação, pois os dados obtidos acabaram por ser em número relativamente reduzido, não permitindo suavizar pequenos desvios que sempre

ocorrem, sobretudo nesta prova que é das mais sensíveis à condições meteorológicas<sup>19</sup>. De qualquer maneira, a análise das curvas obtidas (a figura 8 corresponde à curva resultante da prova de espiral directa a 20') mostra que **as LFR da classe «Centauro» são navios estáveis, respondendo bem às alterações de leme.**

## 9. Prova de desfazer a guinada

Esta prova consiste em levar o leme a meio, após completar uma curva de giração, e mantê-lo assim até se obter uma variação da marcha da guinada constante. Esta prova serve, tal como a anterior, para aferir a estabilidade dinâmica do navio. Se a marcha da guinada tender para zero, então o navio é estável, se tender para um valor residual, então o navio é instável. Este valor para o qual tende a marcha da guinada indica também a magnitude da instabilidade com leme a meio.

O NRP «Orion» realizou quatro provas de desfazer a guinada, no fim de cada uma das curvas de giração, nomeadamente:

- 35° leme a EB / leme a meio (velocidade: 25');
- 35° leme a BB / leme a meio (velocidade: 25');
- 35° leme a EB / leme a meio (velocidade: 20');
- 35° leme a BB / leme a meio (velocidade: 20').

Por observação directa, a bordo do navio, verificou-se que o navio era muito estável: poucos segundos após se pôr o leme a meio o navio reduzia rapidamente a marcha da guinada para 0°/s, ou muito próximo.

## 10. Considerações finais

Em primeiro lugar, é importante realçar que as provas efectuadas ao NRP «Orion» se destinaram, sobretudo, a avaliar a estabilidade dinâmica desta classe de lanchas. Foi com esse objectivo que foram realizadas provas como os zig-zag, as espirais directas e as provas de desfazer a guinada, além das mais habituais curvas de giração e provas de paragem. De qualquer maneira, considera-se que as provas feitas são as suficientes para a determinação dos mais importantes elementos evolutivos das LFR da classe «Centauro».

Relativamente aos resultados das provas, considera-se que as lanchas possuem uma óptima manobrabilidade e estabilidade dinâmica, embora seja de realçar que a rapidez com que as provas se concluíam dificultou

<sup>19</sup> Organização Marítima Internacional (Comité de Segurança Marítima), Circular 389, «Interim guidelines for estimating manoeuvring performance in ship design», 10 de Janeiro de 1985, parágrafo 4.2, p. 7.

bastante a sua análise, pois geralmente havia pouca informação para analisar.

Mesmo assim, o novo *software* desenvolvido para desenhar e analisar as provas de governo e manobra, denominado PROGOMAN, provou ser perfeitamente adequado, tendo permitido efectuar todas as tarefas necessárias. Em provas futuras, com navios de maiores dimensões, será, certamente, mais fácil desenhar e analisar as provas.

## Agradecimentos

Agradece-se a colaboração do CTEN SEH Oliveira Robalo em todo o trabalho que deu origem a este artigo.

## Referências

Ref.1 – ESTADO MAIOR DA ARMADA, *Instruções de Navegação da Armada – 2*, 26 de Agosto de 1998, p. 5-1.

Ref. 2 – ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL, Resolução A751(18), «*Interim Standards for Ship Manoeuvrability*», 4 de Novembro de 1993.

Ref. 3 – ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL (Comité de Segurança Marítima), Circular 644, «*Explanatory Notes to the Interim Standards for Ship Manoeuvrability*», 6 de Junho de 1994.

Ref. 4 – ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL (Comité de Segurança Marítima), Circular 389, «*Interim guidelines for estimating manoeuvring performance in ship design*», 10 de Janeiro de 1985.

Ref. 5 – USA DEPARTMENT OF DEFENSE, «GPS Standard Positioning Service Performance Standard», October 2001.

Ref. 6 – ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL (*Sub-Committee On Ship Design and Equipment*), «*Revision of the Interim Standards for ship manoeuvrability*» (Submetido pela República da Coreia) – DE 45/3, 14 de Dezembro de 2001.

Ref. 7 – SILVA, ROGÉRIO DE CASTRO, «Arte Naval Moderna», 9.<sup>a</sup> edição, Setembro de 1979.

Ref. 8 – ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL (*Sub-Committee On Ship Design and Equipment*), «*Revision of the Interim Standards for ship manoeuvrability*» (Submetido pelo Japão) – DE 45/INF. 9, 11 de Janeiro de 2002.

# Análise de séries temporais e espaciais de variáveis químicas em águas de superfície da Ria de Aveiro

## – aplicação da análise por componentes principais

Ana Cardoso, TÉCNICA SUPERIOR DE 1.ª CLASSE

**Resumo** A Análise por Componentes Principais (ACP) é uma técnica multivariada que pretende descrever as relações entre variáveis ou indivíduos condensando a informação das variáveis originais num menor número de componentes – as componentes principais – com o mínimo de perda de informação. No âmbito do projecto «Vigilância da Qualidade da Água da Ria de Aveiro» desenvolvido pelo Instituto Hidrográfico, as séries temporais e espaciais de diversas variáveis físico-químicas em águas de superfície constituem um volume considerável de informação. Neste estudo, essas séries são alvo da aplicação da ACP com o objectivo de analisar as relações entre locais de amostragem tendo em conta as variáveis que mais contribuem para a variabilidade local.

**Abstract** Principal Component Analysis (PCA) is a multivariate technique that pretends to describe relations between variables or individuals condensing the original variable information in a smaller component number – principal components – with the minimum lost of information. The project «Monitoring the Quality of *Ria de Aveiro* Water» by Instituto Hidrográfico (IH) detains a large volume of information relative to temporal and spatial series of physico-chemical variables in superficial waters. In this study, those series are submitted to PCA in order to study the relations between sample sites according with variables that contribute most to the local variability.

### 1. Introdução

O crescente interesse na aquisição de dados tem vindo a exigir uma reavaliação dos tipos de abordagem utilizados para a sua interpretação. Actualmente, o experimentador dispõe de uma vasta tecnologia informática, aplicável à maior parte dos computadores pessoais, que permite analisar quantidades consideráveis de dados de menor ou maior complexidade. A dinâmica criada na análise de dados tem permitido ao analista testar os seus próprios modelos teóricos de acordo com metodologias próprias, consoante o problema em estudo, tipo de variáveis e respectivas escalas de medida.

A análise descritiva pode ser utilizada para detectar padrões e regularidades nos dados observados (como é o caso dos métodos gráficos) úteis no estabelecimento de uma base correcta para a condução dos procedimentos estatísticos formais e rigorosos, pois permitem uma visão mais clara da significância dos aspectos físicos (Bodo, 1989; Reis, 1997). No domínio dos avanços da

inferência estatística, é de salientar a expansão do conhecimento e aplicação de um grupo de técnicas estatísticas designadas por Estatística Multivariada. A Análise Multivariada compreende todas as metodologias estatísticas que consideram a análise simultânea de mais do que duas variáveis (Reis, 1997). De um modo prático, pode dizer-se que as técnicas multivariadas permitem, numa única análise, executar o que anteriormente implicava múltiplas análises com técnicas univariadas (Hair et al., 1998). Determinadas técnicas multivariadas pretendem descrever as relações entre variáveis ou indivíduos, como é o caso da Análise por Componentes Principais (ACP). A ACP pode ser usada para analisar correlações entre variáveis, condensando a informação das variáveis originais num menor número de componentes – componentes principais – com o mínimo de perda de informação (Hair et al., 1998; Reis, 1997).

No âmbito do projecto «Vigilância da Qualidade da Água da Ria de Aveiro» desenvolvido pelo Instituto Hidrográfico, as séries temporais e espaciais de variáveis físico-químicas em águas de superfície constituem um volume considerável de informação. Neste estudo, a

aplicação da ACP às séries de dados referidas tem como objectivo evidenciar as relações entre locais de amostragem tendo em conta as variáveis que mais contribuem para a variabilidade local. O STATISTICA™ 5.1 para Windows (1996) é um programa informático de apoio à análise estatística e serve de suporte às aplicações práticas efectuadas.

## 2. Características dos dados de análise

O projecto «Vigilância da Qualidade da Água da Ria de Aveiro» integra o grupo de programas desenvolvido pela Divisão de Química e Poluição do Instituto Hidrográfico. De acordo com os objectivos do projecto, a localização dos locais de amostragem foi planeada de modo a permitir a vigilância dos principais canais da ria de Aveiro e comparar, do ponto de vista físico-químico,

zonas com influência fluvial, urbana, agrícola, industrial e portuária (Vinhas, 1987; GRIA, 1991). Estes locais encontram-se assinalados na Figura 1. Os locais próximos da barra situam-se em zonas de caudal elevado, o que lhes confere maior estabilidade térmica e maior capacidade de diluição das afluências terrestres. Inserir-se neste grupo as estações 7 (Cais da SACOR), 8 (Estaleiro de São Jacinto), 9 (Canal de Mira) e 10 (Canal Principal), sendo esta representativa da descarga global da Ria que atinge a plataforma continental. Os locais de influência terrestre são representados pelas estações 2 (Largo do Laranjo), 12 (Vista Alegre) e 15 (Largo da Coroa). As estações 2 e 15 são locais influenciados pelas descargas dos principais efluentes industriais. A estação 11 (Rio Vouga) representa um local que é influenciado pelo rio Vouga e onde não é sentido o efeito de maré. As estações 6 (Cais dos Bacalhoeiros) e 6-A (Clube de Vela *Os Galitos*), embora mais salinas que a anterior, estão também sujeitas a descargas de origem telúrica (Vinhas, 1986; GRIA, 1991).

Até 1983 foram efectuadas amostragens mensais que posteriormente passaram a regime bimestral (até 1995) e trimestral (1996-2000), sendo a frequência actual semestral. Os momentos de amostragem foram planeados em situação de preia-mar para permitir melhores condições de navegabilidade nos canais. A amostragem à superfície foi efectuada com garrafa Niskin.

As metodologias utilizadas na determinação da temperatura (T), salinidade (Sal), oxigénio dissolvido (OD), potencial hidrogeniónico (pH), sólidos suspensos totais (SST), clorofila a (Clo *a*), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), azoto amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), fósforo reactivo ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), sílica reactiva ( $\text{SiO}_2$ ), cádmio (Cd), cobre (Cu), mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e zinco (Zn) seguem os métodos descritos no Standard Methods (1998) com as adaptações necessárias, através de estudos realizados nos laboratórios do Instituto Hidrográfico, dadas as características específicas da matriz água. A determinação de OD foi efectuada pelo método de Winckler. O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com eléctrodo de vidro combinado. A salinidade foi determinada por condutimetria. Os SST foram determinados por gravimetria. A Clo *a* foi determinada por colorimetria segundo o método descrito em UNESCO (1966). Para a determinação de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SiO}_2$  e metais pesados, as amostras foram previamente filtradas por membrana porosa (0,45 mm). Os nutrientes foram determinados por espectrometria de absorção molecular na região do ultravioleta-visível (utilização de autoanalisador de fluxo segmentado na determinação do  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SiO}_2$ ). Os metais Cd, Cu, Zn e Pb foram determinados por espectrometria de absorção atómica, após extracção por solventes orgânicos. O Hg foi determinado por espectrometria de absorção atómica sem chama (vaporização a frio).



Fig. 1 – Localização das estações de amostragem na Ria de Aveiro (reprodução parcial da Carta Náutica Oficial n.º 33; escala 1:75000; 2.ª edição de Agosto de 1997, editada pelo Instituto Hidrográfico – Marinha, Portugal; não pode ser usada para efeitos de navegação)

### 3. Análise por componentes principais

#### 3.1 Introdução

A Análise por Componentes Principais (ACP) é uma técnica de análise factorial em que o objectivo é a simplificação dos dados. A série de variáveis originais é transformada numa série menor – as componentes principais – através de combinações lineares do conjunto inicial, tendo em conta a maior parte da sua variância (Reis, 1997). No modelo matemático, um dado conjunto de variáveis iniciais correlacionadas entre si ( $x_1, x_2, \dots, x_p$ ) é transformado noutro conjunto de variáveis não correlacionadas, as componentes principais ( $y_1, y_2, \dots, y_p$ ), através de combinações lineares das primeiras. Os pesos  $a_{ij}$  (com  $i = 1, \dots, p$  e  $j = 1, \dots, p$ ) podem ser interpretados como correlações entre as componentes e as variáveis originais e são derivados de modo a que as componentes expliquem a variação máxima nos dados originais (Equação 1.). A primeira componente ( $y_1$ ) explica a maior percentagem da variância dos dados, a segunda ( $y_2$ ) a máxima variância ainda não explicada pela primeira e assim sucessivamente (Pestana & Gageiro, 1998).

$$\begin{aligned} y_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1p}x_p \\ y_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2p}x_p \\ &\dots \\ y_p &= a_{p1}x_1 + a_{p2}x_2 + \dots + a_{pp}x_p \end{aligned} \quad (\text{Equação 1.})$$

A soma dos quadrados dos pesos de cada variável original é designada por valor próprio e representa a variância da respectiva componente. Assim, quando os valores próprios são próximos de zero, a componente ao qual estão associados terá uma contribuição reduzida para explicar a variância total. Por isso, ao retirar estas componentes da análise não se estará a perder informação de um modo significativo. Pelo contrário, reduz-se a dimensão dos dados o que torna a análise mais simples e de interpretação mais clara (Reis, 1997). Esta interpretação pode ainda ser facilitada quando se recorre à aplicação de estratégias de rotação para a transformação dos pesos das componentes de modo a que seja possível obter um padrão com componentes claramente marcadas por pesos mais elevados para determinadas variáveis e reduzidos para outras. O método mais popular, designado por Maximização de Variâncias (VARIMAX), é ortogonal e tem como objectivo maximizar a variação entre os pesos de cada componente principal (STATISTICA 5.1 para Windows, 1996). Quanto mais próximo da unidade estiver o peso, mais forte será a associação entre a variável e a componente, enquanto que um peso próximo de zero indica que a variável pouco contribui para a formação da componente. Em geral, podem ser considerados significativos os pesos iguais ou superiores a 0,5 (Reis,

1997), embora outra fonte considere um valor de 0,7 (Statsoft, 1995b). Todas estas considerações, que se prendem com a interpretação da análise, implicam a decisão final do número de componentes a reter. De facto, não existem métodos universalmente aceites para este fim, sendo antes uma questão do senso do experimentador que poderá ser suportada através de determinados critérios que se encontram descritos em diversas publicações (Pestana & Gageiro, 1998; Dillon & Goldstein, 1984).

#### 3.2 Aplicação

Em cada aplicação da ACP foi considerada a matriz dos dados originais de dimensão  $n \times p$ , correspondendo as  $n$  linhas aos locais e as  $p$  colunas às variáveis consideradas:  $O_{\text{sat}}$ , Sal, SST,  $N_{\text{inorg}}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SiO_2$ , Clo  $a$ , Cd, Cu, Hg, Pb e Zn. De salientar o facto das matrizes serem rectangulares e portanto terem sido considerados valores médios ao longo da terceira coordenada, o tempo (Dillon & Goldstein, 1984). De forma a contornar o problema da inconstância das componentes principais perante alterações de escala de medida das variáveis, efectuou-se a estandardização da matriz de dados originais por redução e centragem (Reis, 1997). De acordo com a equação 2., cada valor original  $x_{ij}$  foi substituído pelo quociente entre a sua diferença à média  $\bar{x}_i$  e o respectivo desvio padrão  $s_i$  (Statsoft Inc, 1995a):

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{s_i} \quad (\text{Equação 2.})$$

As etapas envolvidas na ACP foram realizadas de um modo sequencial. Numa fase preliminar foi analisada a matriz das correlações das variáveis estandardizadas. Seguidamente, foram determinados os valores próprios, ou seja as percentagens da variância total explicadas por cada uma das componentes geradas. Posteriormente, foi fixado o número de componentes a reter pela aplicação do critério de 60% como limiar mínimo de variância explicada. Segundo alguns autores este critério é subjectivo, havendo divergências quanto ao limiar mínimo a considerar (Pestana & Gageiro, 1998; Dillon & Goldstein, 1984). Para cada uma das componentes foram gerados os pesos de cada variável, antes e após a aplicação do método de rotação VARIMAX. De acordo com Reis (1997) podem ainda determinar-se os valores que as componentes têm para cada observação, isto é, os pesos individuais, e interpretar a sua dispersão relativamente às componentes consideradas. Deste modo, foram construídos os gráficos dos pesos individuais associados a cada uma das observações em função das componentes.

## 4. Resultados e discussão

O objectivo da primeira aplicação da ACP foi a tentativa de ordenação dos locais de acordo com as variáveis que mais concorreram para a variabilidade total observada. Assim, consideraram-se todas as variáveis e todos os locais em simultâneo (11 estações de amostragem). Para cada local e variável, o período considerado de 1990 a 1997, foi decomposto em dois valores: média dos anos ímpares (1991, 1993, 1995 e 1997) e média dos anos pares (1990, 1992, 1994 e 1996), sendo cada ano caracterizado pela média de todos os momentos de amostragem realizados (bimestral até 1995 e trimestral em 1996 e 1997). Deste modo, construiu-se a matriz inicial com 12 colunas (variáveis) e 22 linhas (os dois valores médios – anos ímpares e anos pares – para cada um dos 11 locais). No Quadro 1. apresentam-se os valores próprios das componentes e verifica-se que a primeira componente explica 59,55% da variância total, a segunda componente 18,30% e assim sucessivamente.

Componente Principal	Valor Próprio	Variância (%)	Variância acumulada (%)
1	7,15	59,55	59,55
2	2,20	18,30	77,85
3	1,32	10,97	88,82
4	0,51	4,28	93,10
5	0,41	3,40	96,50
6	0,22	1,83	98,33
7	0,12	0,96	99,29
8	0,05	0,43	99,72
9	0,02	0,18	99,90
10	0,01	0,06	99,96
11	0,003	0,02	99,99
12	0,002	0,01	100

Quadro 1

Valores próprios e variância explicada: todos os locais

Retendo as duas primeiras componentes (critério de 60 % como limiar mínimo de variância explicada), a percentagem da variabilidade total traduzida no plano definido pelos dois primeiros eixos principais é de cerca de 78 % (Quadro 1.). Para as componentes retidas, determinaram-se os pesos antes e após rotação pelo método VARIMAX (Quadro 2.). De acordo com os pesos, o Zn é a variável que mais se correlaciona com a primeira componente seguida do Cu, Clo a, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Cd, N<sub>inorg.</sub> e Hg. As variáveis mais correlacionadas com a segunda componente são a O<sub>sat.</sub> e a salinidade (semi-eixo negativo) e em oposição a SiO<sub>2</sub>, os SST e o Pb (semi-eixo positivo).

Variáveis	Pesos antes da rotação		Pesos após rotação	
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 1	Comp. 2
O <sub>sat.</sub>	-0,617	0,661	-0,034	-0,903
Sal	-0,774	0,514	-0,249	-0,895
SST	0,571	-0,568	0,060	0,803
N <sub>inorg</sub>	0,972	-0,024	0,720	0,654
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,778	0,263	0,761	0,310
SiO <sub>2</sub>	0,862	-0,444	0,361	0,900
Clo <u>a</u>	0,827	0,402	0,888	0,237
Cd	0,765	0,260	0,748	0,304
Cu	0,907	0,327	0,900	0,346
Hg	0,472	0,367	0,597	0,031
Pb	0,809	-0,186	0,490	0,670
Zn	0,760	0,632	0,989	0,019

Quadro 2 –

Pesos Antes e Após Rotação: Todos os Locais

Na Figura 2. pode visualizar-se a distribuição dos pesos individuais para a primeira e segunda componentes. Os rectângulos assinalados pretendem isolar grupos distintos de locais, de acordo com a contribuição de cada um dos eixos. É interessante verificar que para cada local a média dos anos ímpares e a média dos anos pares surge sempre no mesmo grupo, o que possibilita uma maior consistência na interpretação dos resultados em todo o período considerado, 1990-1997. No semi-eixo positivo da componente 1, que faz a transição entre o primeiro e o quarto quadrante, a estação 15 (Largo da Coroa) está associada a pesos mais significativos nas variáveis Zn, Cu e Clo a. No segundo quadrante, semi-eixo positivo da componente 2, estão situadas as observações que correspondem aos locais 2, 11 e 12 (Largo do Laranjo, Angeja e Vista Alegre, respectivamente) e para as quais se verificam pesos mais significativos nas variáveis SST e SiO<sub>2</sub>, esta com níveis mais elevados na estação 11 devido provavelmente à influência fluvial do rio Vouga. O posicionamento destes locais no semi-eixo negativo da componente 1 indica uma associação às variáveis menos correlacionadas com essa componente, ou seja, o Hg, N<sub>inorg.</sub> e PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. No terceiro quadrante situam-se as observações correspondentes às estações 4, 6, 6A, 7, 8, 9 e 10, que se distribuem ao longo da Ria, desde a Torreira até à zona central que inclui a barra. Este grupo não apresenta grande nitidez nas relações com as variáveis definidas pelos eixos o que, por si só, também o caracteriza. De facto, estes locais não estão sujeitos a pressões com especial significado. As estações 9 e 10, próximas da barra, tendem a associar-se aos valores mais negativos do semi-eixo negativo da componente 2 que se correlaciona significativamente com a salinidade e a O<sub>sat.</sub>.

Observando o agrupamento obtido pela ACP é interessante efectuar um paralelo com a tese desenvolvida

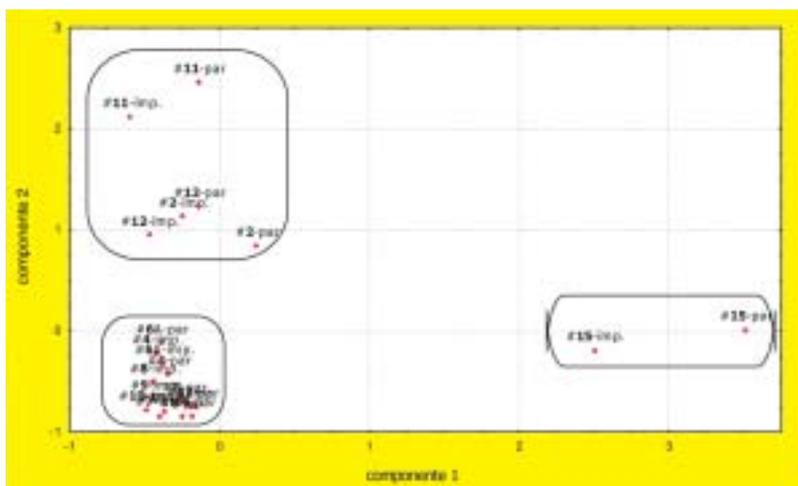


Fig. 2 – Posicionamento das observações relativamente às componentes 1 e 2. As observações correspondem às variáveis em média dos anos ímpares (#n<sup>o</sup>-imp.) e média dos anos par (#n<sup>o</sup>-par) nas estações de amostragem no período 1990-1997.

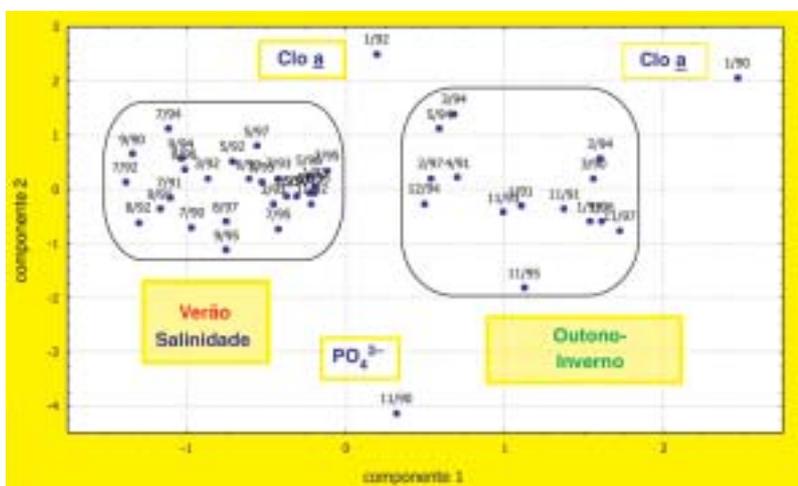


Fig. 3 – Estação 2 (Largo do Laranjo). Posicionamento das observações relativamente às componentes 1 e 2. As observações correspondem aos momentos de amostragem (mês/ano) no período 1990-1997.

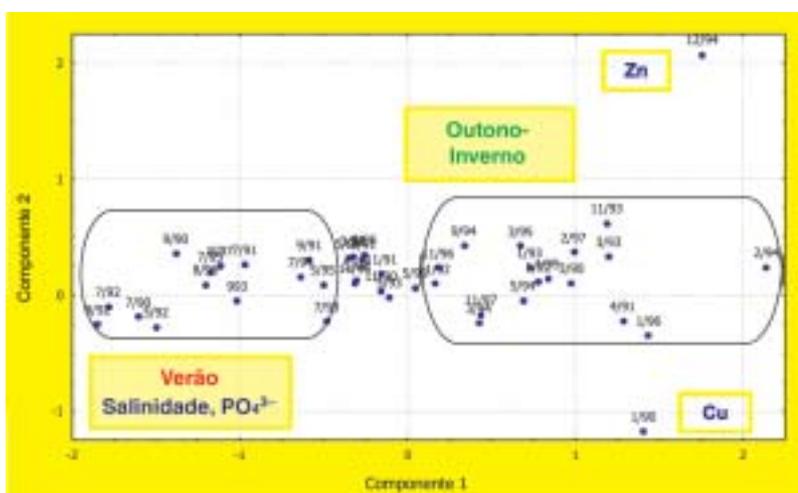


Fig. 4 – Estação 15 (Largo da Coroa). Posicionamento das observações relativamente às componentes 1 e 2. As observações correspondem aos momentos de amostragem (mês/ano) no período 1990-1997.

por Teixeira (1994) que considera a delimitação da Ria em três zonas de acordo com as características de maré: zona marinha, transição e confinada. Assim, o grupo (#4, #6, #6A, #7, #8, #9, #10) pertence à zona marinha, o grupo (#2, #11, #12) à zona de transição e o grupo (#15) à zona confinada. A estação 4 (Torreira) apresenta afinidades com as restantes estações do seu grupo (zona marinha) mas do ponto de vista geográfico o local pertence à zona de transição.

Na análise seguinte, pretendeu efectuar-se a avaliação das variáveis que mais contribuíram para a variabilidade de cada um dos grupos anteriormente definidos e evidenciar a existência de padrões temporais. A ACP foi aplicada às estações 2, 15 e 10, representativas de cada um dos grupos anteriores. A dimensão temporal foi considerada na análise através das observações em cada um dos momentos de amostragem (mês/ano). Os gráficos com a localização das observações no espaço reduzido são apresentados nas Figuras 3., 4. e 5.

Para a estação 2, a maior parte das observações realizadas no período Outono-Inverno localizam-se no semi-eixo positivo da componente 1 e caracterizam-se por teores mais elevados de  $\text{SiO}_2$  e de  $\text{N}_{\text{inorg}}$  (Figura 3.). No semi-eixo negativo, as observações realizadas nos meses de Verão são caracterizadas por valores mais elevados de salinidade. Relativamente à componente 2 não se observa nenhum padrão característico, verificando-se apenas a existência de observações com pesos pontualmente elevados e que são caracterizadas por teores mais elevados de  $\text{PO}_4^{3-}$  (11/90) e de  $\text{Clo}_a$  (1/90 e 1/92).

O modo de distribuição das observações relativas à estação 15 no plano formado pelas componentes 1 e 2 permite separá-las em dois grupos: o período de Outono-Inverno, representado no semi-eixo positivo da componente 1, e o período de Verão, no sentido oposto (Figura 4.). De acordo com os pesos das variáveis nas componentes, as observações de Outono-Inverno caracterizam-se por teores mais elevados de  $\text{N}_{\text{inorg}}$ , enquanto que as obtidas em períodos de Verão se caracterizam por valores mais elevados de salinidade e de  $\text{PO}_4^{3-}$ . Relativamente à componente 2 não se observa qualquer padrão no modo de distribuição das observações no plano. Para melhor visualização da figura, efectuou-se uma expansão da escala que não abrange uma observação realizada em Janeiro de 1991 e caracterizada por teores comparativamente elevados de Hg e Cu (e que estaria localizada no semi-eixo negativo

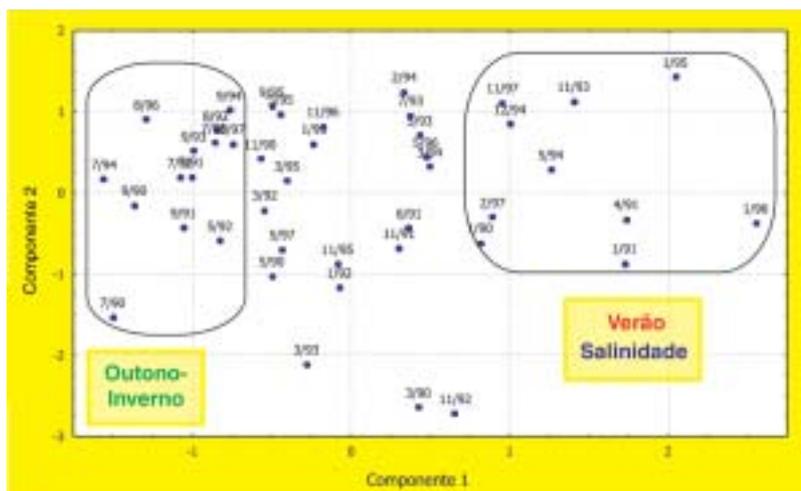


Fig. 5 – Estação 10 (Canal Principal). Posicionamento das observações relativamente às componentes 1 e 2. As observações correspondem aos momentos de amostragem (mês/ano) no período 1990-1997.

da componente 2). As observações de 1/90 e 12/94 representam concentrações pontualmente elevadas de Cu e Zn.

Nesta abordagem, a última estação considerada é a estação 10, localizada no Canal Principal, próximo da barra. Tal como nos casos anteriores, as observações com maiores pesos individuais na componente 1 referem-se a teores mais elevados de  $N_{inorg.}$  e  $SiO_2$  (semi-eixo negativo) e estão mais associadas ao período de Outono-Inverno (Figura 5.). Em oposição, as observações realizadas no Verão apresentam uma localização no plano que, de acordo com os seus pesos individuais, estará associada a valores de salinidade mais elevados (semi-eixo positivo). Relativamente à componente 2 não se podem evidenciar grupos mas as observações com maiores pesos individuais nesta componente registam-se em meses de Outono e de Inverno e são caracterizadas por teores comparativamente mais elevados de SST e de Pb (semi-eixo positivo).

## 5. Considerações

A aplicação da ACP indica que as variáveis  $N_{inorg.}$ ,  $SiO_2$  e salinidade são, de um modo geral, as que mais contribuem para a variabilidade dos dados, sendo representadas pela primeira componente extraída. Na maior parte dos casos, os metais associam-se à segunda e terceira componentes pelo facto de ocorrerem de uma forma geral em níveis baixos, frequentemente ao nível do limite de quantificação, sendo portanto reduzido o seu contributo para a variância total. Em termos anuais não se observam diferenças na distribuição das observações e assiste-se a uma dispersão generalizada com a existência de determinados valores pontualmente divergentes. Sazonalmente, a análise evidencia o padrão característico das variáveis  $N_{inorg.}$ ,  $SiO_2$  e salinidade. O  $N_{inorg.}$  e a  $SiO_2$  apresentam-se mais elevados nos perío-

dos de Outono e de Inverno e menores no período de Verão, enquanto que a salinidade apresenta o comportamento oposto. Os resultados obtidos confirmam os padrões sazonais evidenciados pela análise gráfica descrita em Vinhas & Valença (1990, 1991, 1992), Valença (1993) e Palma & Valença (1999).

Este estudo mostra que a ACP é um método eficiente na redução e interpretação simultâneas quando aplicada a volumes consideráveis de dados. No caso estudado, a redução da dimensão dos dados não afectou as suas características principais, tendo a análise permitido evidenciar a existência de zonas distintas na Ria, em função de impactes industriais, influência da drenagem continental e proximidade ao mar.

## Referências Bibliográficas

- BODO, B. A. (1989). Robust Graphical Methods for Diagnosing trend in Irregularly Spaced Water Quality Time Series. *Environmental Monitoring and Assessment*. 12: 407-428.
- DILLON, W. R. & GOLDSTEIN, M. (1984). *Multivariate Analysis. Methods and Applications*. USA. John Wiley & Sons, Inc. 581 pp.
- HAIR, J. F., ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L. & BLACK, W. C. (1998). *Multivariate Data Analysis. Fifth Edition*. New Jersey. Prentice-Hall, Inc. 730 pp.
- PALMA, C. & VALENÇA, M. (1999). *Vigilância da Qualidade do Meio Marinho. Ria de Aveiro/POLAVEIRO (1994-1997)*. REL. TF. QP 04/99. Lisboa. Instituto Hidrográfico. 40 pp.
- PESTANA, M. H. & GAGEIRO, J. N. (1998). *Análise de dados para ciências sociais – A complementaridade do SPSS. 1.ª Edição*. Lisboa. Edições Sílabo, Lda. 478 pp.
- REIS, E. (1997). *Estatística Multivariada Aplicada*. Lisboa. Edições Sílabo, Lda. 343 pp.
- STATISTICA 5.1 para Windows [Aplicação para computador]. (1996). Tulsa, OK: StatSoft, Inc.
- STATSOFT, INC. (1995a). *STATISTICA for Windows (Volume I): General Conventions and Statistics I. 2nd Edition*. USA. StatSoft, Inc. pp. 1001-1878.
- STATSOFT, INC. (1995b). *STATISTICA for Windows (Volume III): Statistics II. 2nd Edition*. USA. StatSoft, Inc. Pp. 3001-3782.
- TEIXEIRA, S. L. R. B. (1994). *Dinâmica morfo-sedimentar da Ria de Aveiro (Portugal)*. Tese de Doutoramento. Lisboa: Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências. 396 pp.
- VALENÇA, M. (1993). *Vigilância da Qualidade do Meio Marinho na Ria de Aveiro (1992)*. REL. TF. QP 04/93. Lisboa. Instituto Hidrográfico. 16 pp.
- VINHAS, T. (1987). *Vigilância da Qualidade da Água da Ria de Aveiro (1986)*. REL. TF. QP 3/87. Lisboa. Instituto Hidrográfico. 7 pp.
- VINHAS, T. & VALENÇA, M. (1990). *Vigilância da Qualidade da Água da Ria de Aveiro (1987-1989)*. REL. TF. QP 04/90. Lisboa. Instituto Hidrográfico. 5 pp.
- VINHAS, M. T. & VALENÇA, M. (1991). *Vigilância da Qualidade da Água da Ria de Aveiro (1990)*. REL. TF. QP 02/91. Lisboa. Instituto Hidrográfico. 8 pp.
- VINHAS, M. T. & VALENÇA, M. (1992). *Vigilância da Qualidade do Meio Marinho da Ria de Aveiro (1991)*. REL. TF. QP 01/92. Lisboa. Instituto Hidrográfico. 20 pp.