



# ANAIIS

## do Instituto Hidrográfico

Número 18 | 2005-2006







# ANAIIS do Instituto Hidrográfico

N.º 18 | 2005-2006

## **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](mailto:mail@hidrografico.pt)  
Website: [www.hidrografico.pt](http://www.hidrografico.pt)

## **Editor:**

Instituto Hidrográfico

## **Comissão de Redacção:**

CMG Valente Zambujo  
CTEN Pereira Manteigas  
CTEN Mesquita Onofre  
CTEN Santos Arrabaça  
INVA Doutora Aurora Bizarro  
ASS Dra. Ana Cardoso  
BOL Dra. Célia Pata

Os artigos assinados são da responsabilidade dos autores

© COPYRIGHT – Instituto Hidrográfico, 2005  
Autorizada a transcrição quando acompanhada  
da indicação do autor e origem

Design Gráfico: Gabinete Relações Públicas  
Ana Margarida Gomes

Impressão e Acabamento: Editorial do Ministério da Educação

ISBN: 978-972-8486-61-7  
Depósito legal: 171895/01  
PUB (G)-IH 247-DD





# Índice

- 6 **Nota de Abertura**
- 7 **Foreword**
- 9 **Sobrevalorização da Cartografia Náutica Antiga**  
Rui Guerreiro; Sónia Godinho
- 25 **Fotografia Panorâmica para o Roteiro da Costa de Portugal**  
José Aguiar
- 33 **A Cartografia Náutica e o WGS84**  
A transição da carta náutica para o Sistema WGS84  
Rui Guerreiro; Paula Sanches
- 45 **Aplicação do GPS na Meteorologia Internacional**  
Isabel Fortes; Antonieta José
- 55 **Aplicação do GPS OTF na medição da maré**  
João Marreiros; Jorge da Silva
- 63 **Coordenação e alinhamento dos sensores transdutores e antenas do NRP Alm. Gago Coutinho**  
António Peiriço; António Brigas; João Marreiros
- 73 **Additional Military Layers**  
Perspectivas de operacionalidade na Marinha  
António Pinheiro
- 85 **Apoio Ambiental ao Exercício Lusfada 2006**  
Produtos e inovações  
Bessa Pacheco; Santos Martinho
- 95 **O Projecto MACAIS**  
As novas redes AIS costeiras dos Açores e da Madeira  
Proença Mendes
- 109 **O Laboratório de Calibração do IH**  
Francisco Assunção; Manuel Marreiros
- 117 **As Estratégias de Amostragem e a Inferência Estatística**  
Ana Cardoso
- 127 **Monitorização da Área Envolvente a Sete Emissários da Costa Portuguesa: a Qualidade dos Sedimentos**  
Ana Cardoso; Carla Palma
- 135 **Método de Ensaio para Análise de Metais Vestigiários em Amostras de Sedimento Marinho ou Estuarino**  
Carla Palma; Manuela Valença
- 145 **Automatização dos Procedimentos para as Previsões de Agitação Marítima**  
Filipe Vieira; Sara Almeida; Eric Magalhães
- 155 **Relação Turbidez *versus* Concentração nos Rios Douro e Minho**  
Calibração dos sensores de turbidez dos correntómetros RCM9  
Maria Balsinha; Ana Santos; Anabela Oliveira
- 169 **Os Enigmáticos Canhões Submarinos da Plataforma Continental Portuguesa**  
Resultados preliminares do projecto científico DEEPCO (Deep Sedimentary Conduits of the West-Iberian Margin)  
Catarina Guerreiro; Aurora Bizarro; João Duarte; Rui Taborda
- 183 **O Direito à Informação e o Direito da Informação**  
Raquel Poucochinho

# Nota de Abertura

Os Anais do Instituto Hidrográfico conheceram a sua primeira edição em 1965, cinco anos após o nascimento desta instituição.

Recuperando as palavras do Contra-almirante João Ramalho Rosa, então Director do Instituto Hidrográfico, “cada número dos Anais será um repositório das actividades do Instituto, onde os Chefes de Missão e os Serviços darão uma resenha dos trabalhos executados no ano anterior. (...) Os Anais publicarão artigos de natureza técnica nos vários ramos de Hidrografia, Oceanografia e Navegação”.

Sinal dos tempos e em virtude das exigências da moderna gestão pública, o carácter de “repositório das actividades” do Instituto Hidrográfico foi transferido para outras publicações, designadamente para o Relatório de Actividades, competindo actualmente aos Anais a divulgação periódica de matérias de interesse científico e de resultados de investigação decorrentes das actividades do Instituto.

O presente número dos Anais reflecte o estágio de evolução técnica e científica do Instituto, assim como a matéria decorrente dos projectos estruturantes que temos vindo a promover. Desta forma, apraz-me registar a pertinência e a actualidade dos temas tratados, bem como o respeito pela memória histórica das Ciências do Mar.

Sendo este um dos instrumentos que mais nos aproxima à comunidade científica nacional e que atesta a qualidade da produção de conhecimento do Instituto Hidrográfico, nele reconheço igualmente a singular capacidade de evidenciar o contributo da ciência e do estudo das ciências do Mar para o cumprimento da missão da Marinha e para o conseqüente desenvolvimento do País.

Aos autores dos artigos, aos revisores e à comissão de redacção presto o mais sincero reconhecimento, pela persistência e dedicação com que aceitaram este desafio.

O Director Geral,



José Augusto de Brito  
Vice-Almirante

# Foreword

*The Anais of the Hydrographic Institute was first published in 1965, five years after the Institution's birth.*

*As Rear-Admiral João Ramalho Rosa, former Director General of the Hydrographic Institute, once said, "every single Anais's publication is a repository of the Institute activities, where each head of mission and each Departments can present the review of the work carried out over the last year. (...) The Anais will publish articles of technical nature in the different fields of Hydrography, Oceanography and Navigation".*

*As time passed by, and due to the modern public management demands, the role of "activities' repository" played by the Anais was transferred to other publications such as the Activities' Report. Nowadays, the Anais is the periodic publication of scientific work and investigation resulting from the Institute's activities.*

*This current edition of the Anais thus reflects the technical and scientific evolution of the Institute as it does the result of the developed structuralizing projects. I am therefore pleased to acknowledge the relevancy of the themes analysed, and the respect for the Oceanic Sciences' historical memory.*

*The Anais is one of the instruments that brings us closer to the national scientific community and illustrates the quality of the knowledge produced by the Hydrographic Institute; I thus recognize its unique capacity to stand out the contribution to Science and to the study of the Oceanographic Sciences. It also plays a part in the fulfillment of the Navy's mission and consequent country development.*

*I wish to express my sincere gratitude to the article's authors, reviewers and editorial commission, for the persistence and dedication with which they have accepted this challenge.*

The Director General,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'JAB', with a stylized flourish at the end.

José Augusto de Brito  
Vice-Admiral





# Sobrevalorização da Cartografia Náutica Antiga

Rui Guerreiro, Aspirante  
Sónia Godinho, Aspirante

**Resumo** A cartografia náutica antiga, é considerada como sendo toda a cartografia produzida anteriormente a 1920, devido a nesta época terem ocorrido diversos acontecimentos que mudaram o cenário da produção cartográfica a uma escala mundial.

Esta cartografia tem vindo a ser utilizada ao longo dos anos no apoio a projectos no âmbito técnico e científico. No entanto, a sua utilização e a validação de dados dela retirados, deve ser feita de forma consciente, tendo em conta as técnicas e métodos de produção utilizados até à data, que obviamente diferem dos modernos processos de produção.

Em 1919, Portugal foi um dos fundadores da instituição internacional, *Bureau Hydrográfico Internacional*. Um dos objectivos desta instituição consistia em harmonizar a cartografia náutica produzida pelos diversos membros fundadores, estabelecendo directivas tanto para a produção de cartografia náutica, como para a representação dos seus diversos elementos. Esta instituição consagrou-se com sucesso e deu origem à actual Organização Hidrográfica Internacional (OHI), da qual fazem parte quase todos os países com fronteiras marítimas.

Outro facto importante e que revolucionou a cartografia, foi o estabelecimento elipsóide de Hayford como elipsóide internacional, em 1924.

Anteriormente a 1920, o panorama da produção de cartografia náutica era muito diferente do actual. As cartas eram muitas vezes produzidas por pessoas que não possuíam formação na área, a representação dos elementos dependia da interpretação dos cartógrafos, que tinham tendência para exagerar e simplificar a sua representação.

De facto, não é clara a existência de normas técnicas, ou existindo, se eram respeitadas por todos. Em algumas destas cartas, é impossível determinar qual o sistema de projecção associado, como é representada a linha de costa e como foi obtida, assim como qual o Zero Hidrográfico adoptado. Por consequência, a cartografia náutica antiga deve ter uma utilização cautelosa, e cada carta deve ser analisada individualmente, antes de se proceder a qualquer tipo de compilação de informação com fonte nas mesmas.

Relativamente aos levantamentos hidrográficos, o cenário encontrava-se igualmente pouco definido. O facto de não estarem regulamentado quais os instrumentos e as técnicas de posicionamento e de determinação das profundidades, a utilizar em determinadas situações, faz com que não existisse um controlo dos levantamentos executados, ou seja, cada grupo de trabalho planeava o levantamento como lhe era conveniente, não sendo por vezes os métodos adoptados os mais adequados à situação encontrada. Torna-se portanto difícil quantificar o rigor associado a tais levantamentos.

Com as modernas tecnologias de informação cada vez mais acessíveis ao público em geral, é muito fácil nos dias que correm, digitalizar por varrimento, georeferenciar e comparar este tipo de informação, com dados adquiridos recentemente. O utilizador que não esteja consciente destas limitações, pode facilmente interpretar as cartas de modo incorrecto. Este artigo vem alertar para as características da cartografia náutica antiga, e para as consequências da sua utilização para fins que não o da navegação.

**Palavras-chave:** cartografia náutica, levantamentos hidrográficos, produção cartográfica.

**Abstract** *The old nautical cartography, considered to be all the cartography produced before 1920, was due to the occurrence of a serie of events events that modified the scene of the cartographic production to a world-wide scale.*

*This cartography has been used over the years to support technical, scientific and private projects. Nevertheless, its use and the validation of data obtained from it must be done in a conscious way, considering the techniques and methods of production used at the time that obviously differ from the modern process of production.*

*In 1919, Portugal was one of the founder members of the international institution, the so called "International Hydrographic Bureau". One of the objectives of this institution consisted in the harmonization of the nautical cartography produced by the various founder members, establishing the standards to the nautical cartography production and to the representation of its diverse elements. This institution has successfully become the actual International Hydrographic Organization (IHO), formed by almost all the maritime countries.*

*Another important fact that revolutionized the cartography was the establishment of the ellipsoid of Hayford as an international ellipsoid, in 1924.*

*Before 1920, the nautical cartography production was very different from the current one. Charts were sometimes produced by persons with no training in the area and the representation of the elements depended on the cartographer's interpretation, who had a tendency either to exaggerate the dimension of the represented elements or sometimes to simplify them.*

*Indeed, the existence of technical rules is not clear, and sometimes, if they were to exist, there's no way of knowing if they were respected by everybody. In some of these charts, it's impossible to determine the associated system's projection, or how the coast line was obtained and which line represents it. The same issue occurs with the Hydrographic Zero. By consequence, old nautical cartography must be used with caution and the charts should be analysed individually before any type of compilation.*

*As far as the the Hydrographic Surveys were concerned, the situation wasn't clear as well. The fact that there was no determination of which instruments and techniques of positioning and sounding to use in certain situations, made it impossible to control the executed surveys,so each working group planned the surveys as it was convenient for it, and sometimes the chosen methods were not the better adjusted to the situation. It is thus trully difficult to quantify the precision related to this kind of surveys.*

*Since everyone has now easy access to new information technologies, it's very easy nowadays, to rasterize, geo-reference and compare this type of information with recent acquired data. The user without knowledge of the limitations inherent to the old nautical charts can be easily induced into wrong conclusions. This article comes as a way of alerting of all of the problems and limitations associated to the old nautical cartography and to their consequently use.*

**Keywords:** *Nautical cartography, Hydrographic Surveys, Cartographic production*

## 1. Introdução

Actualmente a cartografia náutica antiga ainda é utilizada como informação de base a estudos e projectos técnicos e científicos, onde é abordada a variabilidade temporal de determinado elemento, por exemplo, estudos onde se pretende avaliar a evolução da linha de costa. A utilização desta cartografia deve ser feita de forma consciente no que se refere à sua qualidade face ao objecto de análise, dado os pressupostos técnicos e científicos em que se baseia a sua construção serem diferentes dos utilizados actualmente na produção de cartografia náutica. Desconhece-se a existência de documentação técnica associada à construção das cartas, quais as normas técnicas utilizadas na representação de elementos, em muitas delas, não se sabe qual o sistema de projecção associado, qual a linha que representa a linha de costa e como era esta determinada, entre outras questões. Estes

factos não significam que estas cartas não servissem os seus propósitos! Serviam perfeitamente. Há essencialmente que ter em conta que os métodos de produção utilizados face a um objectivo não são necessariamente aplicáveis, sem as devidas considerações de qualidade, para outros objectivos.

## 2. Notas históricas

Portugal mantém desde muito cedo uma relação muito próxima com o mar, devido à sua localização geográfica, relação essa que é projectada nos panoramas geográfico, histórico, económico e cultural. Na idade média os Portugueses deram início a grandes viagens de descoberta e exploração de outros territórios. No século XV, o infante D. Henrique estabelece a entidade *Escola de Sagres*, centro de excelência do estudo das ciências náuticas, dando



Figura 1 – Atlas de Fernão Vaz Dourado (1576).

Fonte: <http://ttonline.iannt.pt> (Arquivo Nacional da Torre do Tombo).

o impulso para a criação do Império Português. As primeiras viagens foram sempre efectuadas junto à costa – navegação costeira – o que facilitava a orientação da navegação. Nesta época, os navegadores careciam de informação que os pudesse auxiliar nas viagens marítimas que efectuavam, o território era desconhecido e por isso, os pilotos tinham a função de recolher o máximo de informação sobre as terras visitadas e os mares navegados. Essas informações eram posteriormente transmitidas aos cartógrafos, que as representavam numa superfície plana – cartas náuticas, também designadas por Cartas Portulano. Desta transmissão de informação resultava também um outro documento náutico, os roteiros que consistiam em descrições detalhadas da costa, onde constava a localização de lugares; informações sobre correntes, ventos, marés, profundi-

dades, etc.. A navegação costeira enfrentava muitos perigos devido aos ventos e correntes, obrigando os navegadores a navegar em mar alto. Neste tipo de navegação os navegadores enfrentavam muitas dificuldades na orientação, originando a procura de novos métodos e instrumentos que permitissem a orientação nestas condições.

O desenvolvimento de novos procedimentos técnicos em termos de náutica astronómica, possibilitam a determinação da latitude a bordo através da observação do Sol, com o Astrolábio ou da observação nocturna da estrela polar, com o Quadrante e a Balestilha. É uma época que representa a mudança de uma cartografia mítica e essencialmente manuscrita, para uma cartografia funcional baseada em conceitos científicos como é exemplo a gradação dos meridianos representados. Não



Figura 2 – Estampa pertencente ao Regimento de pilotos de António de Mariz Carneiro (1642).  
Fonte: <http://purl.pt> (Biblioteca Nacional).



obstante, as cartas continham terras imaginárias, repetidas e locais ligados a histórias e lendas, que chegaram a perdurar durante séculos.

No século XVI, Portugal à devido sua excelente localização geográfica encontrava-se nas rotas marítimas do Atlântico, do Mediterrâneo e das Índias, tornando num pólo de desenvolvimento das ciências náuticas. Não sendo de admirar que os mais antigos exemplares de cartografia portuguesa conhecidos, sejam de natureza náutica. É neste século que a cartografia náutica portuguesa atinge o seu esplendor, constituindo alguns exemplares, autênticas obras de arte no sentido do trabalho de “artesão”. São exemplo disso, o Atlas de Lopo Homem (1519) e o Atlas Universal do cartógrafo Fernão Vaz Dourado (1576).

Em 1608, o cosmógrafo Manuel de Figueiredo,

publica o *Livro de Hydrographia, Exame de Pilotos*, que acaba por ser a principal fonte de informação do regimento de pilotos de António de Mariz Carneiro, editado em 1642, que inclui uma estampa representativa da hidrografia das barras dos portos de Lisboa e Setúbal. As profundidades representadas estão muito provavelmente referidas em braças espanholas, dado a época em que os trabalhos foram realizados.

Foram os trabalhos de cartógrafos como Mercator que levaram à ascensão da cartografia holandesa no século XVII, a par da utilização de técnicas de impressão por xilografia e gravação em chapas de cobre, conduzindo à diminuição dos custos de produção. A carta *Nieuwe Pascaert van Portugaal* atribuída a Jacobus Robijn é um bom exemplar da cartografia náutica Holandesa do século XVII.

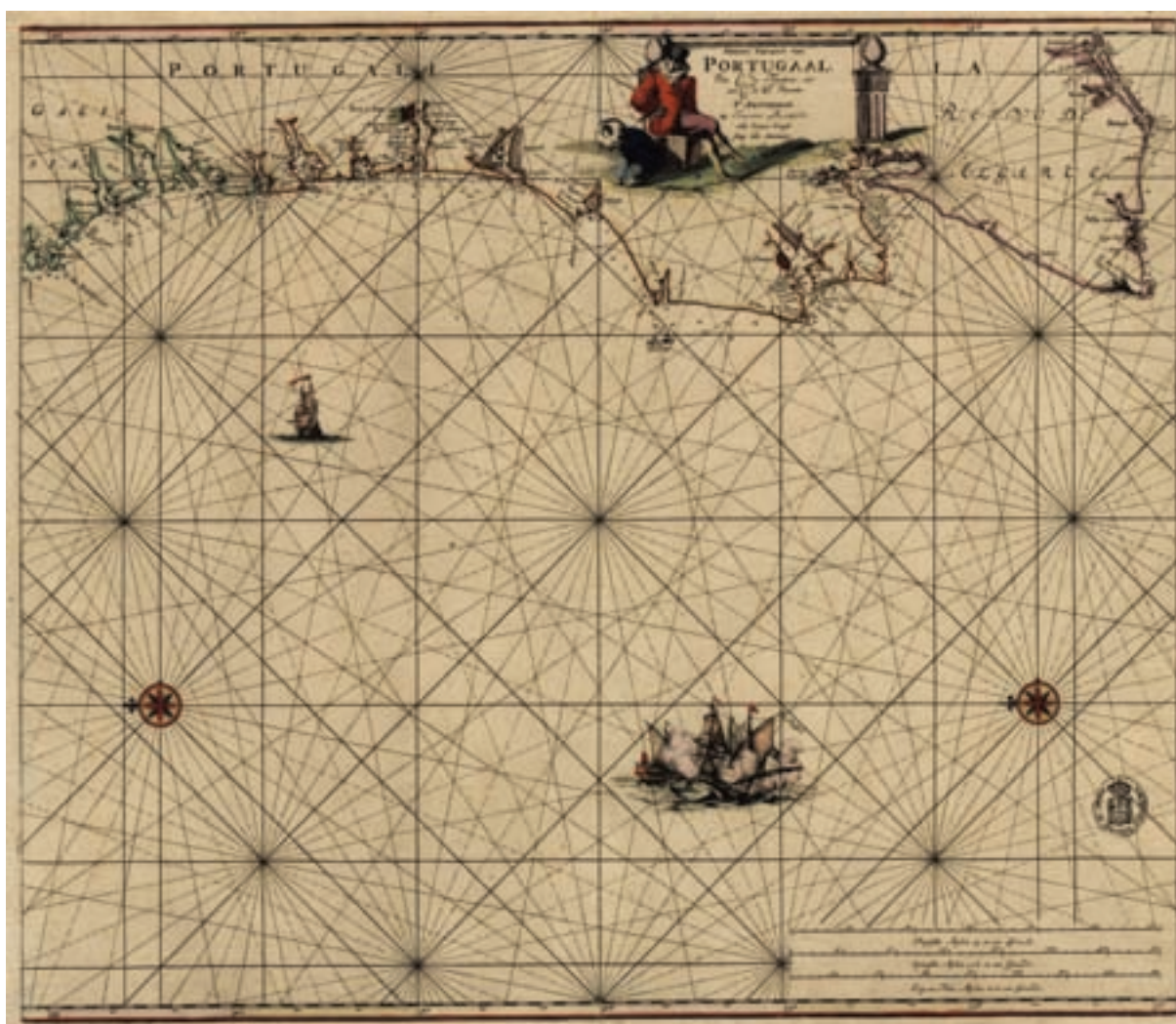


Figura 3 – Carta intitulada “Nieuwe Pascaert van Portugaal” atribuída a Jacobus Robijn.

Fonte: <http://purl.pt> (Biblioteca Nacional).

Nesta carta é representada toda a costa ocidental de Portugal e da Galiza, do cabo de Finisterra ao cabo de S. Vicente, e a costa algarvia. As sondas representadas estarão muito provavelmente em braças holandesas (*vadem*), no entanto, nada na carta nos indica que foi esta medida a utilizada.

No último quartel do séc. XVII não há informações sobre a actividade hidrográfica e cartográfica dos portugueses [Teixeira de Aguiar, 2001].

No final do século XVII, surgem as primeiras academias de ciência; a *Royal Society* em 1660 e seis anos mais tarde a *Académie de Sciences* de Paris.

País	Medida Profundidade	Dimensão (metros)
Portugal	<i>braça</i>	2.20
Inglaterra	<i>fathom</i>	1.853184
França	<i>brasse</i>	~1.949
Holanda	<i>vadem</i>	1.883679
Espanha	<i>braza</i>	1.83

Tabela 1 – Relação entre medidas de profundidade antigas e a unidade de sistema SI (m).



Figura 4 – Plan du Port de Lisbonne et des costes voisins da autoria de Jacques-Nicolas Bellin (1756).  
 Fonte: <http://www.igeo.pt> (Exposição Portugallia Cartographica, Instituto Geográfico Português)



Estas acabariam por ser precursoras de trabalhos de grande relevância para a cartografia e geodesia, como a medição de arcos meridianos em diversos pontos no planeta. Picard realizou a primeira medição de arco, a sul de Paris, cujos resultados iniciaram uma disputa científica sobre a geometria da figura da Terra. Tendo sido no fim consideradas como válidas, as teses de Isaac Newton.

No século XVIII é a vez de se destacar a cartografia francesa, sendo disso exemplo a *Carte géométrique de la France* de César-François Cassini. Esta carta editada em 1789, é composta por cerca de 180 folhas e foi considerada como sendo a primeira carta a abranger um país inteiro, tendo sido desenhada com base em triangulações de pontos e levantamentos topográficos. O *Plan du Port de Lisbonne et des costes voisins* da autoria de Jacques-Nicolas Bellin (1756), é outro exemplo da

excelência da cartografia francesa, onde consta uma escala de longitudes com referência ao meridiano de Paris.

Aliás o problema da determinação da longitude é outro dos avanços científicos da época. Até à data, variados e elaborados métodos para a determinação da longitude foram sendo apresentados ao longo dos anos, apoiavam-se na observação de eclipses solares, lunares, dos satélites de Júpiter e da ocultação de astros pela Lua. Em 1735 é apresentado o cronómetro marítimo, por John Harrison, mas apenas quando o sinal horário começou a ser emitido por rádio é que o uso do cronómetro se generalizou, continuando a utilizar-se o método lunar para a obtenção do tempo.

No final do século XVIII e inícios do século XIX, é criada em Portugal, por iniciativa de D. Rodrigo de Sousa Coutinho, a Sociedade Real Marítima, Militar



Figura 5 – Carta geral que compreende os planos das principais barras da costa de Portugal a qual se refere a carta reduzida da mesma costa da autoria de Miguel Maria Franzini (1811). Fonte: <http://purl.pt> (Biblioteca Nacional).

e Geográfica para o Desenho, Gravura e Impressão das Cartas Hidrográficas, Geográficas e Militares (1798), cujo objectivo era a produção de cartas hidrográficas, cartas geográficas, militares e hidráulicas. Sousa Coutinho chegaria a afirmar que as cartas náuticas eram documentos de extrema importância para o desenvolvimento da navegação e do país, pelo que deveriam ser alvo principal de atenção por parte da Sociedade Real Marítima. Havia dificuldade em produzir cartas náuticas, e Portugal estava dependente da cartografia produzida no estrangeiro. Algumas dessas cartas não continham informação sobre alguns perigos para a navegação efectuada ao longo das nossas costas, ou continham informação que colocava em perigo a vida dos navegadores.

A Sociedade Real Marítima acaba por cessar actividade, contudo continuam a ser produzidos alguns trabalhos na área, sendo um deles, da autoria de Miguel Maria Franzini (colaborador de Sousa Coutinho), que constrói a *Carta geral que comprehende os planos das principaes barras da costa de Portugal a qual se refere a carta reduzida da mesma costa*, editada em 1811.

Esta carta incluía os planos de alguns dos portos portugueses mais importantes naquela época. O plano do porto de Lisboa que consta nesta carta, viria a ser a base de trabalho para a primeira carta hidrográfica “moderna” – o Plano Hidrográfico da barra e porto de Lisboa, produzido em 1849. Entretanto em 1836, dois anos após o fim da guerra civil e por determinação de D. Maria II, foi criado o curso

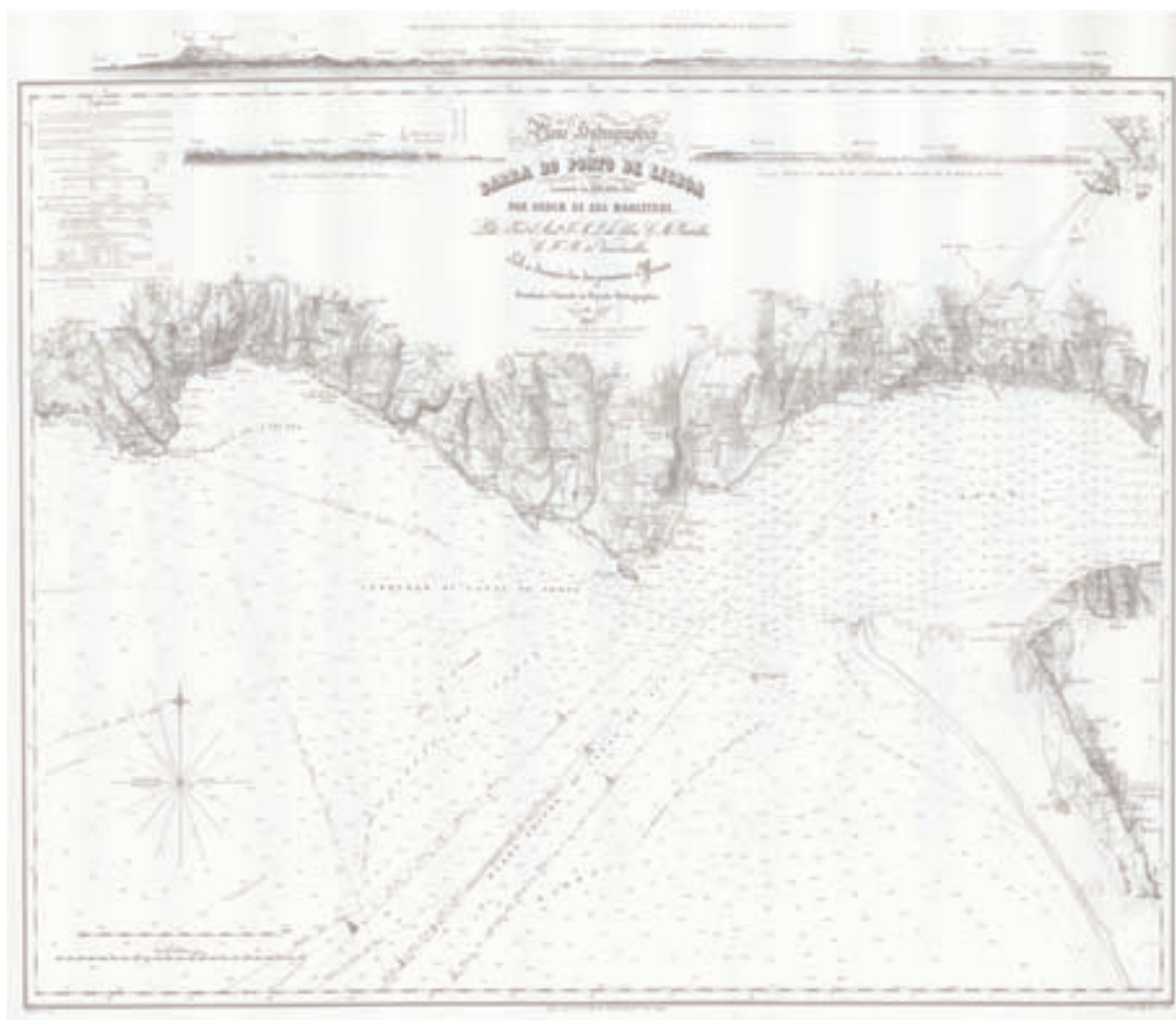


Figura 6 – Plano Hidrográfico da barra e porto de Lisboa (1849). Fonte: Instituto Hidrográfico.

de engenheiro hidrógrafo, sob orientação do General Filipe Folque. Quatro anos mais tarde surgiram os primeiros engenheiros hidrógrafos, Francisco Pereira da Silva, Caetano Maria Batalha e Carlos Botelho de Vasconcelos, responsáveis pela rectificação do plano hidrográfico de Lisboa efectuado por Franzini, do qual resultou a carta anteriormente referida.

Pode-se considerar que a cartografia náutica e a hidrografia portuguesas, enquanto processos de engenharia, têm início em 1836 com o curso de engenheiros hidrógrafos.

No ano de 1921, iniciam uma nova fase da hidrografia e da cartografia executadas em Portugal, esta mudança deve-se à fundação da Organização Hidrográfica Internacional (OHI), que vem estabelecer normas para regulamentar estas actividades. Anteriormente a esta data, os métodos e técnicas utilizados nestas actividades, seriam a repercussão dos métodos utilizados noutros países com tradição na área, tais como a França e a Inglaterra. São portanto os manuais, apontamentos e cursos de hidrografia e cartografia, dos finais do século XIX e início do século XX, que nos podem valer como fonte de informação, acerca dos instrumentos, métodos e técnicas utilizados.

### **3. Métodos e técnicas utilizados na cartografia náutica e hidrografia portuguesas de finais do século XIX e início do século XX**

#### **3.1. Equipamentos e Instrumentos**

O conhecimento da profundidade é muito importante para a segurança da navegação, tendo por isso, ao longo dos anos, sido desenvolvidos e aperfeiçoados diversos instrumentos à determinação desta grandeza.

Desconhece-se a data em que começaram a ser utilizados os prumos na determinação da profundidade, a primeira referência conhecida ao uso deste instrumento, surge em documentos sobre sondagens, efectuadas por volta de 500 a.C. Os navegadores portugueses já recorriam ao auxílio deste instrumento, muito antes de iniciarem as grandes viagens marítimas. No século XVII, recorre-se a diversos para a sua determinação – métodos de medição directa e indirecta.

#### **3.1.1. Instrumentos de Medição directa**

A escolha do instrumento a utilizar, dependia essencialmente da grandeza da profundidade a obter, ou seja, para profundidades inferiores a 4m, principalmente nas barras de rios onde se efectua a prática da navegação, aplicava-se a vara de sonda; para profundidades entre 4 e 50 m, utilizava-se o prumo de mão e para profundidades até 500m, utilizava-se a linha em suspensão do peso do chumbo, a sondareza. Para fundos superiores a 500m, a linha era substituída por fio ou corda metálica.

#### **3.1.2. Instrumentos de Medição indirecta**

A utilização deste tipo de instrumentos visava evitar ou mesmo eliminar, os pequenos erros provocados pela falta de verticalismo da linha ou do fio em suspensão. Pretendia-se também determinar grandes profundidades, não sendo necessário a embarcação estar imobilizada. Um dos instrumentos mais utilizados na determinação das profundidades através da medição indirecta foi o prumo de pressão de Thomson.

Relativamente ao controlo horizontal das sondas, este podia ser determinado por vários métodos e através do uso de instrumentos como o teodolito, sextante, aparelho de alinhamentos, entre outros.

#### **3.2. Escalas, Projecções e Elipsóide**

Segundo a maior ou menor extensão representada, dividiam-se as cartas segundo as classes: marítimas gerais e particulares, havendo ainda os chamados planos hidrográficos, onde se consideram pequenas extensões da superfície da terra projectadas sobre um plano horizontal escolhido.

Os conceitos de escala constante ou variável, numéricas e gráficas era mencionado em manuais de hidrografia, como o da autoria de Victor Hugo de Azevedo Coutinho, enquanto Lente da cadeira de Hydrographia na Escola Naval, assim como a relação entre os erros gráficos e a escala, sendo que o *erro gráfico que se pode cometer, usando bons compassos e operando cuidadosamente, é de cerca de 0,0002m* [Azevedo Coutinho, 1906].

	Portos e Rios	Costas Marítimas		
Projeção	Projeção Plana	Projeções Mercator ou Central		
Classe	Plano hidrográfico	Plano Hidrográfico	Cartas Particulares	Cartas Gerais
Escalas	1/1000, 1/2000, 1/5000, 1/10000, 1/20000, 1/40000	1/25000, 1/50000	1/100000, 1/200000	1/1000000

Tabela 2 – Correspondência entre a classe da carta, a projecção e as escalas.

Relativamente ao elipsóide adoptado, os parâmetros eram os seguintes [Azevedo Coutinho, 1906]:

Semi-eixo maior (raio do equador):  $a = 6378393\text{m} + (-79)\text{m}$

Semi-eixo menor (raio do pólo):  $b = 6356549\text{m} + (-109)\text{m}$

Excentricidade = 0.082701

Os valores de referência para o mínimo do minuto de meridiano eram:

Valor máximo de 1' de meridiano (nos pólos)	1861.60m
Valor médio de 1' de meridiano (milha náutica)	1852.23m
Valor mínimo de 1' de meridiano (no equador)	1842.78m

Tabela 3 – Valores de referência para o mínimo do minuto de meridiano.

### 3.3. O Zero Hidrográfico

Sendo variável a posição do nível dos mares é conveniente adoptar um plano de referência, designado por zero hidrográfico, para a medição das profundidades. Atendendo às necessidades da navegação vários foram os critérios adoptados. Estes critérios dependiam principalmente das condições particulares das marés verificadas nas regiões em estudo. Em regiões, onde a maré apresentava um carácter de regularidade, era adoptado como plano de referência, o plano da máxima baixa-mar verificada. Estas orientações eram seguidas pela hidrografia portuguesa e francesa. Em Inglaterra, o critério adoptado era baseado no nível das baixas-mares, ordinários das sizíguas.

### 3.4. Levantamentos Hidrográficos Regulares

Os métodos de levantamento seriam considerados de hidrografia regular ou hidrografia irregular, consoante fosse possível aplicar, ou não, todo o preceito e rigor nos procedimentos do levantamento. Na hidrografia regular, se o levantamento a efectuar fosse num rio, estaria convencionado que, para cada margem, o limite interior da topografia não deveria ultrapassar os 200m, a contar da linha das máximas cheias. Ao representar a foz, o limite a representar, tinha a distância de 1250 metros. Nos portos e costas do mar, os limites eram excedidos, pela necessidade de representação de pontos afastados com interesse para a navegação. Pelo lado do mar, a topografia era limitada pela linha dos máximos baixa-mares da localidade.



### 3.4.1. Reconhecimento prévio

Antes de se efectuarem trabalhos definitivos procedia-se a um reconhecimento prévio da área a levantar. Durante esta fase era feita a primeira escolha de pontos para vértices de triangulação, bem como a procura de locais convenientes para a medição de uma base e para a colocação de uma escala de marés.

A colaboração com a população local e a realização do trabalho durante a baixa-mar, para melhor ajuizar o contorno do litoral e perceber as diferenças de fundo, eram fundamentais para a identificação dos perigos à navegação a representar na carta náutica.

### 3.4.2. Projecto de triangulação

O curso dos trabalhos continuava com o projecto de triangulação, realizado sobre uma carta já existente ou na que seria construída, recorrendo aos elementos de reconhecimento prévio, e usualmente trabalhando à escala 1/25000. Assim detectavam-se eventuais insuficiências de vértices, para realizar o trabalho convenientemente, e estudava-se

a ligação mais vantajosa da base com a triangulação, a sua orientação e grandeza aproximadas.

### 3.4.3. Medições geodésicas

Seguidamente procedia-se a realização das medições geodésicas. A medição da base era executada por métodos de medição directa: réguas, fios de aço, a cadeia métrica, fitas de aço ou de tela, a *sondareza*, o *cyclographo*, etc. A medição dos ângulos horizontais nos vértices de triangulação, era efectuada com teodolitos. Devido ao teodolito se encontrar em estação, executavam-se também as medições de distâncias zenitais, necessárias à determinação das altitudes dos pontos dos vértices. Eram também efectuadas medições astronómicas, com recurso a processos de astronomia geodésica, para determinar um lado da triangulação.

### 3.4.4. Resolução de triângulos

Após os trabalhos de campo, procedia-se à resolução dos triângulos através do cálculo trigonométrico, e de métodos desenvolvidos por Filipe Folque. Resolvidos os triângulos, eram determinadas as

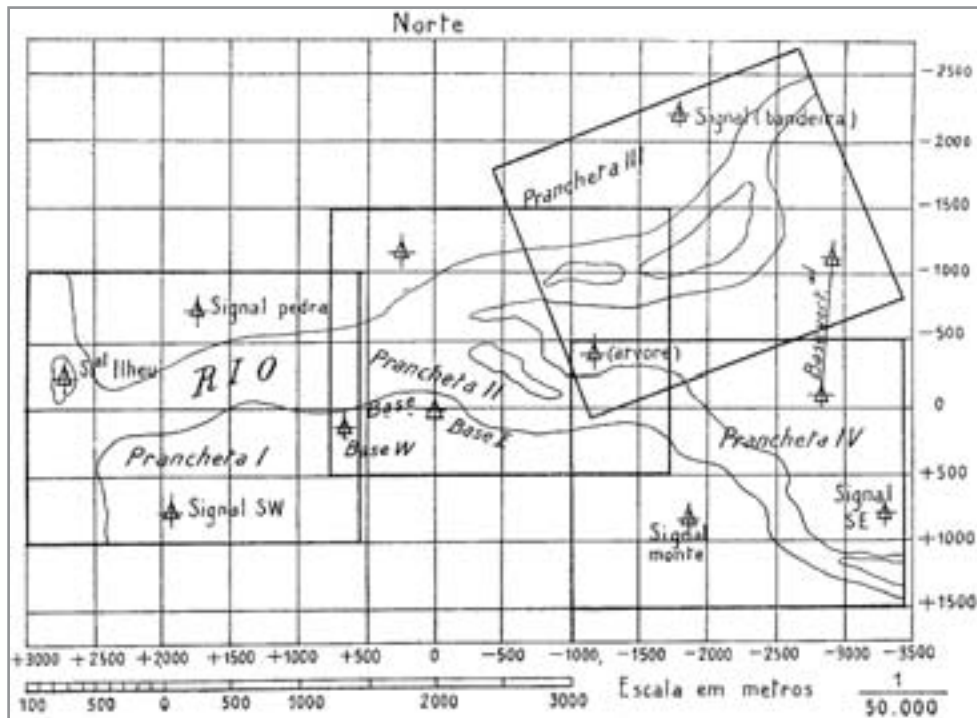


Figura 7 – Minuta à escala 1:50000.

Fonte: Curso Elementar de Hydrographia (1906) de Victor Hugo de Azevedo Coutinho.

coordenadas rectangulares dos vértices e as suas cotas. As cotas, dependentes das observações de maré, e conseqüentemente da determinação do plano do nível médio das águas, que ocorria depois de colhidos diversos elementos, eram inicialmente referenciadas a um plano provisório de referência. Só mais tarde, quando conhecida a posição do nível médio das águas e determinada a diferença de alturas entre as duas superfícies de nível, seria aplicada a mesma correcção a todos os valores obtidos.

#### 3.4.5. Colocação dos pontos trigonométricos na prancheta

Num levantamento hidrográfico regular, o passo seguinte seria a colocação dos pontos trigonométricos na prancheta. A adopção de uma escala única quer para os levantamentos, quer para o desenho final, estaria dependente da confiança existente nos instrumentos e métodos utilizados. Porém, quando não existia confiança no levantamento efectuado, era adoptada uma escala dupla, daquela utilizada no desenho final da carta, pretendia-se desta forma a reduzir os erros associados aos instrumentos e métodos. Quando não era possível efectuar o estudo detalhado do terreno numa única prancheta, devido a grandeza da escala, recorria-se à execução de uma minuta de menor escala, em papel

milimétrico, para distribuir convenientemente por várias pranchetas, em trabalhos futuros.

#### 3.4.6. Prancheta especial

Para os trabalhos de sondagem, era preparada uma prancheta especial onde se marcavam o maior número possível de pontos, quer trigonométricos já conhecidos, quer topográficos obtidos durante os trabalhos de campo. O desenho dessa prancheta seria de escala menor, e eram aplicados processos numéricos ou geométricos para transportar os pontos trigonométricos e topográficos de outras pranchetas para esta.

#### 3.4.7. Desenho de detalhes e pormenores do terreno

Com recurso à prancheta (instrumento), procedia-se então ao desenho dos detalhes e pormenores do terreno. O método da irradiação e o método das intersecções eram os utilizados para este fim, métodos que ainda hoje são utilizados na prática da topografia. A representação de uma linha de baixa-mar é dos pormenores do terreno mais importantes, a ser representados numa carta náutica. Apresentam-se na seguinte tabela alguns dos métodos utilizados:

Métodos directos	Métodos indirectos
Método da irradiação	Utilização das sondas reduzidas
Método das perpendiculares	Utilização do nível de óculo, com conhecimento de posição de um ponto da linha de maior ou máximo baixa-mar
Utilização do sextante	--

Tabela 4 – Métodos utilizados para a representação de pormenores do terreno.

Dos métodos directos, o mais utilizado seria o método da irradiação. De modo simplificado, o procedimento seria o seguinte: alguns dias antes da maior baixa-mar, da lua mais próxima, por ocasião de águas baixas, eram escolhidas e assinaladas

posições convenientes para sucessivas estações da prancheta, distantes de 200 a 400m entre cada estação e o contorno da linha de baixa-mar a determinar. No dia em que se verifica a maior baixa-mar, assim como na véspera e no dia seguinte, proce-



dia-se ao desenho do contorno, estacionando a prancheta nas posições já escolhidas e aplicando o método de irradiação. Através do sextante era efectuada a determinação dos pontos de maior inflexão da linha do baixa-mar, pela observação dos ângulos entre pontos convenientemente escolhidos e esboçando o contorno intermédio.

Como um dos métodos indirectos, temos a utilização das sondas reduzidas, em que o procedimento era o seguinte: após a sondagem efectuada, e se esta tivesse sido feita segundo linhas normais à margem, ao unir os pontos de sonda nula, este contorno delineava a linha de baixa-mar.

Outro elemento importante a determinar no terreno é a linha do preia-mar. Todos os processos enunciados na tabela anterior podem ser utilizados na determinação desta linha, excepto o método das sondas reduzidas. Contudo a linha de baixa-mar era muitas vezes reconhecida visualmente, no terreno, devido à existência de vestígios (deixas do mar), como algas e outras plantas marinhas ou fluviais.

Ainda quanto à representação da porção de terra da carta, e depois de concluído o desenho da planimetria, calculava-se segundo a escala adoptada a equidistância natural, uniam-se por curvas os pontos de igual elevação, traçando depois normais a estas.

#### 3.4.8. Trabalhos de Sondagem

Inicialmente era elaborado um projecto de sondagem em que se iniciava a recolha de diversos elementos sobre a zona a sondar. Muitos desses elementos eram obtidos por observação directa durante a fase de reconhecimento prévio e outros resultavam de informações fornecidas pela popula-

ção local. Outros elementos também considerados eram os apontamentos efectuados durante as operações topográficas e o estudo feito sobre o desenho da prancheta especial. Com todos estes elementos conhecidos, seriam finalmente estabelecidos sobre a prancheta, os alinhamentos ou enfiamentos de pontos terrestres, ou mesmo assinalar mais pontos em terra ou no mar.

O tipo de embarcação a utilizar dependia dos fundos; para sondagens executadas com vara de sonda era utilizado um escalar. Se no entanto o instrumento a utilizar fosse o prumo de mão, recorria-se a uma embarcação com maior porta, como uma lancha ou um escalar a vapor. Se o fundo atingisse profundidades superiores a 50m, a sondagem era efectuada com recurso a um navio.

Os trabalhos no mar eram executados com base num alinhamento previamente traçado na prancheta especial, navegando em direcção normal e efectuando medições, com o sextante, dos ângulos entre três pontos em terra convenientemente escolhidos. Quando era atingido um ponto marcado no alinhamento traçado, a embarcação era fundeada e era registada a posição desta sobre a prancheta, era também efectuada a medição do ângulo neste ponto, formado entre o alinhamento e a direcção para algum ponto visível.

Certo o relógio pela hora do lugar, determinados os erros dos sextantes, preparados os observadores e prumadores, e escolhidos os pontos a observar, as operações de leitura da vara ou linha, a observação dos dois ângulos entre os três pontos escolhidos, e a leitura da hora dada pelo relógio deveriam ser tanto quanto possível simultâneas. Os intervalos entre as sondas em cada alinhamento, eram feitos com base na tabela 5.

Fundos	Intervalo entre sondas
Inferiores a 10m	$\frac{1}{20}$ de milha
De 10 a 20m	$\frac{1}{10}$ de milha
De 20 a 40m	$\frac{1}{4}$ de milha
De 40 a 100m	$\frac{1}{2}$ de milha
De 100 a 200m	1 milha

Tabela 5 – Correspondência entre os intervalos entre sondas e os fundos.

Quando a guarnição e os observadores eram experientes, e os fundos regulares e pouco profundos, a sondagem era efectuada sem imobilização da embarcação e eram efectuadas observações de 3 em 3 ou de 4 em 4 sondas. Em caso de vento ou da existência de correntes, este método apresentava a vantagem de a embarcação poder facilmente seguir o alinhamento ou enfiamento.

#### 3.4.9. Redução das Sondas

Às sondas obtidas eram aplicadas as correcções de redução de maré (sondas reduzidas a um plano de referência). Esse plano de referência, durante os trabalhos, não teria de ser necessariamente o zero hidrográfico, mas antes um plano provisório de referência para todos os valores obtidos, afim de proceder a uma verificação diária das sondas. Só no fim de todos os trabalhos de sondagem é que se efectuava a definitiva redução de todas sondas, ao plano do zero hidrográfico. Outra das correcções aplicadas, consistia na correcção de erros de linha, resultantes do encurtamento das linhas de prumo face à sua utilização. Nos primeiros tempos de utilização, as linhas eram comparadas antes e depois de estar “de molho em água”, e face às verificações efectuadas construíam-se tabelas de correcção aos diferentes comprimentos a contar da origem.

### 3.5. Levantamentos Hidrográficos Irregulares

Quando por falta de pessoal, material, tempo ou impossibilidade de desembarcar, se procedia a um levantamento hidrográfico sem contudo serem observados os trabalhos de hidrografia regular, o levantamento dizia-se irregular, ou tomava a denominação de expedito face à rapidez de execução. Poderia também tomar a denominação de reconhecimento, quando se tratava de rápida execução e pouco rigor. As bases de trabalho deste tipo de levantamento continuam a ser a resolução de triângulos, em que se supunha o terreno ou mesmo a parte de mar dividida. Mas atendendo à falta de rigor, as resoluções eram muitas vezes efectuadas por processos gráficos.

#### 3.5.1. Levantamento irregular com sextante

Na possibilidade de desembarcar, recorria-se ao sextante como instrumento principal para os trabalhos de reconhecimento, medição entre pontos terrestres e substituindo a prancheta na determinação de pontos principais e complementares nos trabalhos topográficos. Na medição da base era possível empregar a sondareza. Conseguia-se portanto efectuar este tipo de levantamento recorrendo a instrumentos de bordo, sendo que todo o processo seria semelhante ao da hidrografia regular, embora mais expedito e menos preciso.

#### 3.5.2. Levantamento irregular de uma porção de costa utilizando embarcações miúdas

Na impossibilidade de efectuar desembarque de pessoal e material, era ainda assim possível efectuar um levantamento, através da realização de triangulações com recurso às embarcações miúdas existentes no navio e a pontos principais escolhidos no litoral, numa primeira fase, à qual se seguia o levantamento do pormenor, dos contornos da costa e a sondagem. Na preia-mar e baixa-mar, era efectuada a avaliação entre as distâncias das estações mais próximas da costa à praia, empregando para tal flutuadores ligados por intermédio de uma linha às embarcações. Durante a execução da sondagem eram completados os trabalhos de topografia, e definir melhor a linha de preiamar. A linha de baixa-mar era muitas vezes determinada com recurso à redução das sondas.

#### 3.5.3. Levantamento irregular “sob vela”

Não seriam estes os únicos métodos de hidrografia irregular existentes à data. Outros, como os levantamentos “sob vela” que dispensavam a utilização de embarcações miúdas, ou os levantamentos de enseadas extensas e muito abertas, que se desenvolvia segundo uma triangulação efectuada exclusivamente no mar eram também utilizados. Os métodos de hidrografia irregular deram um grande contributo à cartografia náutica dos territórios portugueses no século XIX, pois grande parte das cartas náuticas eram executadas segundo os seus preceitos.

#### 4. Tecnologias actuais

Desde a fundação da OHI que as normas técnicas, tanto para execução de levantamentos topo-hidrográficos, como para produção cartografia náutica, têm vindo a ser implementadas pelos seus membros.

As técnicas utilizadas nos trabalhos de topografia e sondagem são hoje apoiadas em tecnologias de posicionamento por satélite (Global Navigation Sattelite Systems) e a medição de profundidades em sondadores acústicos, possibilitando a recolha sistemática de informação mais precisa e exacta, que as técnicas divulgadas neste artigo. No processamento e edição de cartografia, os sistemas de Desenho Assistido por Computador (CAD) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), apresentam-se como tecnologias mais céleres que trabalham sob standards, e que possibilitam a representação dos objectos com menor subjectividade, tendo sempre presente os sistemas de projecção.

#### 5. Conclusões

Após o exposto neste artigo, verifica-se que os métodos e técnicas utilizados para produzir cartografia náutica são em grande medida diferentes dos utilizados nos nossos dias, apesar dos princípios básicos se manterem. A panóplia de equipamentos utilizados, não permitia obter dados de forma tão precisa e exacta como as técnicas actuais. Os diferentes métodos utilizados para os levantamentos topo-hidrográficos, deixavam a escolha ao critério dos responsáveis pela missão, sendo que desconhecemos quais foram utilizados num levantamento em particular. Muitos destes levantamentos foram executados de forma expedita, e embora constituíssem documentos únicos e imprescindíveis para a condução da navegação (alguns ainda constituem, pois são a única fonte de informação que o navegador dispõe, nomeadamente no caso Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa (PALOP), alguns destes podem não cumprir com os requisitos técnicos actuais.

Realizar estudos comparativos, utilizando cartografia náutica antiga e cruzando a informação desta com realizações mais recentes, recorrendo a sistemas de informação geográfica, pode levar o utilizador a conclusões que não representam a realidade. Embora se tenham identificado nesta comunicação, alguns dos métodos e parâmetros utilizados na produção cartográfica até 1920, tais como elipsóide, projecção cartográfica, unidade de medida de profundidade, zero hidrográfico, linha de costa, entre outros, essa informação (ou parte dela) nem sempre está documentada nesta cartografia.

Concluindo, torna-se difícil quantificar o rigor associado a este tipo de informação, não devendo o utilizador desta negligenciar tais factos, dada a facilidade com que se pode rasterizar e georeferenciar uma destas cartas, utilizando-as para estudos e projectos.

Essencialmente há que ter em conta o propósito da produção de uma carta náutica: a segurança da navegação. Este propósito implica qualidade de aquisição e representação de dados muito diferente da necessária para, por exemplo, a realização de estudos sobre a variação da linha de costa. Para um navegador, a localização rigorosa da linha de costa é praticamente irrelevante porque atingi-la significa encalhar... Aliás, numa situação de grande proximidade à costa, a navegação não se faria baseada totalmente na cartografia, mas sim na visualização do contorno de costa. Esta é também a razão porque as cartas náuticas antigas incluíam desenhos panorâmicos de vistas do mar para a terra. Ainda nesta senda, é muito interessante verificar que o pormenor da linha de costa de uma carta terrestre 1:100.000 de Filipe Folque de 1864 tem muito mais pormenor que a linha de costa de uma carta náutica 1:50.000 de Baldaque da Silva, produzida em 1850. Tudo devido ao objecto de utilização.

A acrescentar a este problema do objecto de produção, temos então o problema das técnicas disponíveis na altura. É extremamente relevante lembrar que não se realizava fotografia aérea para aplicação cartográfica!

## Referências

- Azevedo Coutinho, V. H. – *Curso elementar de Hidrografia*, Literatura da Escola Naval, Lisboa, 1906.
- Correa do Inso, J. – *Curso elementar de Hydrographia*, 1.º Volume, Literatura da Escola Naval, 1901-1902.
- Correa do Inso, J. – *Curso elementar de Hydrographia*, 2.º Volume, Literatura da Escola Naval, 1901-1902.
- Lacerda, H. C. – *Apontamentos para curso elementar de Hydrographia*, Literatura da Escola Naval, Lisboa, 1899.
- Silva Ribeiro, A. – *A Hidrografia nos Descobrimentos Portugueses*, Biblioteca da História, Publicações Europa América, 1994.
- Teixeira de Aguiar, Reis Arenga, Silva Ribeiro, Santos Serafim, Albuquerque e Silva, Melo e Sousa – *A Marinha na Investigação do Mar 1800-1900*, Instituto Hidrográfico, Lisboa, 2001.

## Contactos electrónicos

Rui Guerreiro – [xavier.guerreiro@hidrografico.pt](mailto:xavier.guerreiro@hidrografico.pt)

Sónia Godinho – [sonia.godinho@hidrografico.pt](mailto:sonia.godinho@hidrografico.pt)

# Fotografia Panorâmica para o Roteiro da Costa de Portugal

José Aguiar, Técnico Profissional Especialista Principal

**Resumo** O envolvimento do Gabinete de Multimédia na feitura dos roteiros de navegação da costa de Portugal continental e dos roteiros para a navegação de recreio, e mais recentemente na nova edição do roteiro de Portugal continental criaram a oportunidade de estudar e resolver alguns problemas pouco comuns na área da fotografia. Surge, neste período, uma nova forma de registo das imagens – o digital – que torna exequível um novo conjunto produtos, apresentando, no entanto, novos desafios. Esta descrição refere-se às panorâmicas e metodologias utilizadas para as criar.

**Palavras-Chave:** fotografia, panorâmica, roteiro

**Abstract** *The involvement in the making of the previous editions of the coast pilots edited by the Instituto Hidrográfico has presented the opportunity to work on some interesting problems in the area of photography and to deal with modern digital processing methods. The main one was to create large photographic representations of the coast as it is seen from the sea. This enormous folio of panoramic photographs when joined one by one would show the whole of the Portuguese coast as seen by someone standing in a boat traveling along it.*

**Keywords:** *pilot guides, photography, panoramic.*

## 1. Introdução

Em 2003 a Divisão de Navegação comunicou ao Gabinete de Multimédia que para a realização da 3.<sup>a</sup> Edição do Roteiro de Portugal Continental seria necessária a recolha de fotografias para ilustrar o roteiro, criar uma base de elementos de consulta e apoiar os navegadores na sua demanda. São 4 os tipos de imagem identificados na altura: Imagem de pontos conspícuos<sup>1</sup>; Fotografia das entradas e saídas de portos; Fotografia aérea oblíqua de portos e pontos conspícuos; e Fotografia do aspecto geral da costa.

A actualização da anterior edição do roteiro de

Portugal continental, dos roteiros para a navegação de recreio, e a colaboração na recolha das imagens para realizar os roteiros cobrindo os Arquipélagos dos Açores e da Madeira serviram como ponto de partida para o planeamento desta nova missão. Um desejo antigo surge de novo: a existência de uma fotografia (conjunto de fotografias) que cobrisse **toda** a costa. A imagem a que alguém já chamara *a fotografia do quilómetro*.

A ilustração fotográfica do roteiro implicou a obtenção de fotografias de terra com deslocações aos locais, fotografias dos enfiamentos e entradas

---

<sup>1</sup> Ponto conspícuo é o termo utilizado em navegação costeira para referir uma estrutura visível do mar e que permite ao navegador identificar um local, um enfiamento, um perigo.

dos portos e das suas particularidades, fotografias dos pontos conspícuos ao longo da costa para reforço das descrições, fotografias aéreas obliquas dos portos e pontos de abrigo ao longo de Portugal Continental e as fotografias da costa de Portugal Continental como ela é vista do mar por um navegador que dela se aproxima durante o dia.

Apresenta-se desta forma o testemunho da obtenção e processamento das fotografias para ilustração do Roteiro, destinadas a criar imagens panorâmicas, e que todas juntas dariam a *fotografia do quilómetro*.

## 2. Antecedentes

A vista de terra é um dos elementos que as diversas eras da cartografia foram transmitindo como necessários para a navegação. A sua utilização entrou em desuso nos anos sessenta como parte integrante das cartas onde surgiam principalmente em cartas com planos de portos e na descrição de ilhas.

### Fotografia panorâmica horizontal de grande formato

A obtenção de fotografias a partir das quais se realizavam as vistas sofreu alterações ao longo do tempo.

O sujeito a fotografar era, e é, uma fita longa e que, idealmente, reproduz o horizonte. Começaram a ser utilizadas máquinas panorâmicas em que o negativo tem uma proporção de 1 para 3, o mais utilizado na Marinha foi a chapa de vidro de 11x40cm. São câmaras pesadas e lentas de preparar, mas os ritmos do início do século XX ainda permitiam a sua utilização. Para evitar distorção pelas lentes, ou pelo movimento introduzido pelo passar da cortina, é necessário manter a horizontalidade da câmara em relação ao horizonte durante o disparo. Na Marinha estas imagens são obtidas em condições de constante movimento, tornando estas câmaras de difícil utilização. Numa das tentativas de resolver este problema foi criado um tripé com sistema *cardan* no pescoço e um contrapeso que mantinha a verticalidade do eixo da câmara.

Outra metodologia para obtenção destas imagens panorâmicas é a colagens de fotografias, solução já encontrada como ilustração nos roteiros publicados nos anos 30 em Portugal, mas de que a edição dos anos 90 é um exemplo de paciência e rigor.



Figura 1 – Esta panorâmica de terra inserida na carta 52 – Plano e Barra de Viana do Castelo, de 1933 refere: "A vista de terra foi cedida pelo Comandante do Navio Hidrográfico «5 de Outubro», Capitão-tenente Rodrigues Tomaz". É a única referência conhecida pelo autor de que as vistas gravadas tinham uma *inspiração* fotográfica.





Figura 2 – Negativo impressionado em chapa de vidro 11x40cm



Figura 3 – Tripé com sistema cardan para manter a horizontalidade. A câmara é uma PANORAMA da Zeiss do início dos anos 20

### Panorâmica com rotação da câmara ou lente

Uma outra solução encontrada para a produção de panoramas é o fabrico de corpos de câmaras em que o corpo da câmara e/ou o filme vão rodando sobre o eixo da sua vertical criando uma fita. Esta solução exige que a distância dos objectos ao filme se mantenha mais ou menos constante para que a focagem se mantenha. É, por isso, usada em ambientes fechados ou com lentes de grande ângulo, aumentando a profundidade de campo<sup>2</sup> mas, naturalmente, diminuindo o detalhe recolhido<sup>3</sup>. Esta solução, embora panorâmica, não se insere na solução procurada, pois para realizar as panorâmicas ao longo da costa necessitamos de uma sucessão de pontos de vista paralelos.

### 3. Problemas identificados e suas soluções

Foi com base na forma de trabalhar em fotografia aérea que se iniciaram as diversas considerações no que se descreve como fotografia horizontal.

Esta designação de “horizontal” refere-se a duas características: horizontal porque a câmara está paralela ao plano da superfície do mar, e; horizontal porque se fotografa o horizonte.

<sup>2</sup> Profundidade de campo é o intervalo da imagem frente a uma lente que se encontra focada. Quanto maior a distância angular coberta por uma lente maior a sua profundidade de campo.

<sup>3</sup> O Eng. Edgar Cardoso desenhou um dos primeiros sistemas deste tipo. Tratava-se de uma máquina fotográfica rotativa revolucionária apresentada à Academia das Ciências em 1973, tendo sido patenteada nos Estados Unidos da América; in “Edgar Cardoso, mecanismos de génio”. 2004. Exposição no Museu do Transporte e Comunicações. Porto.

Estabelecido que somente a colagem de imagens iria permitir a reprodução da costa e atendendo às experiências realizadas nos anos 90 foi necessário tomar decisões sobre a escala, a distância à costa, as lentes a usar e o equipamento.

### Escala

Podem as imagens ter uma escala? Embora possível, o processamento necessário (identificação de estruturas conhecidas e suas relações – Imagem versus Real) não justificaria as diferenças nos resultados finais para os navegadores. Não existiria uma escala fixa mas sim uma que fosse apropriada para a ilustração daquilo que o navegador-autor queria passar para o navegador-leitor.

### Repetição de elementos

A existência dos mesmos elementos em cada imagem dava azo a repetições. Surgem então duas questões: os elementos repetidos podem ser apagados? Se sim, qual o critério?

Este é, sem dúvida, o maior inconveniente da colagem de fotografias, dado que a sua bi-dimensionalidade não pode compreender a perspectiva de cada fotograma. Esta bi-dimensionalidade obriga a decisões de mutilações em cada um, mutilações estas que podem ser uma forte origem de erros. A eliminação de objectos repetidos levou por vezes à total eliminação de estruturas fundamentais para o reconhecimento da costa. A verificação por espe-

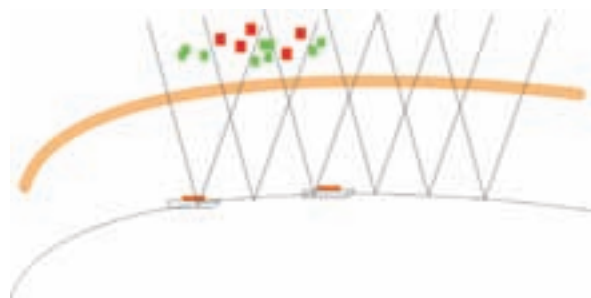


Figura 4 – Numa fiada paralela à costa os elementos a vermelho surgirão nas duas fotografias consecutivas.

cialistas de navegação, conhecedores dos locais e dos pontos conspícuos, foi essencial para a manutenção da veracidade pretendida, tendo evitado induzir o navegante a erros crassos.

Assim, optou-se por manter a fidelidade à linha de praia<sup>4</sup> adaptando as linhas mais fundas a uma visão que corresponderia ao que o navegador poderia utilizar para orientação.

### Distância à costa

Era obtida apenas uma imagem de cada vez, sendo que a distância a que se pode tirar uma fotografia no mar é limitada pelo valor de humidade relativa existente acima da superfície do mar. A humidade presente no ar reflecte a luz criando uma cortina luminosa que corta a visão, exigindo distâncias relativamente curtas e condições atmosféricas favoráveis.



Figura 5 – Nesta composição da costa algarvia pode notar-se no horizonte longínquo a repetição da cicatriz deixada por uma exploração de areias embora a linha de praia esteja íntegra.

<sup>4</sup> Linha de praia no âmbito deste trabalho é a linha criada pela interface entre a água do mar e a parte terrestre. Ou, de outra forma, o local em que a superfície da água toca a costa.

## Distorção pela lente

Para alcançar o objectivo final de justapor fotografias, houve que ter em conta a distorção provocada por qualquer lente. Seria necessário utilizar-se uma lente “padrão” – a que imita a visão do olho humano – que em fotografia de 35mm corresponde a uma lente de cerca de 50mm com ângulo de visão entre os 40 e 50 graus. A distorção da lente deixaria de ser um dos factores condicionantes da tarefa, já de si complexa.

## Equipamento

A escolha do equipamento foi o passo seguinte. O preço de processamento da fotografia em filme de médio formato 6x45 mm que o Instituto possui era considerável e a experiência anterior relativa a junção destas imagens colocava o projecto da fotografia contínua de novo na lista dos *desejáveis não realizáveis*.

Nos últimos anos assistiu-se a um enorme desenvolvimento na fotografia digital estando bem longe da fase por nós testada nos inícios dos anos 90, então, posta de parte por não cumprir os requisitos mínimos de qualidade exigidos para o trabalho de ilustração de roteiro. Depois de efectuado o estudo comparativo dos custos, atendendo ao facto que um sistema fotográfico digital de qualidade se podia adquirir por menos de metade dos custos associados ao processamento de diapositivos e sabendo que a digitalização das imagens ficaria realizada no momento da obtenção sem mais passos, foi decidido adquirir um sistema de fotografia SRL<sup>5</sup> digital aproveitando a versatilidade destes sistemas na utilização de lentes de várias distâncias focais.

Foram adquiridos dois corpos de gamas diferentes e um conjunto de lentes para a operação. Na recolha dos fotogramas para criação das panorâmicas utilizou-se um corpo Canon EOS300D.

## A recolha das fotografias

O **objectivo** foi obter uma fita que contivesse a fotografia da costa correspondendo à aproximação de um navegador a terra.

Foram disponibilizados os seguintes **meios**: um navio que navegou ao longo da costa; um sistema fotográfico de recolha de imagem; um sistema de estabilização, e; um sistema de salvaguarda do trabalho realizado.

O **navio** designado foi de novo o NRP Andrómeda. O plano previa que navegaria a numa rota paralela á costa a 2 milhas e a uma velocidade constante de 4 nós. Deveríamos navegar de preferência para que a luz do Sol incidisse sobre a costa vinda de trás do sistema de captura. Estes aspectos permitiriam que obtivéssemos fotogramas disparando a **intervalos** regulares, 20 segundos, que se encontrariam em condições de luz semelhantes entre si. A frequência de disparo foi calculada de forma a obter uma sobreposição de terços permitindo que só utilizássemos a fatia central de cada fotograma.

Para **estabilidade** e constância do ponto de observação a câmara foi montada na repetidora da giro-bússula na asa da ponte do lado de terra. A câmara foi fixa numa cabeça de tripé, montada pelas nossas oficinas de instrumentos num aparelho de marcar, permitindo um ajuste perfeito. Foi montado um sistema a bordo para protecção da surreada<sup>6</sup>.

Para **segurança** todo os ficheiros gravados durante o dia seriam copiados para dois conjuntos discos amovíveis, DVD e Disco Rígido.

A missão foi realizada de Norte para Sul sendo repartida de acordo com outras necessidades da Marinha para o navio. O primeiro lanço levou-nos do rio Minho a Peniche, o segundo de Lisboa (com ida a Peniche) até a Arrifana e a terceira parte de Portimão a Arrifana e de Portimão ao Rio Guadiana. Foram recolhidos 20 000 fotogramas, correspondendo a 48Gb, sendo que cada fotograma tinha cerca de 2,4Mb.

A operação de fotografia da costa realizou-se entre Março e Junho de 2004.

<sup>5</sup> SRL é a designação vinda do inglês (single reflex lens) para as câmaras de lentes intermutáveis e em que a visão do operador e a fotografia são feitas através da mesma lente. Este sistema é o comum das populares câmaras de 35mm utilizadas maioritariamente até há poucos anos.

<sup>6</sup> A surreada é a saraivada de água da ondulação contra a borda da embarcação

## Geo-referenciação

Embora a geo-referenciação das fotografias não constituísse, em si, uma necessidade para o trabalho imediato de criação das panorâmicas para o Roteiro a sua utilização futura seria largamente melhorada se fosse possível geo-referenciar cada fotograma.

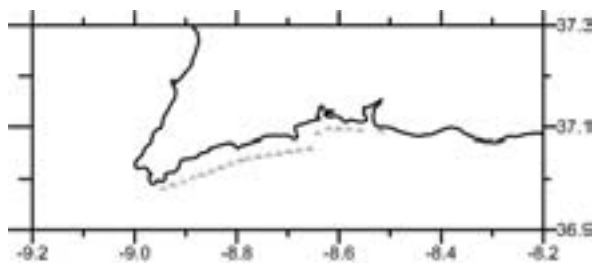


Figura 6 – A implantação do local em que cada fotograma foi obtido é possível graças ao seu geo-referenciamento e abre perspectivas de outras utilizações do material recolhido.

Existem câmaras com capacidade de registar a informação seleccionada de um equipamento de rádio posicionamento, encontrando-se alguns nos navios da Armada. Uma investigação da existência no nosso mercado revelou que somente câmaras de gama média, e portanto de lente fixa, podiam receber este sinal, sendo as câmaras da Marinha enquadráveis nesta definição.

O NRP Andrómeda está equipado com um sistema *HyPack* para utilização em levantamentos hidrográficos capaz de receber, e gravar, sinais de GPS diferencial. Foi este o sistema utilizado para verificar a nossa posição aquando de cada fotografia. Durante os trajectos de recolha o sistema de bordo gravava, com intervalos de segundo, as posições do navio. Este ficheiro era recolhido ao fim de cada dia e guardado com as fotografias.

Já no Instituto foi criado um ficheiro com o nome de cada grupo fotografia e data/hora a que tinha sido adquirido. Cruzando com o ficheiro obtido do sistema *HyPack* foi possível geo-referenciar as imagens e fazer a sua representação num gráfico com a linha de costa. Este trabalho permitiu solucionar algumas dúvidas encontradas durante o processamento dos fotogramas.

Para assegurar a correspondência entre a hora

do sistema de posicionamento e a hora da câmara, foi regularmente obtida uma fotografia do monitor do PC, mostrando a hora com que o sistema estava a trabalhar sendo depois cruzado com a hora registada nos metadados da fotografia, procedendo-se aos ajustes necessários.

## 4. Processamento

### Escolha de software

Durante as primeiras reuniões de preparação dos trabalhos julgou-se possível proceder a junção das fotografias recorrendo a programas informáticos simples, existentes no mercado, e que realizariam esta tarefa de uma forma quase automática.

Foram realizadas experiências com os mais conhecidos, alguns dos mais sofisticados que são utilizados na área da arquitectura para fotografia de interiores, outros com adições (*plug-in*) às aplicações que normalmente utilizamos para tratar imagem. Conclui-se que o nível de diferenciação entre as imagens tornava o uso destes automatismos impraticável pois que os seus algoritmos de reconhecimento de imagem não estavam à altura do pretendido.

Com a utilização dos *plug-in* para junção de imagem do *Corel PhotoPaint* e do *Adobe PhotoShop* foi possível realizar esta tarefa de uma forma mais fácil do que utilizando a simples colagem.

Por ser de mais fácil utilização e ter uma poderosa capacidade de tratamento dos resultados das junções foi decidido usar o *PhotoShop*.

### Passos do processo

Uma primeira parte do processo é estúpida e pode ser realizado simplesmente criando pequenas automatizações que recortavam o terço central de cada imagem e o armazenava num directório de trabalho. Foi o processo adoptada mas teve que ser repetido sempre que a distância à costa sofreu variações grandes, como no caso da entrada de portos em que era necessária uma maior fatia, por vezes quase todo o fotograma.

Na segunda fase o *Photomerge*, *plug-in* do *PhotoShop* para junção de imagens, foi usado para juntar cerca de 20 imagens/terço. O *Photomerge* foi configurado para manter os fotogramas em camadas



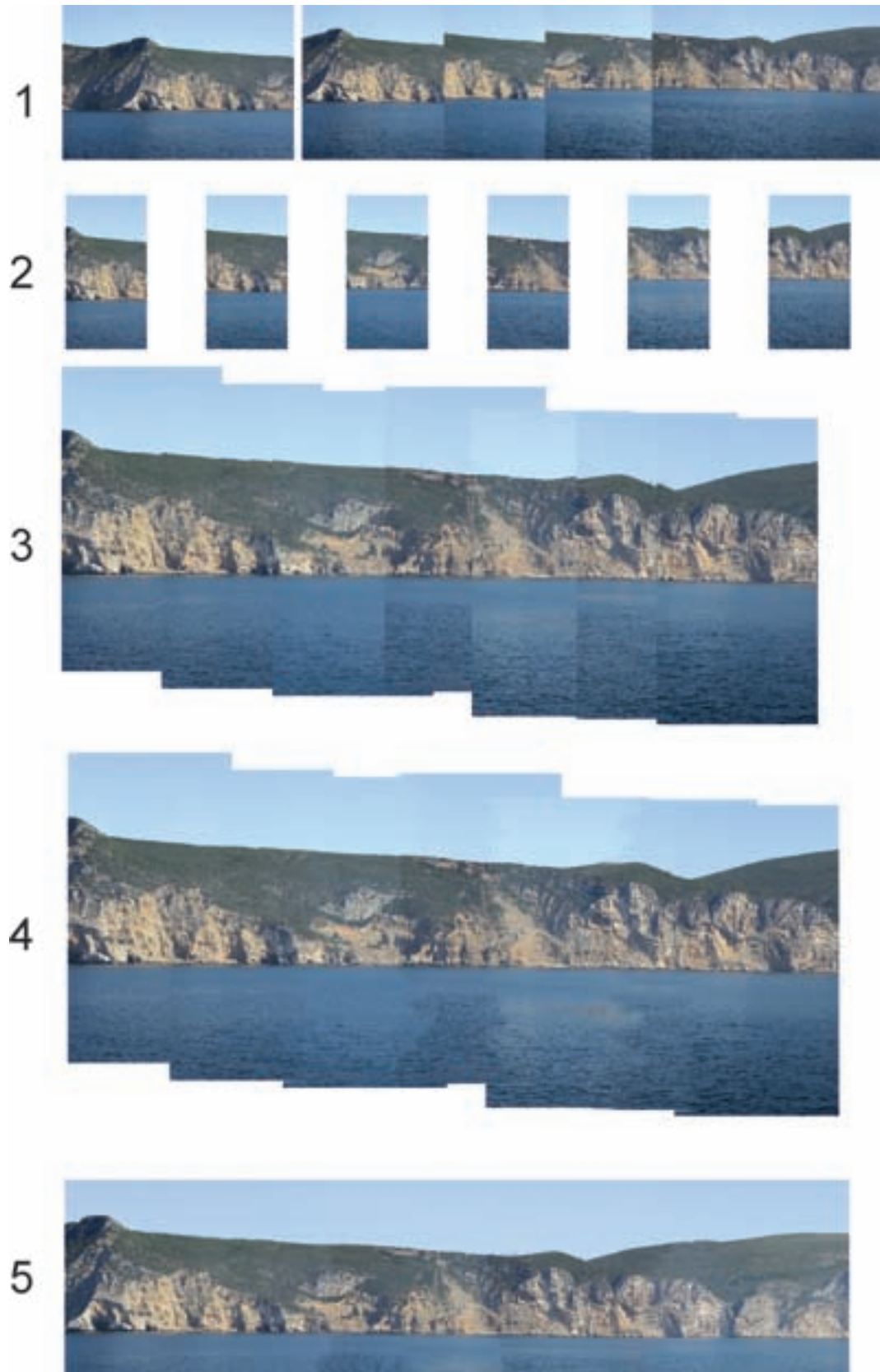


Figura 7 – 1 – Seleccionadas as imagens a utilizar; 2 – Criados os terços centrais; 3 – Junção dos terços por processo semi-automático; 4 – Amenização das linhas criadas pela sobreposição; 5 – Fotografia panorâmica a enviar para impressão.

independentes e utilizar a forma normal de junção (versus a alternativa do modo perspectiva). Produziram-se os primeiros esboços do resultado pretendido.

A terceira fase foi o trabalho de operação e consistiu nas seguintes fases:

a. Análise de cada junção e ajuste preciso da justaposição entre os dois terços na linha de praia.

b. Ajuste da luminosidade dos fotogramas, quando necessário, para criar uma uniformidade de cor e contraste.

c. Ajuste da linha do horizonte e eliminação das estruturas repetidas.

d. Suavização das linhas de junção criadas na sobreposição de fotogramas.

A fase descrita em c. é a fonte de quase todos os erros introduzidos. Algumas estruturas, como o radar da Costa da Caparica, por serem tão visíveis eram interpretadas como erros da imagem pelo que foram retiradas. Noutras situações pontos de enfiamiento pouco notáveis foram ignorados em vez de reforçados.

A revisão pelos navegadores-autores foi essencial

para corrigir estes erros, reforçar pontos importantes, e ainda para corrigir, com a introdução de novas imagens, estruturas recentes que tinham surgido e que não podiam ser ignoradas.

## 5. Conclusão

O resultado imediato deste trabalho é o apresentado nos três primeiros volumes da terceira edição do Roteiro de Portugal – Portugal Continental. As panorâmicas, impressas a cores, são um elemento estético de mais valia para a publicação. É um caso único pois não há notícia de outras publicações em que exista tal profusão de panorâmicas, muito menos que constituam um conjunto coerente.

Do ponto de vista técnico/estético a fotografia panorâmica por justaposição de fotogramas não pode certamente ser considerado como obra de um fotógrafo. Poderá ser artístico mas não é uma fotografia pois, tal como no passado, a fotografia que serve à navegação não é o retrato da costa mas a sua interpretação desenhada para auxiliar na segurança da navegação.



Figura 8 – Composição de várias fotografias aéreas obliquas obtidas durante a feitura do Roteiro para a costa de Portugal Continental e utilizada para ilustrar o aspecto físico do escoamento das águas da foz do Rio Guadiana.

## Referências

BERDERAN, António (2003) – *Elementos de Fotogrametria – Aplicada à aquisição de informação geográfica*. Lisboa

FREEMAN, Michael (2002) – *Guia completo da Fotografia Digital*

LANGFORD, Michael (1986) – *Fotografia Básica*, Lisboa: Ed. Dinalivro

## Contactos electrónicos

José Aguiar – jose.aguiar@hidrografico.pt



# A Cartografia Náutica e o WGS84

## A transição da carta náutica para o Sistema WGS84

Rui Guerreiro, Aspirante

Paula Sanches, Especialista de Informática

**Resumo** A utilização de equipamentos de posicionamento e navegação por satélite tem-se vindo a vulgarizar, deixando de ser um domínio puramente militar ou comercial, para entrar na vida do cidadão comum. Como expoente máximo dos sistemas globais de posicionamento por satélite, temos o *Global Positioning System* (GPS), sendo uma das suas principais características a utilização de um sistema de referência global, o WGS84. É neste sentido que a Organização Hidrográfica Internacional (OHI) recomenda aos seus membros a adopção do WGS84 como Sistema de Referência Geodésico na produção de cartografia náutica. O Instituto Hidrográfico (IH) já iniciou este processo, tendo de momento publicadas algumas cartas das Séries Recreio e Internacional Costeira. Isto possibilita ao navegador utilizar, directamente na carta náutica, as coordenadas adquiridas por um equipamento GPS, deixando de ser necessárias as correcções inerentes à diferença de *datum*<sup>1</sup>.

Por orientação da Sub-Comissão para o Sistema de Referência Europeu da Associação Internacional de Geodesia (EUREF), Portugal adoptou para o Continente um novo sistema de referência, o *European Terrestrial Reference System 1989* (ETRS89). Para tal, o Instituto Geográfico Português (IGP), enquanto autoridade nacional para a cartografia e geodesia, tem vindo a concretizar desde a década de 90, campanhas de observação da Rede Geodésica Nacional (RGN) de 1a e 2a Ordens. Face à adopção deste novo sistema, os Levantamentos Topo-Hidrográficos (LTH) mais recentes foram realizados utilizando tecnologia GPS, com apoio em vértices geodésicos da RGN, referidos ao sistema ETRS89. Coloca-se assim a questão da adequada integração da informação adquirida neste novo sistema de referência, com os dados existentes que têm por referência outros *data* (*datum* Lisboa e ED50). Alguns estudos realizados na Divisão de Hidrografia (HI) do IH levaram à identificação de diferenças, entre os dados referidos ao ETRS89 e os dados em WGS84 resultantes da aplicação de transformações de coordenadas pelos métodos Molodensky e Bursa-Wolf, dos dados referidos ao *datum* ED50 e *datum* Lisboa. Estas diferenças não são constantes em todo o Território Nacional, coberto pelas séries cartográficas editadas pelo IH. Se por um lado em cartas náuticas (CN) de pequena e média escalas, estas diferenças posicionais não têm expressão, pois são inferiores ao *erro de graficismo*<sup>2</sup>, por outro, o mesmo não se passa em cartas náuticas de grande escala (Séries Portuárias e Planos, por exemplo).

Face ao exposto, pretende-se com este artigo dar a conhecer à comunidade de utilizadores de informação geográfica produzida na HI, a identificação e resolução de alguns dos problemas levantados pelas questões anteriormente abordadas, de modo a que os dados possam constituir fonte de informação para as cartas náuticas (CN) em WGS84. Pretende-se também realizar um estudo mais aprofundado das diferenças em posição em diferentes pontos do Território Nacional, que estejam cobertos pelas Séries Cartográficas Portuária e Planos.

**Palavras-Chave:** *datum*, WGS84, ETRS89, transformação de coordenadas.

<sup>1</sup> Termo que designa Sistema Geodésico de Referência.

<sup>2</sup> Erro, expresso em milímetros para a localização de um objecto, na sua representação plana. Pode tomar os valores 0,1mm ou 0,2mm.

**Abstract** *The use of satellite positioning and navigation equipment became usual, leaving the military and commercial domains, to enter in the life of the common citizen. As the best example, we have the Global Positioning System (GPS), which uses a global reference system, the WGS84. This is the reason why the International Hydrographic Organization (IHO), recommends to its members the progressive adoption of the WGS84 as the Geodetic System of Reference in the production of nautical cartography. The Instituto Hidrográfico (IH) has already initiated this process. At this moment IH has published some of the Yachting and International Coastal chart series, using the WGS84. This allows the navigator, to mark directly on the nautical chart the coordinates acquired with GPS equipment, without any correction of “datum” transformation. Under orientation of the Subcommittee for the European Reference Frame of the International Association of Geodesy (EUREF), Portugal adopted for Continental Portugal a new reference system, the European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89). For such, the Instituto Geográfico Português (IGP), as the national authority for the cartography and geodesy, has, since the 90’s, carried out observation campaigns for the 1st and 2nd Order geodetic points of the National Geodetic Network (RGN).*

*With this new system’s adoption, the recent topographic and hydrographic surveys have been carried out using GPS technology, based on geodetic points of the RGN. related to ETRS89 system. This raises the question about the integration of the information acquired in this new reference system with the existing data in other reference systems e.g. Lisboa datum and ED50 datum. The studies carried out by the IH’s hydrographic division have led to the identification of differences, when comparing data using ETRS89 reference system, with other data, resulting of the Molodensky and Bursa-Wolf transformation methods, to WGS84.*

*These differences are not constant in the Portuguese territory covered by the nautical cartography. In small scale nautical charts, the positional differences do not have cartographic significance (meaning), but one cannot tell the same about large scale nautical chart as Ports Series.*

*This article is intended to inform the geographic information user’s community of the problems inherent to the previously raised questions, their identification and resolution. It is also intended to produce a study of the positional differences in different locations of Continental Portugal, specially the Ports and Ports Approaches.*

**Keywords:** *datum, WGS84, ETRS89, transformation methods.*

## 1. Introdução

Portugal, de acordo com a orientação da EUREF (Sub-Comissão para o Sistema de Referência Europeu da Associação Internacional de Geodesia), adoptou para o Continente, um novo Sistema de Referência, o ETRS89 (*European Terrestrial Reference System 1989*). O IGP tem vindo a efectuar desde a década de 90, campanhas de observação por GPS, tendo, à presente data, concluído as observações da Rede Geodésica de 1.<sup>a</sup> e 2.<sup>a</sup> Ordens.

Os levantamentos Topo-Hidrográficos (LTH) mais recentes do IH, efectuados com observações satélite, têm usado para apoio os vértices da Rede Geodésica Nacional (RGN) referidos a este novo Sistema – ETRS89. A integração dos dados assim adquiridos, tanto na hidrografia (referida aos *data* Lisboa e Europeu 1950) como na cartografia (referida ao *datum* Europeu 1950) existentes, levou à identificação de diferenças em posição (2D). Estas diferenças

devem-se, entre outros, ao facto de os dados existentes quando referidos ao WGS84, terem sido obtidos por métodos simples de transformação de coordenadas sem recorrer a ajustamento em rede – mudança de *datum* pelo método de Molodensky ou Bursa-Wolf.

Em algumas zonas do Continente, e dependendo das escalas de representação cartográfica, pode existir a necessidade de estabelecer correcções ou ajustamentos.

Sendo a transição da Cartografia Náutica para o WGS84 uma das prioridades do IH, torna-se necessário avaliar os métodos para transformar/ ajustar a informação cartográfica existente.

## 2. O WGS84 e o ETRS89

O WGS84 é um sistema de referência terrestre convencional e a sua definição segue os critérios estabelecidos pelo IERS (*International Earth Rotation Service*), um dos quais é ser geocêntrico. É considerado um *datum* Geocêntrico Global, isto quer dizer que a origem do elipsóide e do referencial de eixos cartesianos a ele associado coincidem com o Centro de Massa (CM) da Terra (incluindo oceanos e carga atmosférica). As posições WGS84 podem ser descritas como latitude, longitude e altitude elipsoidais (geodésicas). A orientação dos eixos e consequentemente do equador do elipsóide e do meridiano principal de longitude 0, coincidem com o equador e o meridiano principal estabelecidos pelo *Bureau Internationale de l'Heure* (BIH) na época 1984.0.

A utilização do WGS84 na cartografia náutica impressa em papel é recomendada pela OHI, sendo também o sistema de referência usado na produção das células da Carta Electrónica de Navegação (CEN).

Em 1990, durante o simpósio da EUREF realizado em Florença, definiu-se o *European Terrestrial Reference System* (ETRS89). Este é considerado coincidente com a realização geodésica do *International Terrestrial Reference System* (ITRS) na época 1989.0 e adopta o GRS80 como elipsóide de referência. Mas, ao contrário do WGS84 ou das realizações do ITRS, o ETRS89 está fixo à parte estável da Placa Euro-Asiática, e diverge destes, devido ao movimento das placas tectónicas associadas a esta massa terrestre. Na prática, mais concretamente no âmbito da cartografia, podem ser considerados o mesmo. A Tabela seguinte (Tabela1) mostra a diferença entre os elipsóides.

Do *Spatial Reference Workshop*, realizado em 1999 a pedido da Comissão Europeia para o estudo da adopção de um *datum* Europeu comum baseado nas modernas técnicas geoespaciais, resultaram as seguintes conclusões:

- O ETRS89 é aceite pelas autoridades nacionais para a cartografia e geodesia, e pela comunidade científica em geral, como o *datum* geodésico de referência;
- Inclusão do ETRS89 nas futuras especificações de produtos tais como projectos e contratos a serem entregues à Comissão Europeia;
- Promover a utilização do ETRS89 em todos os estados membros, recorrendo a declarações oficiais e recomendações técnicas;
- As coordenadas das posições relativas ao ETRS89 serão preferencialmente as coordenadas geodésicas (latitude e longitude geodésicas).

Em Portugal Continental, o ETRS89 foi estabelecido com base em campanhas internacionais (realizadas em 1989, 1995 e 1997), que tiveram como objectivo

Elipsóide	Semi-eixo maior a	Semi-eixo menor b	Achatamento f
GRS80	6,378,137.0 m	≈ 6,356,752.314 140 m	1/298.257 222 101
WGS84	6,378,137.0 m	≈ 6,356,752.314 245 m	1/298.257 223 563

Tabela 1 – Parâmetros dos elipsóides GRS80 e WGS84.

ligar convenientemente a rede portuguesa à rede europeia [IGP, 2007]. De 1997 a 1999, foi observada com técnicas GPS toda a RGN de 1.<sup>a</sup> ordem, tendo o ajustamento desta sido realizado, fixando as coordenadas dos pontos estacionados nas campanhas internacionais já referidas. Entre 1999 e 2004 foi observada a RGN de 2.<sup>a</sup> ordem.

### 3. A adopção do ETRS89 e do WGS84 pelo Instituto Hidrográfico

Ao adoptar o ETRS89 como referencial dos dados produzidos pela Divisão de Hidrografia e Brigada Hidrográfica, e o WGS84 como referencial para as CN, é necessário quantificar as diferenças entre as coordenadas dos dados referidos ao ETRS89 e as coordenadas decorrentes da transformação para WGS84. Paralelamente, devem ser avaliados métodos e procedimentos para ajustamento dos dados existentes, pois eles constituem parte da fonte de informação para a construção de CN e de CEN.

Para os dados a representar cartograficamente, a metodologia para correcção ou ajustamento depende das diferenças encontradas entre os dois sistemas de referência, podendo-se aplicar, por exemplo, uma correcção geométrica por ajustamento linear, no caso das diferenças encontradas serem da mesma ordem de grandeza e na mesma direcção. Este método tem por base a aplicação de um vector determinado por comparação entre as coordenadas de pontos comuns dos dois sistemas de referência, aos dados a corrigir. Caso tal não aconteça deve-se equacionar outra metodologia.

Para a aplicação daquela metodologia torna-se necessário efectuar estudos das diferenças 2D entre os vértices da rede ETRS89 e os transformados para WGS84 pelo método de Molodensky e/ou Bursa-Wolf, identificando um vector (diferença escalar e direccional) para cada ponto comum dos dois sistemas.

### 4. Diferenças posicionais entre dados ETRS89 e WGS84

Foram feitos três estudos, descritos nos pontos seguintes, que permitiram quantificar as diferenças descritas, partindo-se do princípio que as coordenadas em ETRS89 são iguais às coordenadas WGS84.

Os estudos resumem-se a:

1 – Partindo do sistema de projecção Hayford-Gauss *datum* Lisboa, quantificar as diferenças num sistema isento de projecção;

2 – Partindo do sistema de projecção Hayford-Gauss *datum* Lisboa, passando para Mercator *datum* Europeu (ED50) quantificar as diferenças num sistema isento de projecção;

3 – Partindo do sistema de projecção Mercator *datum* Europeu (ED50), quantificar as diferenças num sistema de projecção Mercator *datum* WGS84.

Usaram-se as coordenadas dos vértices geodésicos da RGN, referidas ao ETRS89, ao *datum* Lisboa (DLx) e ao *datum* Europeu (ED50). Este conjunto de dados foi fornecido pelo IGP (coordenadas ETRS89) e obtido através da página da internet daquele instituto (DLx e ED50).

Recorreu-se a ferramentas do software CARIS-GIS, utilizado pela secção de Cartografia Assistida por Computador (CAC) da HI no processamento e edição de cartografia náutica, o qual utiliza o método de Molodensky para transformar coordenadas entre os diferentes *data*. Posteriormente foi utilizada a ferramenta CARIS-EDITOR, para a avaliação das diferenças 2D, e uma folha de cálculo MICROSOFT OFFICE EXCEL, para avaliação estatística.

#### 4.1. Estudo 1

O primeiro estudo seguiu genericamente o procedimento descrito na Figura 1.

Foram usadas como ponto de partida duas colecções de dados, uma lista de coordenadas rectangulares Hayford-Gauss *datum* DLx e uma lista de coordenadas geográficas referidas ao ETRS89.

As coordenadas da RGN referidas ao ETRS89, foram implantadas num ficheiro CARIS, com os seguintes parâmetros: escala 1:10 000, sem projecção cartográfica associada, *datum* WGS84. As coordenadas Hayford-Gauss referidas ao DLx, foram implantadas num ficheiro CARIS à escala 1:10 000, na projecção Transversa de Mercator (Gauss) em *datum* DLx. Para ser possível comparar coordenadas é necessário que os dois ficheiros estejam no mesmo sistema de referência. Então, a este último aplicou-se uma transformação ao sistema de pro-

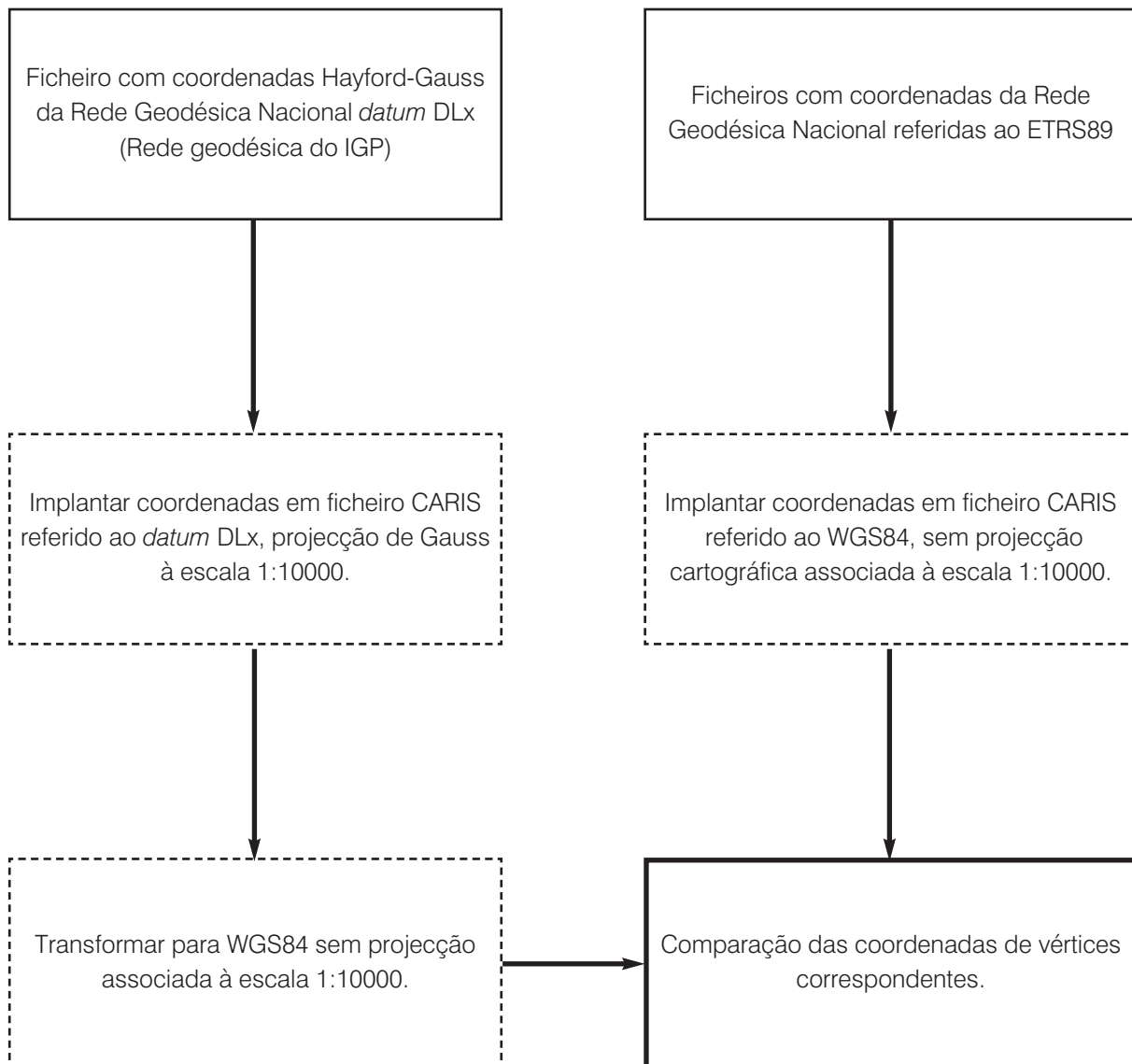


Figura 1 – Transformações realizadas no Estudo 1.

jecção, resultando num ficheiro em WGS84, sem projecção, à escala 1:10 000.

Para facilitar a identificação de zonas mais problemáticas, foi aplicada uma grelha rectangular com intervalos, respectivamente, de 1º em latitude e 2º em longitude. Esta grelha divide Portugal Continental em 12 áreas entre os paralelos de latitude 36º30'00"N e 42º30'00"N, e os meridianos de longitude 006º00'00"W e 010º00'00"W.

Neste estudo apenas foram considerados 29 vértices, próximos da costa Oeste e Sul de Portugal

Continental, áreas que têm maior interesse para o desempenho das missões do IH. Na Figura 2 encontram-se representadas as diferenças encontradas entre as coordenadas obtidas por transformação e as coordenadas ETRS89.

Deste estudo conclui-se que as maiores diferenças posicionais encontram-se nas áreas 1A, 2A, 6A e 6B, que coincidem sensivelmente com as regiões do Minho, Douro Litoral e Algarve. As menores diferenças foram encontradas nas áreas 4A e 5A (Estremadura e Costa Alentejana).



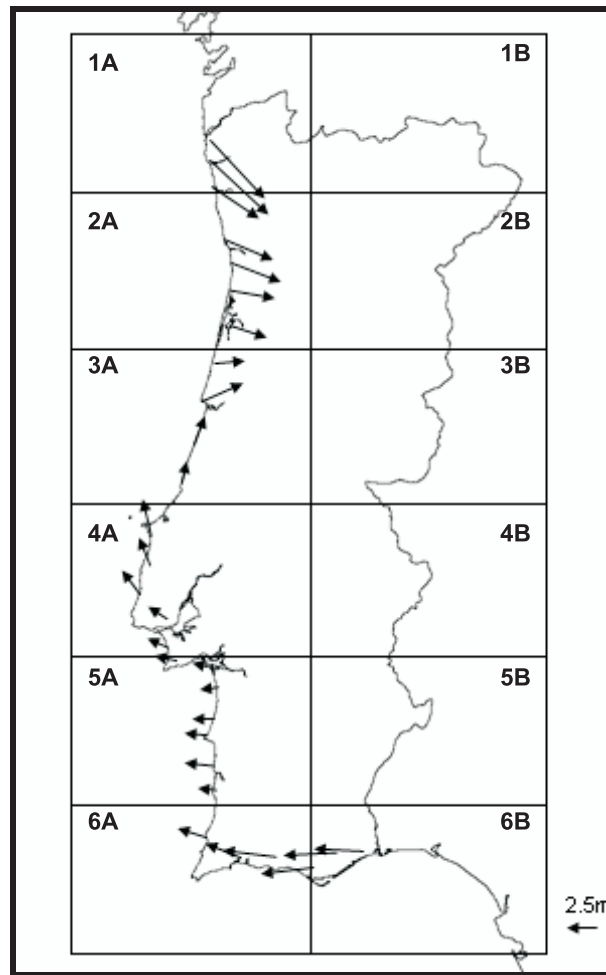


Figura 2 – Vector das diferenças entre coordenadas transformadas de datum DLx para WGS84 e coordenadas ETRS89

Relativamente ao módulo dos vectores das diferenças temos que:

	TOTAL	1A	2A	3A	4A	5A	6A	6B
Média (m)	2.806	4.911	3.267	2.571	2.418	1.763	3.020	3.262
Desvio Padrão (m)	0.987	0.680	0.371	0.259	0.436	0.344	0.581	0.207
Máximo (m)	5.679	5.679	3.783	2.951	2.897	2.437	3.613	3.500
Mínimo (m)	1.463	4.386	2.918	2.368	1.875	1.463	2.451	3.135

Tabela 2 – Estatística sobre as diferenças posicionais encontradas no Estudo 1.

4.2. Estudo 2

Neste estudo, de procedimento semelhante ao anterior e como esquematizado na Figura 3, pretende-se avaliar a informação já cartografada, em projecção de Mercator *datum* ED50, como é o caso das CN.

Para tal, foram escolhidos os mesmos 29 vértices em zonas próximas à costa portuguesa.

As coordenadas da RGN referidas ao ETRS89, foram implantadas num ficheiro CARIS, à escala

1:10 000, sem projecção cartográfica associada, e referido ao *datum* WGS84. As coordenadas DLx, foram implantadas num ficheiro CARIS à escala 1:10 000 na projecção Transversa de Mercator em *datum* DLx e transformadas para o sistema de projecção utilizado nas CN, obtendo-se um ficheiro CARIS em projecção de Mercator referida ao *datum* ED50. Foi aplicada nova transformação, resultando num ficheiro em WGS84, sem projecção à escala 1:10 000.

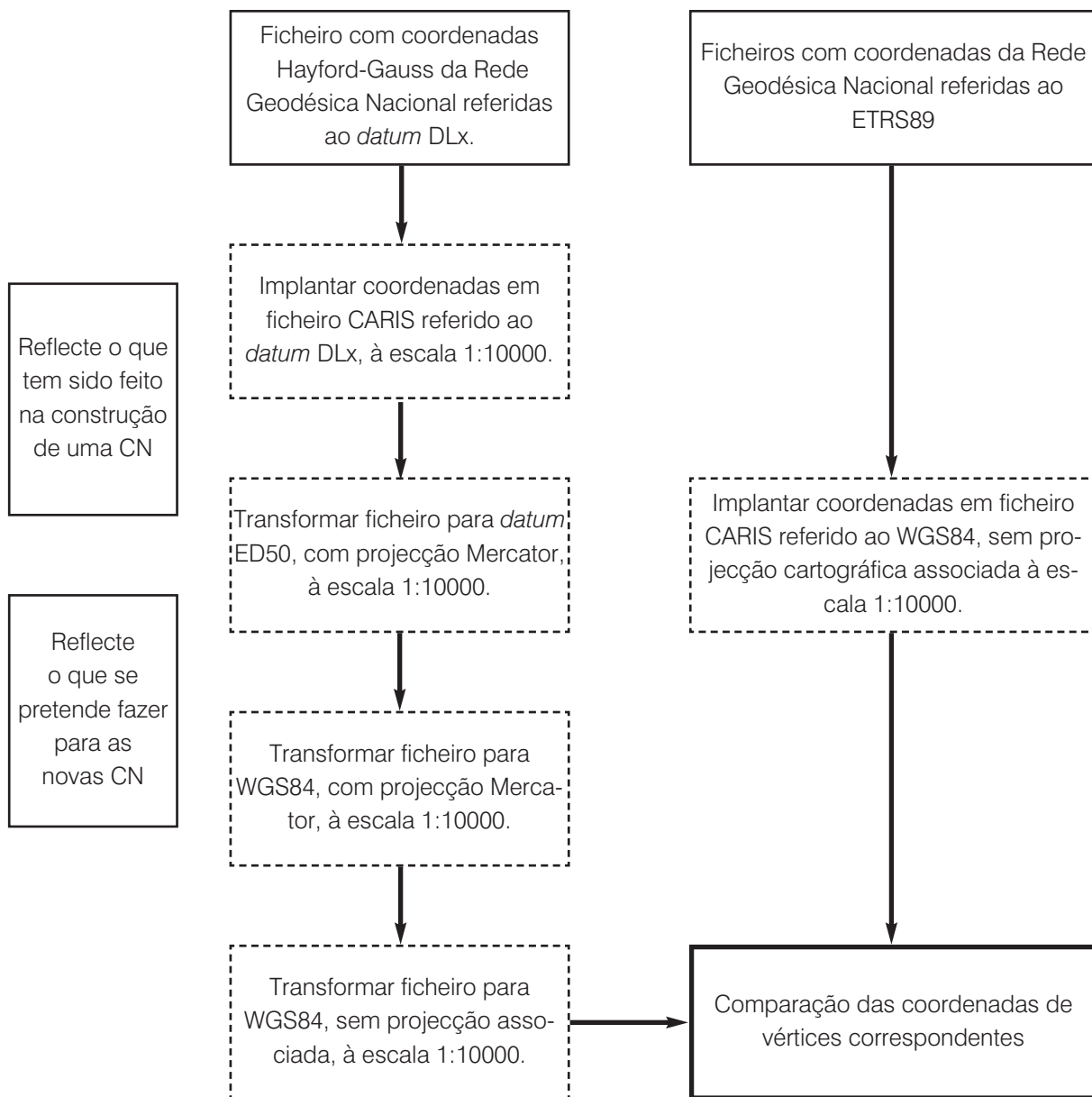


Figura 3 – Transformações realizadas no Estudo 2.

As diferenças apresentadas diferem apenas em alguns dos vértices comuns a ambas as redes, diferenças essas que são da ordem do centímetro.

A distribuição espacial das diferenças é idêntica à encontrada no Estudo 1.

	TOTAL	1A	2A	3A	4A	5A	6A	6B
Média (m)	2.809	4.911	3.264	2.572	2.442	1.762	3.020	3.259
Desvio Padrão (m)	0.987	0.681	0.374	0.264	0.454	0.343	0.586	0.209
Máximo (m)	5.679	5.679	3.783	2.957	2.899	2.437	3.621	3.500
Mínimo (m)	1.469	4.380	2.910	2.356	1.883	1.469	2.451	3.135

Tabela 3 – Estatística sobre as diferenças 2D encontradas no Estudo 2.

#### 4.3. Estudo 3

O número de pontos utilizado neste estudo é maior (340 vértices) do que o dos estudos anteriores. Foram utilizadas as coordenadas da rede geodésica

nacional, referidas ao ED50 e as coordenadas da nova rede geodésica, referida ao ETRS89.

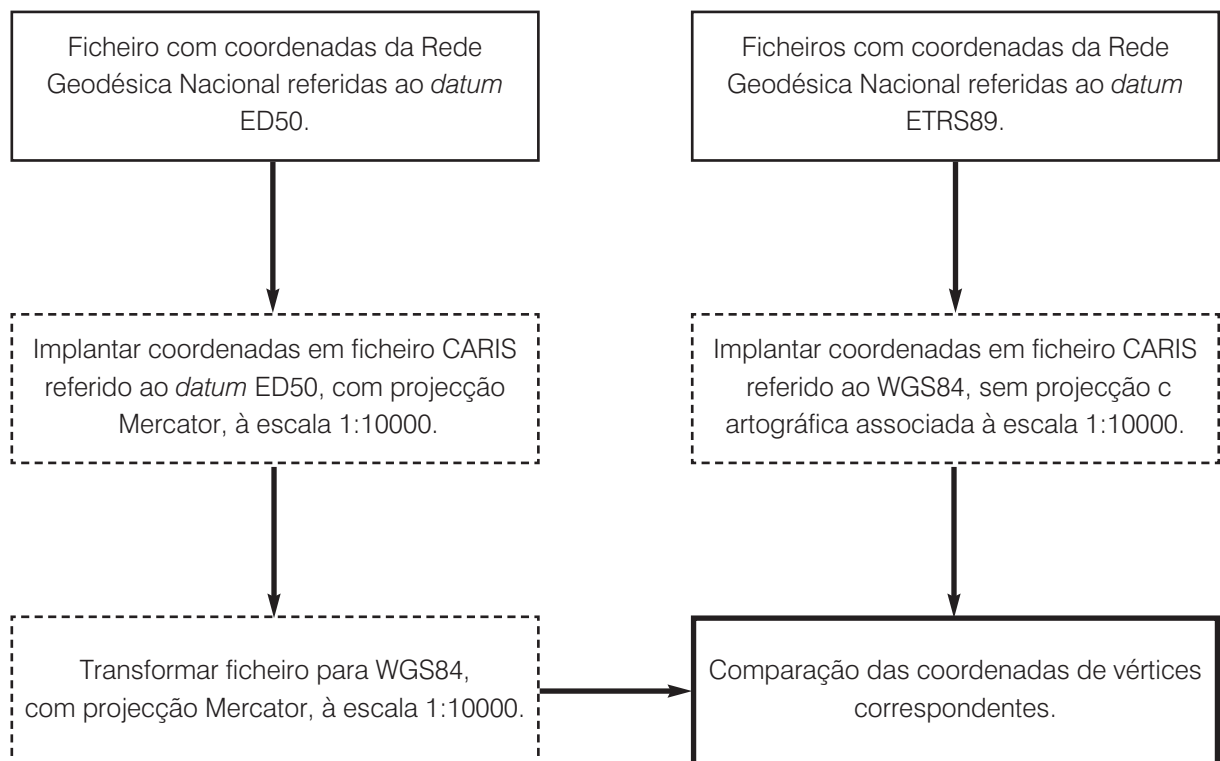


Figura 4 – Transformações realizadas no Estudo 3.

As coordenadas da rede em ED50 (*datum* utilizado pelo IH na maioria do seu fólio cartográfico referente a Portugal Continental), foram implantadas num ficheiro CARIS em projecção de Mercator, posteriormente transformado para WGS84, mas mantendo-se a projecção. Este é o processo que será utilizado com a progressiva adopção do sistema WGS84, na cartografia náutica do IH.

Foi feita a avaliação de 340 vértices de 1.<sup>a</sup> e 2.<sup>a</sup> ordem, comuns a ambas as redes, tendo sido quantificada a diferença 2D.

A Figura 5 não apresenta a totalidade dos 340 vértices avaliados, pois tal não a tornaria de fácil leitura.

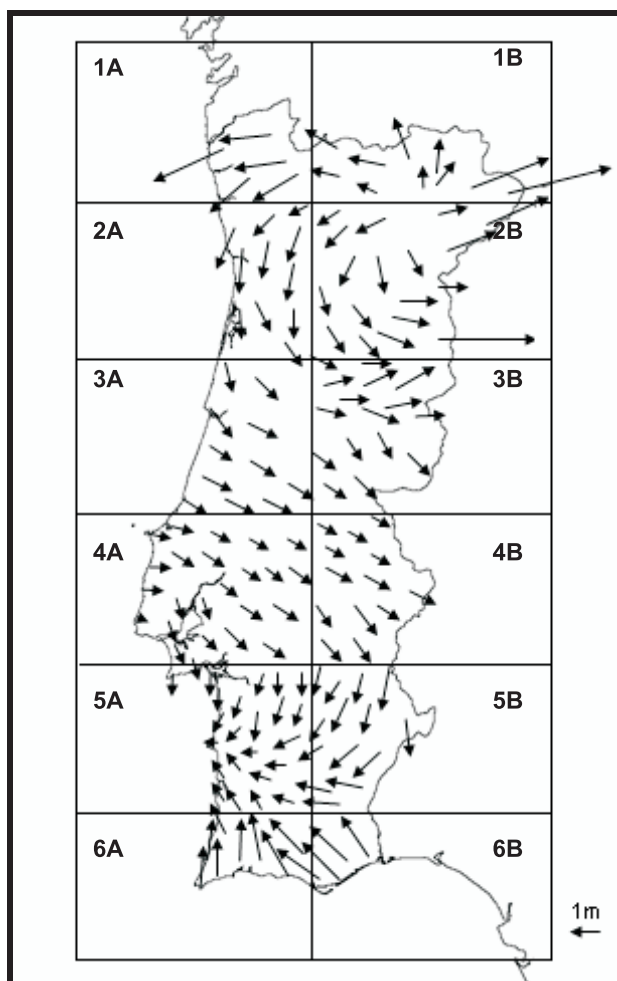


Figura 5 – Vectores das diferenças entre coordenadas transformadas de *datum* ED50 para WGS84 e coordenadas ETRS89.

Podemos observar na Tabela 4 alguns dos resultados obtidos.

Área	1A	2A	3A	4A	5A	6A
Média (m)	1.999	1.194	1.180	0.604	0.729	1.442
Desvio Padrão (m)	0.682	0.274	0.352	0.201	0.267	0.377
Máximo (m)	2.972	1.727	2.606	1.154	1.308	1.912
Mínimo (m)	1.022	0.696	0.749	0.175	0.278	0.762
Área	1B	2B	3B	4B	5B	6B
Média (m)	1.593	1.285	1.059	1.196	1.462	2.101
Desvio Padrão (m)	0.923	0.682	0.346	0.659	0.294	0.339
Máximo (m)	3.750	3.861	2.155	3.251	1.989	2.665
Mínimo (m)	0.510	0.610	0.639	0.553	1.002	1.622

Tabela 4 – Estatística sobre as diferenças 2D encontradas no Estudo 3, entre as coordenadas ED50 transformadas para WGS84 e as coordenadas referidas ao ETRS89.

Da avaliação dos resultados resulta que os maiores desvios se observam nas áreas 1A, 1B, 2B, 5B, 6A, 6B. Estas áreas correspondem sensivelmente às regiões do Minho, Trás-os-Montes e Alto Douro, Algarve e também parte do interior do Baixo Alentejo.

Consideremos agora os 29 vértices analisados nos estudos anteriores. O resultado deste estudo para aqueles vértices é apresentado na figura e na tabela seguintes.

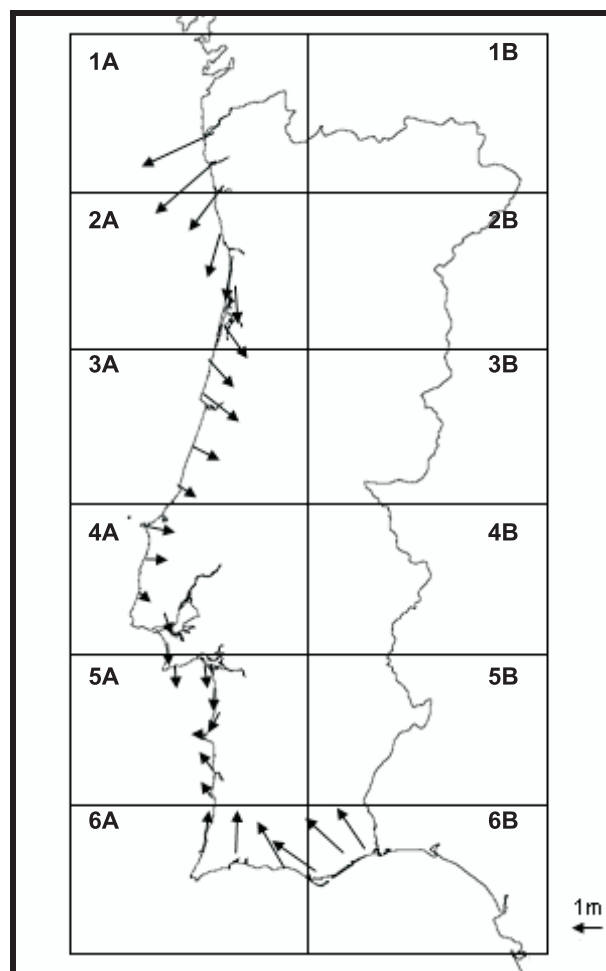


Figura 6 – Diferenças encontradas na avaliação de 29 vértices comuns a ambas as redes.

	TOTAL	1A	2A	3A	4A	5A	6A	6B
Média (m)	1.297	2.527	1.618	1.169	0.510	0.596	1.665	2.394
Desvio Padrão (m)	0.798	0.398	0.254	0.391	0.168	0.176	0.382	0.581
Máximo (m)	2.990	2.972	1.883	1.593	0.706	0.823	2.038	2.990
Mínimo (m)	0.255	2.204	1.379	0.749	0.255	0.320	1.274	1.830

Tabela 6 – Estatística do Estudo 3 sobre as diferenças posicionais entre as coordenadas ED50 transformadas para WGS84 e as coordenadas referidas ao ETRS89 de 29 vértices da RGN

Os maiores desvios encontram-se novamente nas regiões do Minho, Douro Litoral e Algarve, e os menores na Estremadura e Costa Alentejana.

Porque este vai ser o método utilizado na cons-

trução de CN em WGS84, é pertinente avaliar se as diferenças encontradas têm representação cartográfica. À escala considerada (1:10 000) a média das diferenças 2D é a que se encontra na Tabela 7.



	TOTAL	1A	2A	3A	4A	5A	6A	6B
Média (mm)	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2

Tabela 7 – Diferença 2D entre as coordenadas ED50 transformadas e as coordenadas referidas ao ETRS89 de 29 vértices da RGN, em milímetros, à escala 1:10000.

Tendo em conta o valor de 0,2mm para o *erro de graficismo*, as diferenças 2D encontradas têm representação nas cartas das séries Portuárias e Planos, construídas à escala 1:7 500 e 1:10 000, tendo maior representatividade nas regiões do Minho, Douro Litoral e Algarve.

Quanto maior for a escala dos documentos produzidos, caso das pranchetas dos LH e LTH, maior relevância têm as diferenças que foram alvo dos estudos apresentados.

## 5. Conclusões

As diferenças encontradas nos três estudos são da mesma ordem de grandeza, apresentando, no entanto, uma distribuição espacial variável. Mesmo ignorando a influência da projecção cartográfica de Mercator (estudos 1 e 2), as diferenças são representadas, à escala considerada (1:10 000) com dimensões na mesma ordem de grandeza do *erro de graficismo*.

Então, para cada CN, principalmente das séries Portuárias, construídas a escalas superiores a 1:15 000 onde existam novos LTH, é necessário efectuar um estudo da área abrangida, comparando os dados existentes transformados para WGS84

com os disponíveis em ETRS89. Esta análise deverá iniciar-se com as séries cartográficas de maior escala, por serem as mais afectadas pelas diferenças de sistemas, não sendo de ignorar o facto de serem esperadas maiores diferenças nas regiões do Minho, do Douro Litoral e do Algarve.

No caso das séries de menor escala, séries de Aproximações e Costeira, deve ter-se particular atenção com as áreas geográficas que têm também representação nas séries de maior escala.

De modo a melhorar o valor das diferenças já encontrado e por consequência melhorar as correcções ou ajustamentos a aplicar individualmente a cada CN, sugere-se os seguintes procedimentos:

- Realização de levantamentos topográficos das áreas e estruturas portuárias, coordenação dos pontos (faróis, depósitos de água, antenas, pontos hidrográficos de apoio, entre outros) que figurem nas cartas, referidos ao sistema ETRS89;
- Estabelecimento de uma base de dados de pontos coordenados em ETRS89.

Os resultados obtidos neste trabalho são consistentes com os obtidos por outros autores, [Torres, 2007] [Divisão de Hidrografia, 2006].

## Referências

- Altamimi, Z.; Sillard, P.; Boucher, C. – *ITRF2000: A New Release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth Science Applications*, J. Geophys. Res., 107(B10), 2214, doi:10.1029/2001JB000561, 2002.
- Altamimi, Z.; Boucher, C. – *Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign version 6*: 27-03-2007.
- Divisão de Hidrografia, *Estudo da Metodologia e dos procedimentos para efectuar a transição cartográfica em datum ED50 e data nacionais para WGS84*, Relatório Técnico Preliminar – Rel. TP HI 01/06, Instituto Hidrográfico, Lisboa 2006. Texto não publicado.
- European Commission, Joint Research Centre, Space Applications Institute, Proceedings & Recommendations of Spatial Reference Workshop, November 1999.
- lhde, J.; Boucher, C.; Dunkley, P.; Farrell, B.; Gubler, E.; Luthardt, J.; Torres J. – *European Spatial Reference Systems – Frames for Geoinformation Systems*. Instituto Geográfico Português, *Informação Técnica – Sistemas de Referência, European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89)*  
Em: [http://www.igeo.pt/produtos/Geodesia/Inf\\_tecnica/sistemas\\_referencia/Datum\\_ETRS89.htm](http://www.igeo.pt/produtos/Geodesia/Inf_tecnica/sistemas_referencia/Datum_ETRS89.htm). Acedido em 2007.
- NIMA Technical Report TR8350.2, Department of Defense World Geodetic System 1984, Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems, Third Edition, 4 July 1997.
- Ribeiro, H.; Martins C. – *Observação da Rede Geodésica de 2.ª ordem com GPS*, Actas da III Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, Lidel – Edições Técnicas, Lisboa, 2004.
- Torres, João Agria – *Consequências da adopção do ETRS89 em Portugal Continental*, Actas da V Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, Lidel – Edições Técnicas, Lisboa, 2007.
- Vasconcelos, M.; Casaca, J. – *A Transformação de Coordenadas Geodésicas entre o Datum 73 e o ETRS89 por Predição Espacial*, Actas da IV Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, Lidel – Edições Técnicas, Lisboa, 2005.

## Contactos electrónicos

Rui Guerreiro – [xavier.guerreiro@hidrografico.pt](mailto:xavier.guerreiro@hidrografico.pt)  
Paula Sanches – [paula.sanches@hidrografico.pt](mailto:paula.sanches@hidrografico.pt)

# Aplicação do GPS na Meteorologia Internacional

## Análise da qualidade das estimativas de atraso troposférico do IGS: comparação com radiossondagens

Isabel Fortes, Eng. Geógrafa, Avençada  
Antonieta José, Eng. Geógrafa, Avençada

**Resumo** Quando atravessam a camada não ionizada da atmosfera terrestre, os sinais GPS são afectados pela variação espacial e temporal do índice de refração, causando um atraso de propagação, habitualmente designado por atraso troposférico. Em aplicações de alta precisão de técnicas geodésicas espaciais, como o GPS, este atraso pode ser estimado em conjunto com outros parâmetros geodésicos de interesse. Subsequentemente, o atraso troposférico pode ser relacionado com a quantidade de vapor de água da atmosfera. A quantidade de vapor de água é a variável mais importante no estabelecimento do clima da Terra e as suas variações de curto período são essenciais nas previsões meteorológicas. Desde os finais da década de 40 que a distribuição espacial e temporal de vapor de água tem sido determinada por uma rede de estações que lançam radiossondas. Desde 1997, o Serviço GNSS Internacional (IGS) combina as estimativas dos atrasos troposféricos zenitais obtidas por diferentes centros de análise para um vasto número de estações globalmente distribuídas. Este produto atmosférico é de grande interesse nas aplicações do GPS à Meteorologia e em estudos climáticos. Para determinar a exactidão deste produto e testar o seu potencial em aplicações meteorológicas, compararam-se as estimativas de atraso troposférico zenital em cerca de 80 estações IGS com observações de radiossondagens obtidas com balões meteorológicos, em estações localizadas próximo dessas estações. Neste artigo é descrito o método utilizado na comparação dessas estimativas e é discutido o impacto da distância entre as estações IGS e as estações das radiossondas na qualidade das estimativas do atraso troposférico zenital. Os melhores resultados deste estudo revelam uma precisão de 1 cm ou melhor para o produto IGS.

**Palavras-chave:** Atraso Troposférico, GPS, IGS, Meteorologia, Radiossondas

**Abstract** *While passing through the non-ionized part of the Earth's atmosphere, GPS signals are affected by spatio-temporal variations of the refractive index, which induce a propagation delay usually known as tropospheric delay. In high-precision applications of space geodetic techniques such as GPS, this delay can be estimated along with other geodetic parameters of interest. The tropospheric delay can be related with the amount of the water vapor in the earth atmosphere. The water vapor content of the atmosphere is the most important variable in establishing the Earth's climate and its short-term changes are an essential piece of information for weather prediction. Since the late 1940's, the highly variable spacial and temporal distribution of atmospheric water vapor has been essentially determined using a network of stations launching radiosondes. Since 1997, the International GNSS Service (IGS) has been combining estimates of zenith tropospheric delays provided by different analysis centers for a large number of stations distributed worldwide. This atmospheric product is of great interest in GPS applications to Meteorology and climate*

*studies. To assess the accuracy of this product, we have compared zenith delay estimates at about 80 IGS stations with ray-tracing estimates obtained from weather balloons launched near the GPS sites. We will describe the method used to compare these estimates and discuss the impact of distance between the balloon launch site and the GPS site on the assessment of quality of zenith delay estimates from the latter. For the best cases, this assessment indicates an overall accuracy of 1 cm or better for this IGS product.*

**Keywords:** GPS, IGS, Meteorology, Radiosondes, Tropospheric Delay

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, a era espacial desenvolveu várias tecnologias que revolucionaram a Geodesia e outras ciências tais como a Meteorologia. A maioria das técnicas espaciais recorre ao uso da propagação de sinais rádio pela atmosfera terrestre. Estes sinais são afectados pela zona electricamente carregada da atmosfera, a ionosfera, e pela zona electricamente neutra, que afectam a velocidade e a direcção das ondas portadoras. Enquanto a ionosfera se comporta como um meio dispersivo para a frequência das ondas rádio e não representa um problema para as técnicas radiométricas de duas frequências, a natureza não dispersiva da camada electricamente neutra da atmosfera é muito problemática, pelo que a sua correcção requer modelação ou a determinação directa utilizando outras técnicas.

Os sinais do Sistema de Posicionamento Global (GPS – *Global Positioning System*) quando atravessam a atmosfera neutra são afectados pelas variações do índice de refacção. O índice de refacção é maior que a unidade e, conseqüentemente, a velocidade das ondas rádio é alterada, diminuindo quando se aproximam da superfície terrestre. Para além disso, as variações do índice de refacção provocam um encurvamento do raio. A combinação destes dois efeitos é chamada de refacção da atmosfera neutra ou de forma mais abusiva, atraso de propagação. Embora a camada electricamente neutra da atmosfera inclua a troposfera e a estratosfera, é habitual designar este atraso de propagação como atraso troposférico, dado que a troposfera contém pratica-

mente toda a massa atmosférica e todo o vapor de água.

O atraso troposférico é composto por duas componentes: a hidrostática e a húmida. A hidrostática é essencialmente devida aos gases secos do ar e a húmida ao vapor de água da atmosfera. A componente hidrostática representa, em média, mais do que 90% do atraso troposférico total e pode ser determinada, com grande precisão, a partir de medições de pressão atmosférica, assumindo um bom modelo e ausência de erros na medição da pressão. A componente húmida, embora represente menos que 10% do atraso total, contribui com um maior erro, devido ao carácter variável do vapor de água na atmosfera, no espaço e no tempo, que não é suficientemente determinado, com base em observações meteorológicas de superfície [Mendes, 1999].

A análise de dados GPS permite a determinação da componente húmida do atraso troposférico devida ao vapor de água, que pode ser subsequentemente convertida em vapor de água precipitável<sup>1</sup>. Sob o ponto de vista meteorológico e climático, o vapor de água é o constituinte mais importante da atmosfera, pelo que a monitorização das suas variações temporais e espaciais se torna bastante útil em áreas como a Meteorologia e a Climatologia. Na Meteorologia, a monitorização do vapor de água pode contribuir na melhoria da qualidade das previsões do tempo, pois a baixa precisão e a falta de continuidade na obtenção dos seus valores são algumas das maiores fontes de erro nas previsões

<sup>1</sup> Vapor de água precipitável – altura de uma coluna de água líquida expressa em mm. Uma outra forma de expressar o vapor de água é o vapor de água integrado, que é a quantidade de vapor de água atmosférico por unidade de área expresso em kg/m<sup>2</sup>.

meteorológicas. Para a Climatologia, esta monitorização é muito importante nos estudos da influência da distribuição do vapor de água sobre a superfície terrestre no clima de uma dada região.

Os sistemas de observação de vapor de água convencionais, como as radiossondas, determinam com grande precisão o conteúdo de vapor de água da atmosfera, mas apresentam uma pobre cobertura espacial e são muito dispendiosas, o que limita os seus lançamentos a uma ou a duas vezes por dia. Por outro lado, os radiómetros de vapor de água exibem uma resolução temporal elevada, no entanto, os seus custos limitam o seu uso em redes densas e são pouco fiáveis em condições de chuva.

Os estudos da aplicação do GPS na Meteorologia tiveram início na década de 90 e continuam a ser desenvolvidos, surgindo o conceito *Meteorologia-GPS*. Diversas experiências [Bevis *et al.*, 1992; Rocken *et al.*, 1993; Gutman *et al.*, 2004] têm demonstrado que o vapor de água integrado pode ser obtido com uma precisão melhor que 2 mm a partir de observações GPS, que comprovam a fiabilidade do método. Reigber *et al.* [2002] estudaram a obtenção das estimativas de vapor de água integrado a partir de uma rede de receptores GPS e provaram que a sua utilização em modelos numéricos de previsão meteorológica é vantajosa. Vários investigadores têm demonstrado que o vapor de água integrado pode ser obtido com observações GPS com o mesmo nível de exactidão que os métodos convencionais, que utilizam as radiossondas e os radiómetros de vapor de água [Bevis *et al.*, 1992; Rocken *et al.* 1993; Elósegui *et al.*, 1998; Tregoning *et al.*, 1998; Liljegren *et al.*, 1999; Bocolari *et al.*, 2002; Gerding *et al.*, 2002]. Para além destes estudos, também têm sido efectuadas comparações e análises de resultados obtidos com diversos modelos de previsão meteorológica [Brockman *et al.*, 2001; Vedel *et al.*, 2001; Haase *et al.*, 2003; Vollmer and Huffines, 2003; Gutman *et al.*, 2004; Hackmann and Levine, 2004]. Para além da aquisição de informação climática de longo termo, eventos como tempestades e alterações meteorológicas bruscas podem também ser detectados pelo GPS [Hoyle *et al.*, 2003].

Reconhecendo a importante contribuição que o GPS pode ter na Meteorologia e Climatologia, devido à sua capacidade de estimar vapor de água precipitável a partir do atraso troposférico, o IGS

iniciou, em 1997, a combinação das estimativas de atraso troposférico zenital (ZTD – *Zenith Tropospheric Delay*) obtidas por diversos centros de análise, para várias dezenas de estações, originando um produto combinado com grande interesse para a comunidade científica envolvida com a aplicação do GPS na Meteorologia.

No sentido de avaliar a qualidade das estimativas de atraso troposférico geradas pelo IGS, é feita uma comparação destas estimativas com a informação resultante da integração numérica de perfis de radiossondagens obtidas por balões meteorológicos. Para além disso, é discutido o impacto da distância e da diferença de altitude entre as estações IGS e as estações de radiossondagens na avaliação da qualidade das estimativas de atraso troposférico zenital. Para atingir este objectivo, escolheram-se cerca de 80 estações IGS localizadas próximo de estações de radiossondagens, com uma boa distribuição geográfica. Os anos em estudo foram de 1997 a 2001.

## 2. Metodologia

Iniciou-se este estudo com a escolha das estações IGS que disponibilizam estimativas de atraso troposférico zenital. Esta escolha foi condicionada pelas distâncias e pelas diferenças de altitude relativamente às estações de radiossondagens e, também, pela sua localização geográfica. Procurou-se que as estações de radiossondagens estivessem localizadas tão próximo quanto possível das estações IGS utilizadas. Para permitir que o estudo fosse, no entanto, suficientemente alargado, foram incluídas algumas estações localizadas a distâncias superiores às desejáveis. No final, e com base na informação disponível das coordenadas para as estações, foram utilizadas estações com distâncias relativamente às estações IGS que variam, sensivelmente, entre os 2 km e os 200 km e com diferenças de altitude a variar entre os 2 m e os 150 m. Estas variações irão permitir uma análise espacial das diferenças de atraso troposférico zenital. Procurou-se também uma boa distribuição geográfica na localização destas estações, de modo a permitir uma avaliação para diferentes condições meteorológicas e climatológicas. A Figura 1 apresenta as estações utilizadas neste estudo.





Figura 1 – Estações IGS utilizadas no estudo desenvolvido

Os valores de atraso troposférico zenital obtidos pelas radiossondagens foram utilizados como referência neste trabalho. Para se obterem estes valores foi necessária a integração numérica dos perfis das radiossondagens.

As radiossondas são geralmente lançadas duas vezes por dia (0 h e 12 h UTC) e proporcionam valores em altitude de pressão atmosférica, temperatura e humidade relativa. Esta informação é utilizada no cálculo da refractividade ao longo do trajecto percorrido pela radiossonda. No entanto, o conhecimento exacto destes valores ao longo de todo o trajecto e o conhecimento do ângulo de elevação na estação de recepção não são possíveis. Este problema pode ser resolvido numericamente para um ângulo de elevação arbitrário por integração numérica dos perfis de radiossondagens. O programa que implementa esta técnica e que foi utilizado no processamento de observações de radiossondagens é o TRACE, que é uma versão modificada do software desenvolvido por J.L. Davis, T.A. Herring, e A.E. Niell utilizada na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Os dados de radiossondagem utilizados neste trabalho foram cedidos pelo *British Atmospheric Data Center* (BADC).

As observações de atraso troposférico zenital geradas pelo IGS e utilizadas nesta fase do trabalho foram retiradas dos ficheiros SINEX\_TRO, ficheiros

semanais que contém os valores de atraso troposférico zenital total obtidos de 2 em 2 horas, para cada estação.

Para cada estação considerada, extraíram-se destes ficheiros, o código da estação, a época e o respectivo atraso troposférico. Esta informação foi utilizada na comparação com o atraso troposférico zenital obtido pelas radiossondas.

### 3. Resultados

Os primeiros resultados destas comparações revelam, de um modo geral, boa concordância entre as duas técnicas. Existem, no entanto, várias situações em que existe discordância, que se reflecte na existência de observações aberrantes (*outliers*), como se pode ver na Figura 2. Esta Figura representa as séries temporais para o período 1997 e 1998, resultantes da comparação das estimativas de ZTD na estação HOB2 (Hobart – Austrália). Os círculos azuis representam observações de radiossondas e as linhas vermelhas observações do IGS. Verifica-se boa concordância entre as duas técnicas em todos os anos, mas a presença de *outliers* nas estimativas de ZTD do IGS no ano 1998 é notável.

Devido à presença de outliers nas séries temporais do IGS, procedeu-se à sua eliminação. Foram considerados outliers, todas as observações que

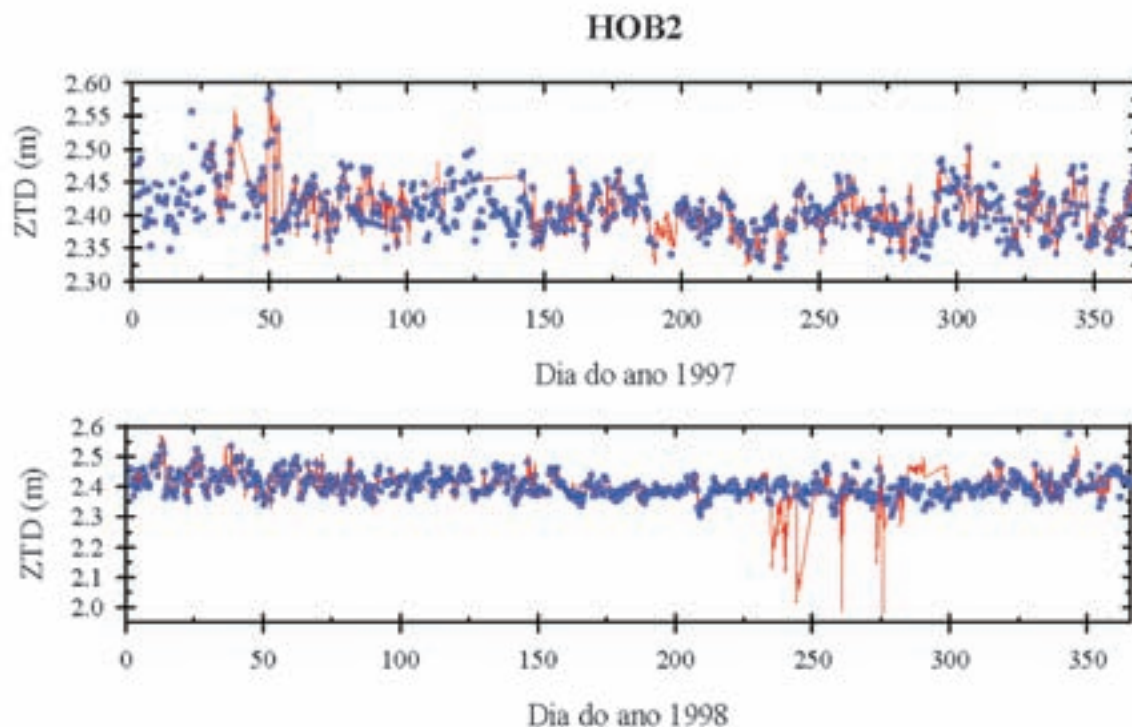


Figura 2 – Representação gráfica das estimativas de ZTD obtidas pelo IGS (linha vermelha) e pelas radiossondas (círculos azuis) obtidos na estação HOB2 (Hobart-Austrália).

não pertencessem ao intervalo  $[\bar{X} - 3\sigma, \bar{X} + 3\sigma]$ , onde  $\bar{X}$  é o valor médio das observações e o  $\sigma$  desvio padrão associado.

Após a remoção dos *outliers* procedeu-se à determinação de parâmetros estatísticos para todas as estações. Para isso, sincronizaram-se as observações do IGS e das radiossondagens, admitindo uma tolerância de uma hora, ou seja, supôs-se que o atraso troposférico zenital não variou nesse intervalo de tempo.

Esta sincronização foi necessária, pois o número de observações do IGS é superior ao número de radiossondagens, como se pode observar na Figura 2. Os ficheiros do IGS fornecem resultados de duas em duas horas e as radiossondagens só têm em média duas observações por dia. Após esta sincronização, o número de observações comuns às duas técnicas excedeu os 188000.

As figuras seguintes mostram a correlação obtida entre as observações do IGS e as observações das radiossondagens, bem como as suas diferen-

ças em três estações estudadas: TSKB (Tsukuba, Japão), CHUR (Churchill, Canadá) e MATE (Matera, Itália).

A estação TSKB ( $\varphi = 36.16^\circ$  N,  $\lambda = 140.09^\circ$  E,  $h = 67.3$  m) fica localizada em Tsukuba, no Japão, uma região localizada próximo do oceano, caracterizada por um clima temperado que apresenta grandes contrastes térmicos entre as estações, um Verão quente e um Inverno frio, concentrando-se as chuvas nos meses mais quentes.

A estação de radiossondagens fica a cerca de 12 km de distância e existe uma diferença de altitude entre as duas estações de 42.3 m.

Os resultados obtidos nestas estações mostram muito boa correlação ( $\rho = 0.99$ ), uma boa precisão ( $\sigma = 1$ cm) e boa exactidão ( $\bar{X} = - 1$  mm). O efeito das estações é bem visível nas diferenças obtidas pelas duas técnicas, salientando-se o efeito do Verão, sendo possível uma descorrelação acentuada no vapor de água. A proximidade do oceano pode ter influência nestes resultados.

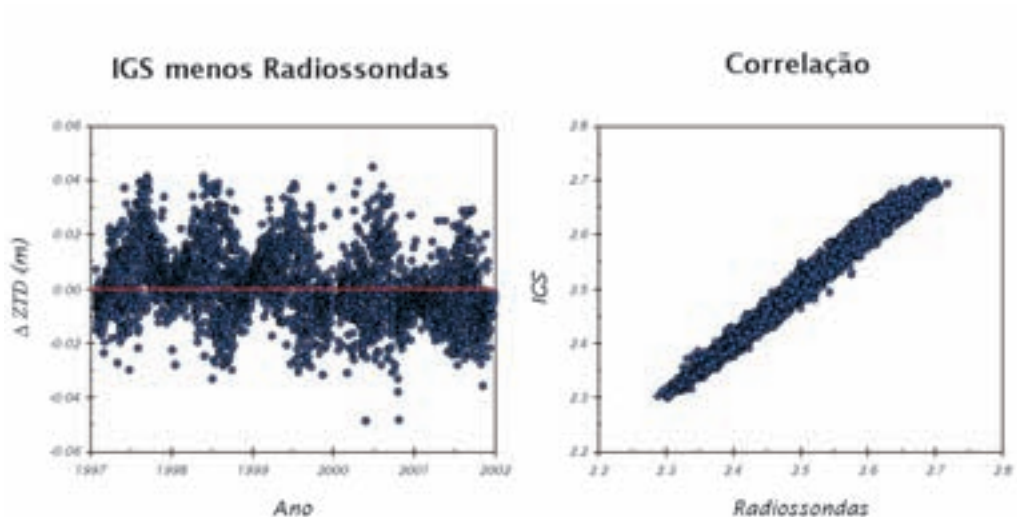


Figura 3 – Resultados obtidos na estação TSKB (Tsukuba, Japão).

A estação CHUR ( $\varphi = 58.76^\circ \text{ N}$ ,  $\lambda = 94.09^\circ \text{ W}$ ,  $h = -18.9 \text{ m}$ ) fica localizada em Churchill, no Canadá, uma região caracterizada por um clima polar com um Inverno extremamente longo e rigoroso e um Verão curto e pouco quente.

A estação de radiossondagens fica a cerca de 35 km de distância e existe uma diferença de altitude entre as duas estações de 47.9 m.

A correlação obtida para estas estações também

é muito boa ( $\rho = 0.99$ ) e obteve-se uma boa precisão ( $\sigma = 5 \text{ mm}$ ) e uma razoável exactidão ( $\bar{X} = -6 \text{ mm}$ ). As diferenças apresentam um enviesamento pequeno e diminuição da precisão nos meses mais quentes. A diferença de altitude entre as estações IGS e as estações de radiossondagens, é claramente responsável pelo enviesamento entre as duas soluções, que é ampliado no período de Verão.

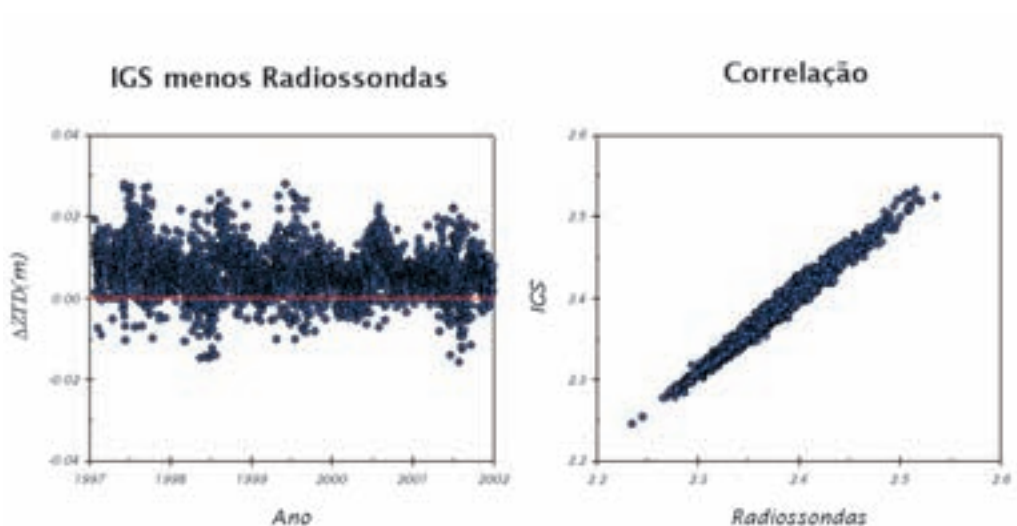


Figura 4 – Resultados obtidos na estação CHUR (Churchill, Canadá).

A estação MATE ( $\varphi = 40.79^\circ \text{ N}$ ,  $\lambda = 16.70^\circ \text{ E}$ ,  $h = 535.6 \text{ m}$ ) fica localizada em Matera em Itália, uma região caracterizada por um clima mediterrâneo, caracterizado por um Verão seco e bastante quente e um Inverno suave.

A estação de radiossondagens fica a cerca de 98 km de distância e existe uma diferença de altitude entre as estações de 520 m. Nesta estação

obteve-se uma má correlação ( $\rho = 0.89$ ), uma fraca precisão ( $\sigma = 1.9 \text{ cm}$ ) e um grande enviesamento ( $\bar{X} = -0.14 \text{ m}$ ) nas diferenças das estimativas de atraso troposférico zenital, devido à grande diferença de altitude entre as estações. No entanto, não se nota uma grande variação de precisão nos meses mais quentes, ao contrário das estações analisadas anteriormente.

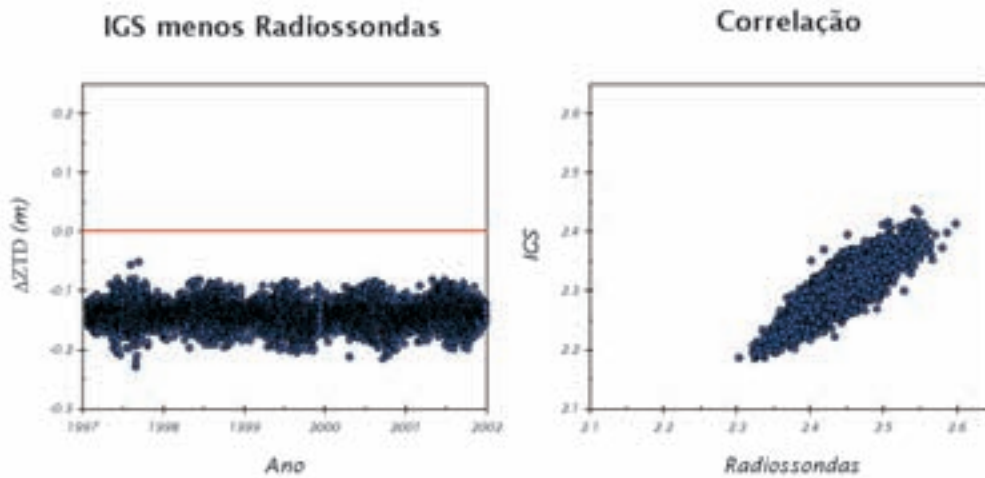


Figura 5 – Resultados obtidos na estação MATE (Matera, Itália).

De acordo com os resultados obtidos nas várias estações estudadas, verifica-se que a precisão das estimativas IGS varia entre  $\sim 5 \text{ mm}$  e  $\sim 2 \text{ cm}$  e uma degradação da precisão das estimativas do IGS, nos meses mais quentes. Para além disso, constata-se que a exactidão e a precisão não são significativamente afectadas com a distância entre as estações, mas

há uma forte correlação entre as diferenças de altitude e a exactidão das estimativas devido à diferença de pressão à superfície, conforme se pode observar nas Figuras 6 e 7. Estas ilustram a influência da distância e da diferença de altitude entre as estações no valor médio e na precisão das diferenças de atraso troposférico zenital.

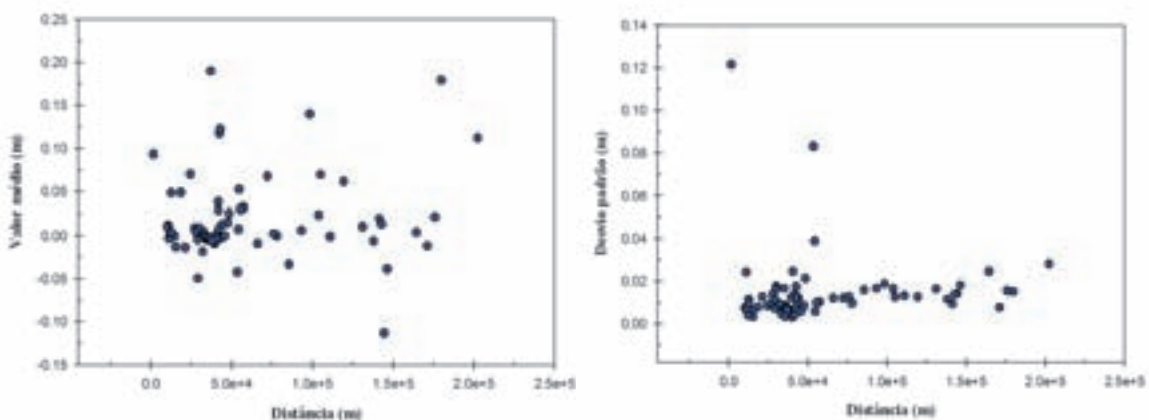


Figura 6 – Exactidão e precisão em função das distâncias entre as estações IGS e de radiossondas, para o ano de 2001.

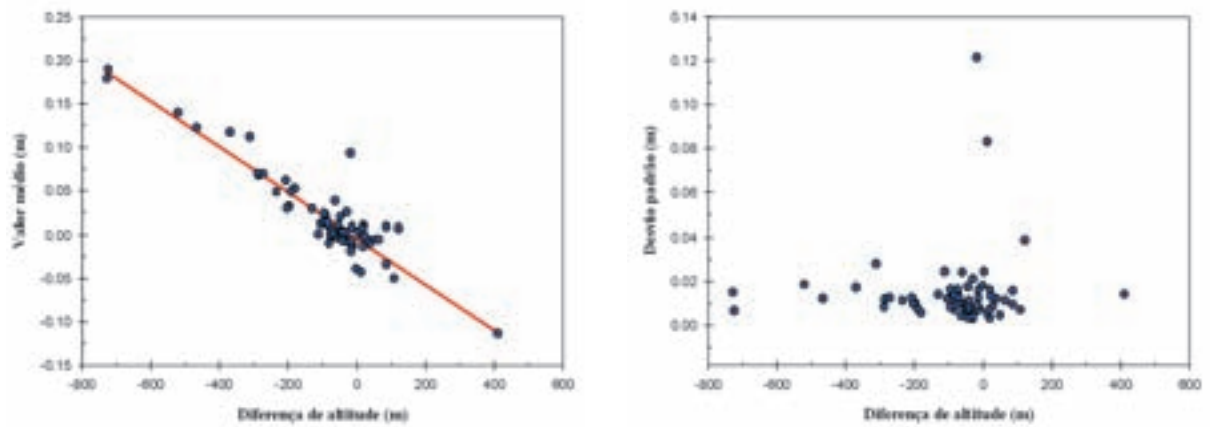


Figura 7 – Exactidão e precisão em função da diferença de altitude entre as estações IGS e de radiossondagens, para o ano de 2001.

Segue-se a representação gráfica da exactidão e precisão das estimativas do IGS obtidas no ano 2001.

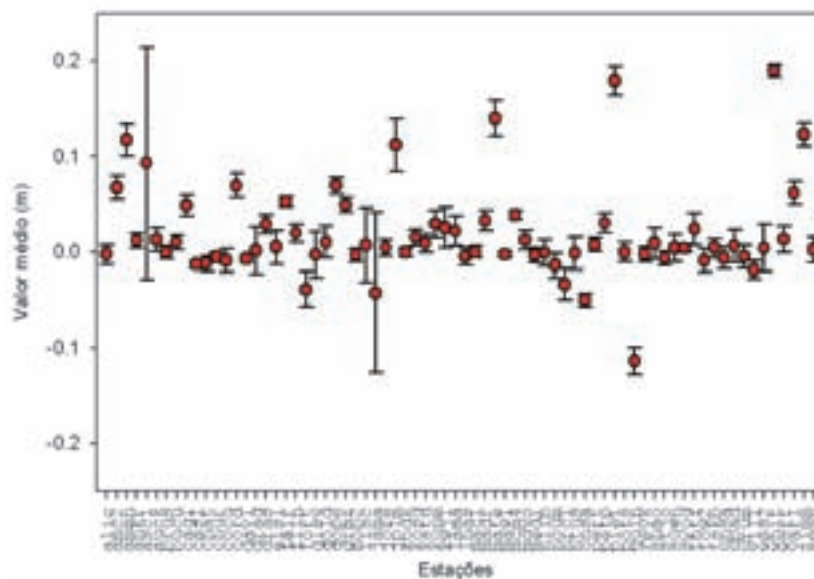


Figura 8 – Exactidão e precisão das estimativas IGS, no ano 2001, em todas as estações.

Como se pode observar, a maior parte das estações apresenta valores de exactidão que variam entre 0.001 e 0.02 m, aproximadamente; no entanto, em todos os anos, surgem estações com resultados que se afastam deste intervalo como, por exemplo, as estações JPLM, MATE, PIE1, POTS, QUIN, WES2, WHIT, ZIMM. Estas estações são as que apresentam maiores diferenças de altitude relativamente às estações de radiossondagens, o que significa que a exactidão das estimativas é afectada pelas diferenças de altitude. Existem também algumas estações

onde as diferenças das soluções apresentam grande dispersão como é o caso das estações: ASC1, JAMA e IISC.

A Figura 8 analisa a precisão obtida em função da latitude das estações. Verifica-se uma maior precisão nas estações mais próximas dos pólos e uma diminuição da precisão nas zonas equatoriais e tropicais, o que é perfeitamente justificável pelo facto das regiões equatoriais apresentarem um maior conteúdo de vapor de água.



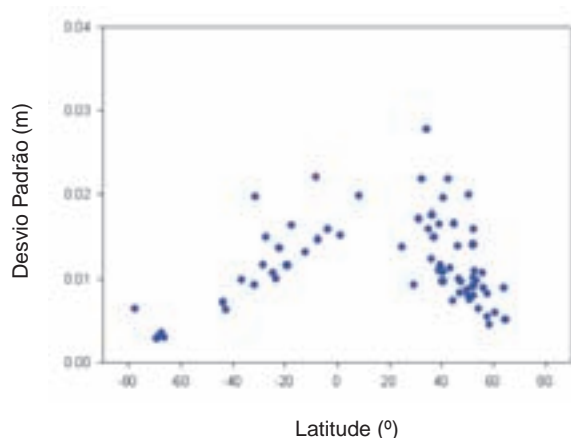


Figura 9 – Precisão das estimativas de atraso troposférico do IGS em função da latitude das estações.

#### 4. Conclusões

Numa primeira análise da comparação efectuada entre as observações de atraso troposférico do IGS e as observações de atraso troposférico obtidas através de radiossondagens, verificou-se que os resultados apresentam, de um modo geral, boa concordância. A precisão das estimativas de atraso troposférico do IGS apresentam valores muito próximos de 1 cm ou melhor, com maior dispersão nos meses de verão quando a humidade está presente e os fluxos de humidade têm maior variação temporal. Nas estações localizadas em regiões polares ou próximo, obtiveram-se resultados com uma maior precisão, devido provavelmente à menor quantidade de vapor de água na atmosfera. Os resultados com maior dispersão obtiveram-se em estações localizadas em zonas temperadas e tropicais.

Na análise da influência da distância entre as estações IGS e as estações de radiossondas na qualidade das estimativas, verifica-se que a exactidão e

a precisão não são significativamente afectadas pela distância entre as estações, no entanto, em distâncias superiores a 100 km, verificou-se uma diminuição da correlação entre as observações de ZTD obtidas pelas duas técnicas, pois provavelmente as condições atmosféricas locais podem ser significativamente diferentes.

Verifica-se também que existe uma forte correlação entre a diferença de altitude entre as estações e a exactidão das estimativas, devido às diferenças de pressão à superfície.

Os resultados obtidos confirmam a importância e o interesse da aplicação das séries temporais do IGS em estudos do clima de determinada região, pois permitem a avaliação das características de longo termo com desempenho similar às radiossondas, sendo o GPS um bom complemento dos sensores meteorológicos existentes. As estações GPS próximas das estações de radiossondas podem ser usadas para complementar as observações das radiossondas.

## Referências

- Bevis, M., S. Businger, T. A. Herring, C. Rocken, R.A. Anthes, and R.H. Ware (1992) – *GPS Meteorology: remote sensing of atmospheric water vapor using the Global Positioning System*. Journal of Geophysical Research, Vol. 97, No. D14, pp. 15 787-15 801.
- Boccolari, M., S. Fazlagiê, L. Lombroso, P. Frontero, S. Pugnaghi, R. Santangelo, S. Corradini, and S. Teggi (2002) – *Precipitable water estimation in comparison between zenith total delays (ZTD) by radiosounding data and by GPS data*. Em [http://lappc-9.ethz.ch/NL15/boccolari\\_II.pdf](http://lappc-9.ethz.ch/NL15/boccolari_II.pdf).
- Brockman, E., G. Gucrova, and M. Troller (2001) – *Swiss activities in combining GPS with Meteorology. Proceedings of Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Dubrovnik, Croatia, 16-18 May*. Em [http://www.euref-iag.net/symposia/book2001/2\\_6.pdf](http://www.euref-iag.net/symposia/book2001/2_6.pdf)
- Gerding, M., A. Weisheimer, K. Dethloff, and R. Neuber (2002) – *Ground-based GPS: benefit in the data sparse Arctic region*. Proceedings of the COST Action 716 (Exploitation of Ground-based GPS for Meteorology), GFZ Potsdam, Germany, 28-29 January. Em [www.cosmic.ucar.edu/related\\_papers/2002\\_gerding\\_etal\\_cost.pdf](http://www.cosmic.ucar.edu/related_papers/2002_gerding_etal_cost.pdf)
- Gutman, S., S. Sahn, S. Benjamin, T. Smith (2004) – *GPS water vapor observation errors*. Proceedings of the Eighth Symposium on Integrated Observing and Assimilation Systems for Atmosphere, Oceans and Land Surface, American Meteorological Society. Em <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/72508.pdf>.
- Haase, J., M. Ge, H. Vedel, E. Calais (2003) – *Accuracy and variability of GPS tropospheric delay measurements of water vapor in the Western Mediterranean*. Journal of Applied Meteorology, Vol. 42, No. 11, pp. 1547-1568.
- Hackman, C., and J. Levine (2004) – *Adding water vapor radiometer data to GPS carrier-phase time transfer*. Proceedings of the 36th Precise Time and Time Interval (PTTI) Systems and Applications Meeting, December 7-9, Washington, DC. Em <http://tycho.usno.navy.mil/ptti/Ptti2004/paper10.pdf>
- Hoyle, V., S. Skone, and S. Shresta (2003) – *The use of the Global Positioning System to derive atmospheric water vapor distribution for environmental applications*. Environmental Informatics Archives, No. 1, pp. 512-523.
- Liljegren, J., B. Lesht, T. VanHove and C. Rocken (1999) – *A comparison of integrated water vapor from microwave radiometer, balloon-borne sounding system and Global Positioning System*. Proceedings of the 9th Atmospheric Radiation Measurement Program Science Team Meeting, San Antonio, 22-26 March. Em [http://www.arm.gov/publications/proceedings/conf09/extended\\_abs/liljegren3\\_jc.pdf](http://www.arm.gov/publications/proceedings/conf09/extended_abs/liljegren3_jc.pdf)
- Mendes, V.B. (1999) – *Modeling the Neutral-atmosphere Propagation Delay in Radiometric Space Techniques*. Ph.D. dissertation, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report No. 199, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada.
- Reigber, C., G. Gendt, G. Dick, and M. Tomassini (2002) – *Water vapor monitoring for weather forecasts*. GPS World, Vol 13, No 1, pp. 18-27.
- Rocken, C.R., R.H. Ware, T. Van Hove, F. Solheim, C. Alber, J. Johnson, M. Bevis, S. Businger (1993) – *Sensing atmospheric water vapor with the Global Positioning System*. Geophysical Research Letters, Vol. 20, No. 23, pp. 2631-2634.
- Tregoning, P., R. Boers, D. O'Brien and M. Hendy (1998) – *Accuracy of absolute precipitable water vapor estimates from GPS observations*. Journal of Geophysical Research, Vol. 103, No. D22, pp. 28701-28710.
- Vedel, H., K. S. Mogensen, and X.-Y. Huang (2001) – *Calculation of zenith delays from meteorological data, comparison of NWP model, radiosonde and GPS delays*. Physics and Chemistry of the Earth, No. 26, pp. 497-502.
- Vollmer, P.A., and G.R. Huffines (2003) – *GPS-derived integrated precipitable water comparable with the AFWA MM5 moisture fields*. Proceedings of the Sixth Symposium on Integrated Observing Systems, American Meteorological Society, Orlando, Florida, January 12-17. Em <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/31359.pdf>.

## Contactos electrónicos

**Isabel Fortes** – [isabel.fortes@hidrografico.pt](mailto:isabel.fortes@hidrografico.pt)

**Antonieta José** – [antonieta.jose@hidrografico.pt](mailto:antonieta.jose@hidrografico.pt)

# Aplicação do GPS OTF na medição da maré

João Marreiros, Capitão-de-fragata  
Jorge da Silva, Assessor Principal

**Resumo** Para efectuar a medição do nível do mar são utilizadas estações maregráficas instaladas no fundo do mar ou junto à costa. Este método apenas permite a medição do nível do mar em posições estáticas. Durante uma campanha oceanográfica realizada no estuário do Rio Douro, foram instaladas duas antenas GPS de dupla frequência a bordo de uma embarcação com o objectivo de efectuar a medição do nível do rio ao longo do trajecto da embarcação. O resultado do processamento dos dados GPS em modo OTF utilizando as duas antenas permitiu verificar que a altitude das antenas dependia seguia o efeito da maré, mas também se verificaram variações (cerca de 20 cm) devido à variação da atitude da embarcação associada à velocidade. Este efeito foi corrigido a partir de observações doppler GPS que permitiram determinar a velocidade instântanea. Posteriormente a curva de maré GPS foi reduzida ao geóide e efectuada a comparação com as estações maregráficas.

**Palavras-Chave:** GPS OTF, maré, batimetria

**Abstract** *The sea level is measured through the use of tidal stations in static positions at the ocean bottom or at the coast line. This methodology only allows for sea level determination in static positions. During an oceanographic campaign at Rio Douro estuary, two dual frequency GPS antennas were installed at the main mast of a launch in order to measure the sea level along the estuary, while the launch is moving.*

*The data processing of both antennas in GPS OTF mode showed that the achieved height accuracy is enough to measure the sea level, however small height variations (about 20 cm) related with the launch attitude variations due to speed. This effect was corrected using GPS Doppler measurements for speed determination. Afterwards, the GPS height time series was referenced to the geode and a comparison with static tidal data was made.*

**Keywords:** GPS OTF, tides, bathymetry

## 1. Introdução

O GPS é um sistema de posicionamento global utilizado para navegação em modo absoluto ou em modo diferencial (DGPS). A exactidão é da ordem da dezena de metros, com cobertura mundial permanente e elevada viabilidade. O DGPS cumpre os

requisitos da navegação, mas outras actividades, designadamente no âmbito das ciências do mar, têm requisitos mais exigentes.

As aplicações de geodesia impõem requisitos de elevada exactidão (da ordem centimétrica ou

maior). Para esse efeito, existem receptores GPS especialmente concebidos que diferem dos vulgares receptores de navegação por permitirem a aquisição, em ambas as frequências, da pseudo-distância e da fase de batimento da onda portadora. Inicialmente os métodos de processamento e de observação apenas permitiam a utilização de receptores geodésicos em aplicações estáticas, nas quais os receptores/antenas permaneciam estacionados numa posição fixa durante várias horas consecutivas, a fim de determinar as coordenadas dessa posição.

A partir de meados da década de 1990 começaram a ser desenvolvidas aplicações que permitem determinar a posição de uma antena em movimento com exactidão centimétrica. A este método de posicionamento designa-se por GPS *On-The-Fly*, abreviadamente GPS OTF. Tal como o DGPS, também é um sistema de posicionamento relativo, mas com uma exactidão cerca de uma a duas ordens de grandeza melhor.

O GPS OTF é actualmente um produto comercial já desenvolvido, sendo utilizado de forma rotineira para a execução de levantamentos topográficos. No Instituto Hidrográfico (IH) o GPS OTF é utilizado a bordo das embarcações de sondagem para redução da maré em tempo real, o que permite anular a dependência de estações maregráficas junto à costa e o erro inerente à extrapolação dos dados de maré para a posição e hora de medição da profundidade.

De uma forma geral, pode-se afirmar que a coordenada vertical (profundidade, altura de água ou nível do mar) é a que exige maior exactidão nas actividades relacionadas com as ciências do mar e também na navegação marítima. Por exemplo, o erro de alguns decímetros na estimativa da altura de água numa dada posição e hora, poderá implicar o encalhe do navio. A observação do nível do mar, da altura da maré e da agitação marítima, constitui uma fonte de informação essencial para a oceanografia, navegação e prevenção de riscos naturais.

## 2. Princípio de operação do GPS OTF

O funcionamento do GPS baseia-se na medição do intervalo de tempo de propagação de um sinal, desde o satélite até ao receptor. O GPS OTF para além da medição baseada no sinal transmitido também

utiliza a medição da fase da frequência portadora desse sinal. Enquanto que a medição do código tem uma exactidão da ordem métrica, a medição da fase tem uma exactidão da ordem milimétrica. Porém a observação da fase de batimento da onda portadora introduz uma incógnita adicional devido ao desconhecimento do número inteiro de ciclos decorridos entre a época de início da transmissão e a época de início do registo. Esta incógnita designa-se por ambiguidade de ciclo e é um número inteiro. Só é possível eliminar a ambiguidade de ciclo em posicionamento relativo e utilizando observações redundantes (pelo menos cinco satélites devem ser visíveis durante alguns minutos sem interrupção). Uma vez determinada a ambiguidade de ciclo (também se utiliza o termo "fixa"), o seu valor não se altera desde que não ocorra uma interrupção no seguimento em frequência.

A designação *On-The-Fly* significa determinar a ambiguidade enquanto a antena da estação de coordenadas desconhecidas está em movimento, ou seja, sem necessidade de estacionar a antena mesmo que ocorra uma interrupção no seguimento em frequência. A possibilidade de fixar a ambiguidade está limitada a um alcance de 20 a 30 km, devido à influência de erros nas observações da estação móvel e da estação fixa não se anularem por diferenciação, para distâncias superiores.

A figura 1 compara os resultados obtidos por DGPS e GPS OTF utilizando para o mesmo conjunto de observações efectuadas a bordo de uma embarcação em movimento durante uma hora. Os pontos a azul foram processados em modo DGPS, enquanto que os pontos a vermelho foram processados em modo GPS OTF. A dispersão dos pontos DGPS é cerca de 2 metros, enquanto que os pontos GPS OTF formam uma linha quase contínua, não se observando dispersão (à escala da figura). Conforme se demonstrará adiante, as variações na linha GPS OTF reflectem a variação do nível da água e também a variação da altura da antena devido ao estado dinâmico da embarcação.

Outra vantagem na observação da fase de batimento da onda portadora consiste na possibilidade de determinar o vector velocidade instantânea por efeito Doppler. A variação da frequência da portadora do sinal GPS está relacionada com a variação da distância relativa entre o receptor e o satélite,

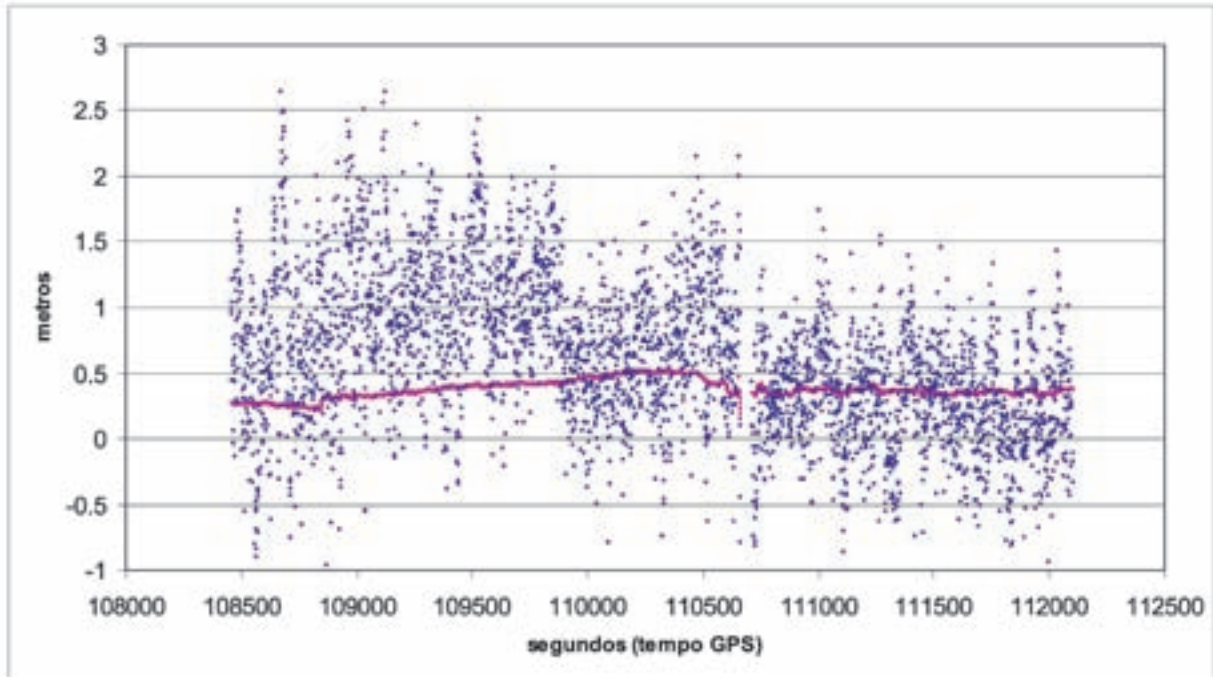


Figura 1 – Série de altitudes referidas ao nível médio do mar, numa embarcação de sondagem em movimento. A azul estão representados os pontos DGPS e a vermelho os pontos GPS OTF.



Figura 2 – Lancha hidrográfica UAM Fisália.



devido ao efeito Doppler. Numa metodologia já descrita na edição anterior destes ANAIS [Marreiros, *et al.*, 2005], a observável Doppler GPS permite determinar o vector velocidade com uma exactidão da ordem do centímetro/segundo, em modo de posicionamento absoluto.

### 3. Aquisição de dados

Durante o período de 29 de Janeiro a 5 de Fevereiro de 2007, o IH realizou uma campanha oceanográfica no estuário do Rio Douro que incluiu a realização de diversas estações desde a Foz até à Barragem de Crestuma-Lever. A aquisição de dados foi realizada a bordo da lancha hidrográfica UAM Fisália, onde foram instaladas duas antenas GPS de dupla frequência utilizando uma base com 2.5 m de comprimento e alinhada no sentido proa-popa.

A utilização do GPS OTF nesta campanha não se destinou somente a determinar a posição horizontal da lancha. Para este efeito bastaria um receptor GPS em modo absoluto ou o DGPS. O principal objectivo consistiu em determinar o nível da água, em contínuo, ao longo do trajecto no estuário. A ins-

talação de duas antenas visou corrigir a variação do caimento da embarcação, por efeito da velocidade.

A estação permanente de Gaia, do Instituto Geográfico Português, forneceu os dados da estação fixa. Na embarcação as antenas eram tipo TRIMBLE Compact L1/L2 w/groundplane, com a antena de vante ligada a um receptor TRIMBLE 4000 SSE e a estação de ré ligada a um receptor TRIMBLE 4400. O intervalo de aquisição de dados foi de um segundo.

### 4. Processamento e resultados

O processamento dos dados foi efectuado com o *software Trimble Total Control*, versão 2.73. Na configuração dos parâmetros para processamento em modo GPS OTF foram utilizados os que existem no *software* por defeito.

Para efeito de demonstração dos resultados obtidos seleccionou-se um ficheiro correspondente ao trajecto efectuado no dia 29 de Janeiro durante a fase de enchente da maré. Nesse dia a embarcação largou do Cais da Ribeira, junto à ponte D. Luís I, às 06:07, tendo seguido para jusante até à Foz (08:21), depois para montante até à barragem de

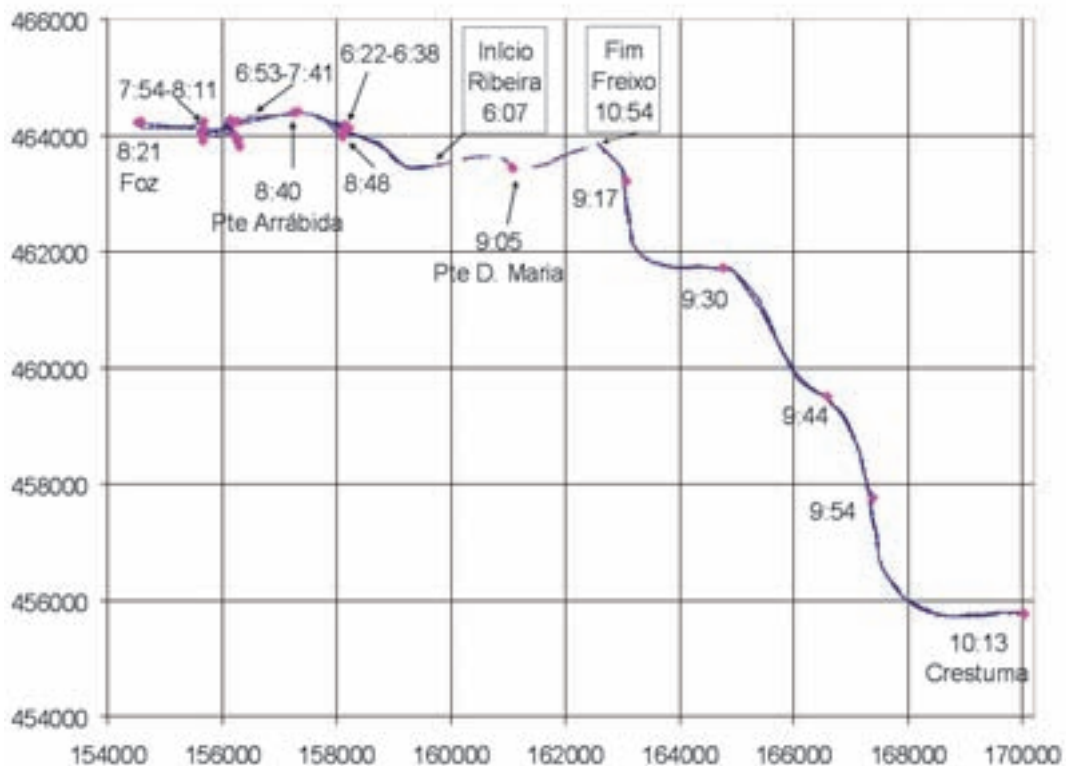


Figura 3 – Trajectória da embarcação (coordenadas militares), com indicação das horas de passagem pelas diversas estações.

Crestuma-Lever (10:13) e finalmente de regresso para jusante até ao cais da marina do Freixo (10:54). Na trajectória da embarcação são visíveis as interrupções na aquisição devido à passagem por debaixo das pontes e também os pontos onde

se realizaram medições com instrumentação oceanográfica e recolha de amostras de água (figura 3).

O resumo estatístico do processamento de dados é o seguinte:

	Antena de vante	Antena de ré
Período de observação (s)	17213	17213
Instantes com observações (s)	17104	17165
Posições DGPS	16825	16771
Posições GPS OTF	16819	16573

A diferença entre o período de observação e o número de instantes com observações ou com o número de instantes com posições GPS em modo absoluto deve-se à interrupção de sinal devido à passagem por debaixo das pontes. O GPS OTF também reflecte este efeito, mas o número de posições com ambiguidade fixa é praticamente igual ao número de posições calculadas em modo DGPS. Nota-se também que o desempenho do receptor associado à antena de vante é melhor que o da antena de ré, principalmente no processamento GPS OTF.

Os gráficos das altitudes observadas (referidas à antena de vante), da maré prevista, da velocidade (referida à antena de vante) estão representados em anexo. A altitude elipsoidal resulta da trajectória calculada por GPS OTF. A velocidade foi calculada por Doppler GPS. O caimento resulta do processamento GPS OTF, assumindo a antena de ré como estação fixa e a antena de vante como estação móvel. Da observação desses gráficos salienta-se o seguinte:

- Uma componente da variação da altitude devido à maré.
- Uma componente da variação da altitude devido à velocidade da embarcação.
- Uma componente da variação devido ao caimento, para velocidades superiores a 5 m/s.

Dado que o objectivo deste trabalho consiste em determinar o nível da água para as posições ao longo do trajecto da lancha, torna-se necessário corrigir as componentes de variação da altitude devido à velocidade e ao caimento. Para corrigir o efeito da velocidade foi efectuada uma correcção linear assumindo (a partir da observação dos gráficos) que para uma velocidade de 6 m/s é necessário somar 20 cm.

O cálculo da correcção devido à variação de caimento da embarcação foi efectuada do seguinte modo:

1. Determinação do ângulo de caimento em movimento por comparação do valor observado com o valor determinado com a lancha parada.
2. Determinação da correcção vertical de caimento em função do ângulo de caimento em movimento e da distância longitudinal entre a antena de vante e o centro de gravidade da lancha.

Aplicadas as correcções acima descritas obtém-se o perfil das altitudes corrigidas (referidas ao WGS84), representado na figura 4 juntamente com a maré prevista. As correcções aplicadas resultaram num melhoramento na qualidade dos resultados, sendo visível uma curva de nitidamente influenciada pela maré na posição/hora da embarcação ao longo do seu trajecto no Rio Douro.

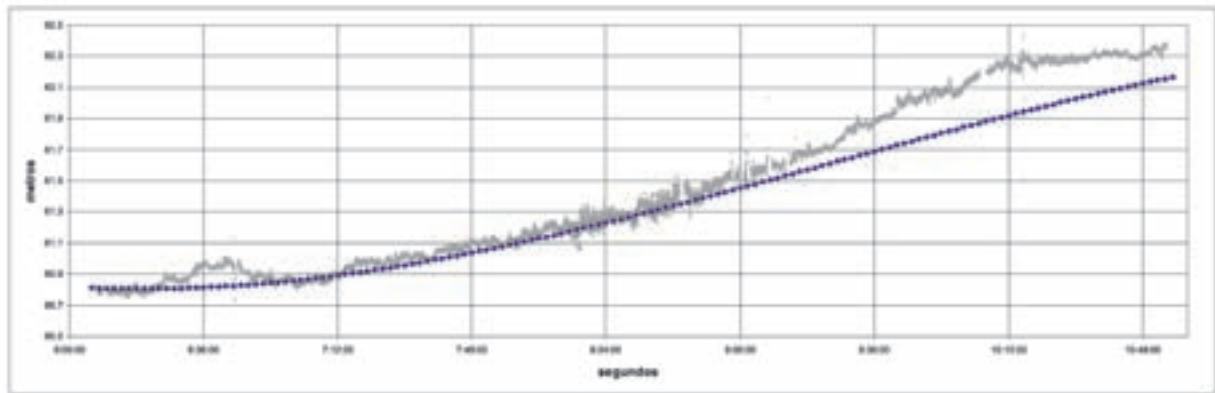


Figura 4 – Altitudes elipsoidais corrigidas. Também está representada a maré prevista para o Cais da Ribeira.

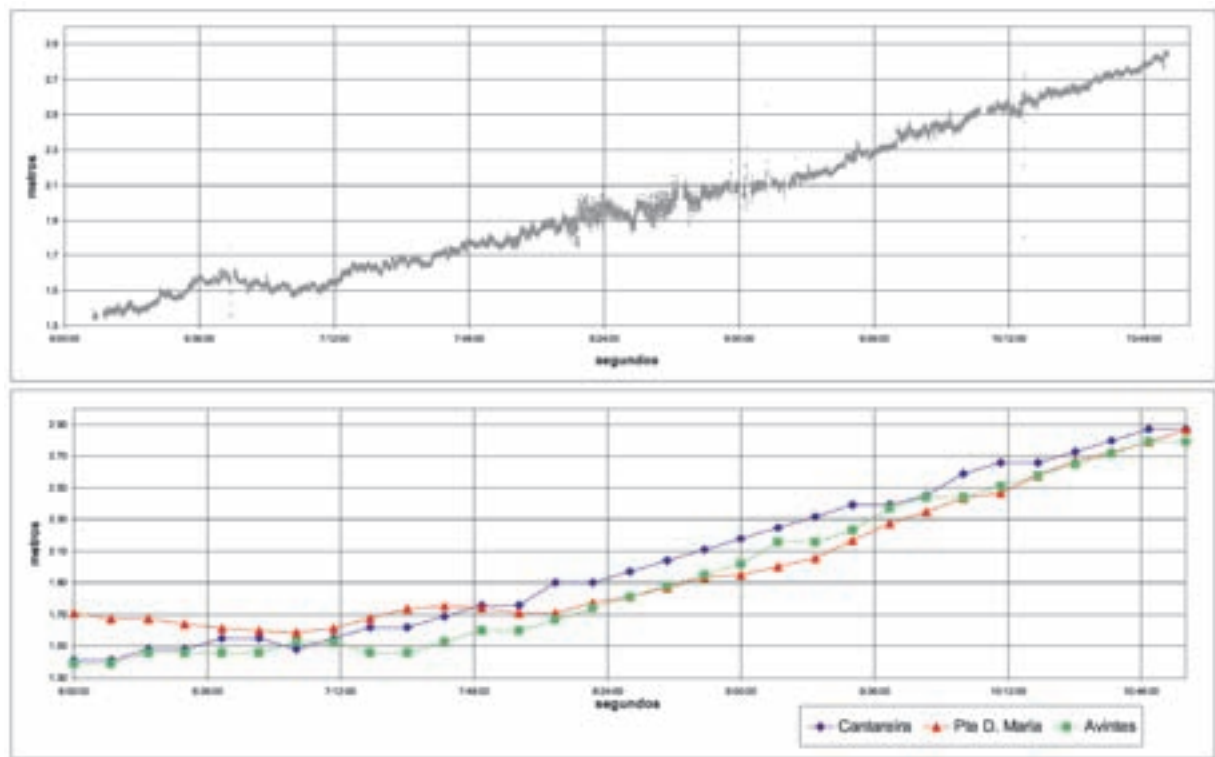


Figura 5 – No gráfico superior está representada a altura de maré obtida por GPS OTF já reduzida ao geóide. No gráfico inferior estão representadas os valores de maré obtidos a partir dos sensores de pressão das estações correntométricas instaladas ao longo do estuário do Rio Douro.

## 5. Interpretação dos resultados

Para se proceder à interpretação dos resultados, as altitudes elipsoidais devem ser reduzidas ao geóide. Entre a Foz e a barragem de Crestuma-Lever a elevação do geóide, relativamente ao

WGS84, aumenta 0.41 m, no sentido oeste-leste. A aplicação desta correcção, por interpolação linear, resulta no perfil de altitudes do nível do estuário em função do trajecto da lancha (figura 5).

Ao longo do estuário do Rio Douro, da Foz até à Barragem de Crestuma-Lever, o perfil de maré obser-

vada pelos sensores de pressão das estações correntométricas apresentam diferenças, para o mesmo instante de medição, que podem chegar aos 30 cm. De notar que os sensores de pressão não estão nivelados, por isso a curva de maré não está referida ao *datum* local. A curva da maré GPS OTF pode ser utilizada para correlacionar as observações das diversas estações maregráficas. Por exemplo, até às 08:40, é notória a concordância com a curva de maré da Cantareira. Depois dessa hora nota-se uma adaptação gradual às curvas de maré de Avintes e da Ponte D. Maria Pia.

Notam-se ainda pequenos incrementos temporais da altura de maré entre as 06:25 e as 06:40 e ainda, mas menos evidentes, entre as 07:10 e as 07:35, que não encontram total correspondência no sensor do correntómetro da Cantareira. É possível que essa diferença resulte da existência de declives transversais do nível de água (entre margens), que só poderiam ser detectados pelo GPS OTF embarcado, durante a realização das observações transversais às margens nas zonas de Massarelos (06:22-06:38) e Ouro-Afurada (06:53-07:41). Não foi detectado declive idêntico nas observações frente ao jardim da Cantareira (07:54-08:11), o que poderá ter sido uma consequência de a maré já estar claramente a encher a essa hora, facto que terá mascarado o declive transversal.

## 6. Considerações Finais

As altitudes obtidas com o GPS OTF, após correcção dos efeitos associados à variação do caimento e de calado da lancha, representam um perfil dinâmico das alturas da superfície da água ao longo do trajecto da embarcação. Deste modo, a antena GPS funciona como um sensor de nível da água, com vantagens relativamente aos sensores estáticos tradicionais, pela forma dinâmica como as medições são efectuadas,

A metodologia utilizada neste trabalho para corrigir a variação de caimento e arfagem poderá ser melhorada, uma vez que se assumiu uma variação linear em função da velocidade. De futuro, será conveniente elaborar uma tabela de correcção para cada velocidade, em incrementos de 0.5 m/s. Para tal devem ser efectuados ensaios em águas calmas a diferentes velocidades.

A observação de altitude com GPS depende da existência de uma estação fixa a uma distância de 20 km e de um modelo de ondulação do geóide com exactidão centimétrica. Estas condições limitam a aplicação do GPS OTF na execução de campanhas em mar aberto. Considera-se que existe possibilidade para mais desenvolvimentos, em consequência da modernização do sinal GPS e da entrada em funcionamento do GALILEO. Novos métodos de processamento necessitam investigados e ensaiados, com o objectivo de melhorar o desempenho da utilização em ambiente marinho, designadamente na aplicação a bóias oceanográficas.

## Referências

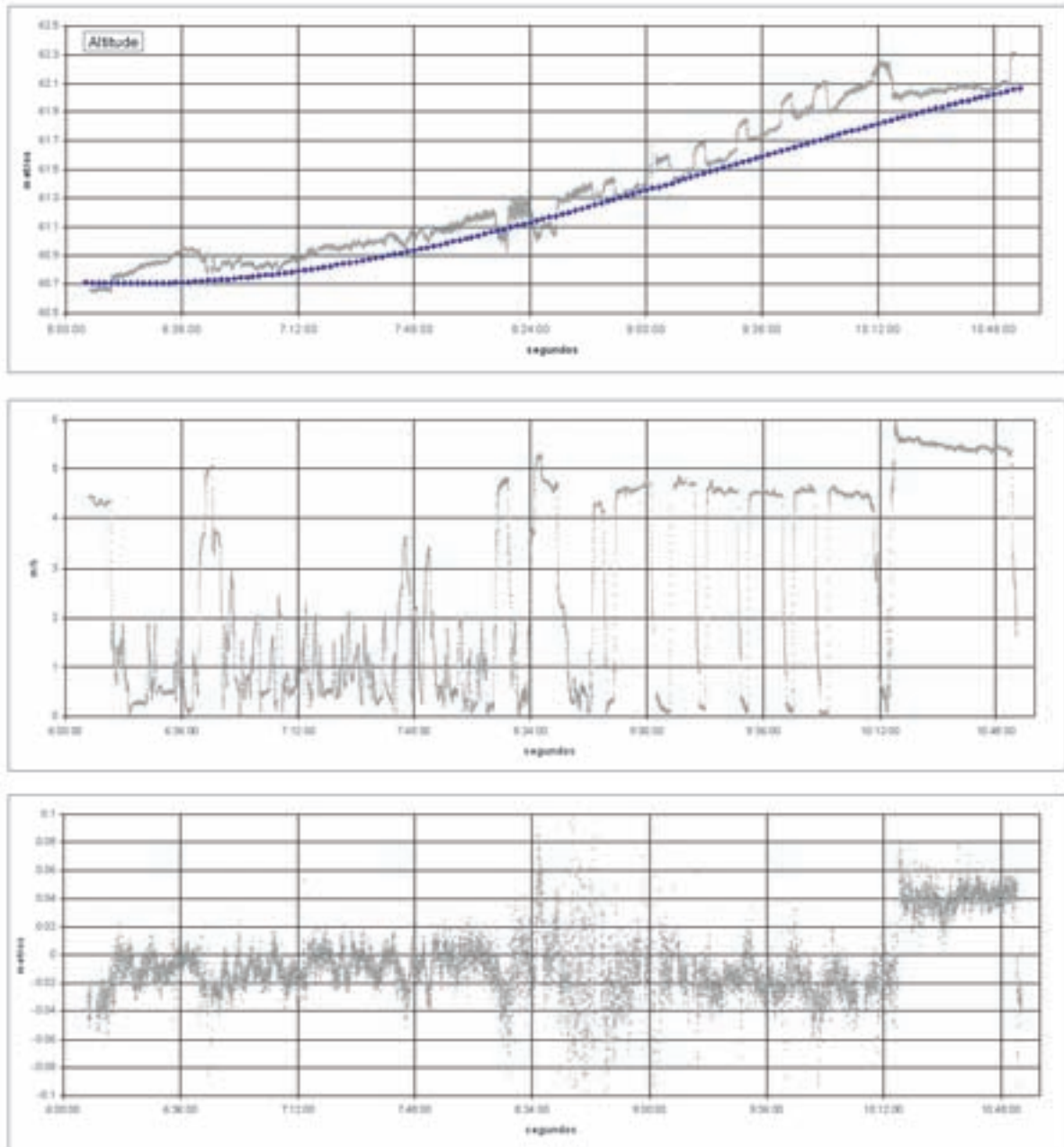
Paulo Marreiros, João Vitorino e Luís Quaresma (2005) – *Determinação do vector velocidade a partir de observações Doppler GPS*. Anais do Instituto Hidrográfico, número 17, Instituto Hidrográfico.

## Contactos electrónicos

**João Marreiros** – ramalho.marreiros@hidrografico.pt

**Jorge da Silva** – jorge.silva@hidrografico.pt

Anexo – Gráficos da altitude, velocidade e caimento da embarcação



Observações:

- As séries temporais representadas nestes gráficos foram calculadas a partir de observações GPS:
  - o Altitude: GPS OTF;
  - o Velocidade: Doppler GPS;
  - o Caimento: GPS OTF.
- Os gráficos da altitude e da velocidade referem-se à antena de vante.
- No gráfico da altitude está sobreposta a maré prevista para o Cais da Ribeira.



# Coordenação e alinhamento dos sensores transdutores e antenas do NRP Alm. Gago Coutinho

António Peiriço, Primeiro-tenente  
António Brigas, Primeiro-tenente  
João Marreiros, Capitão-de-fragata

**Resumo** Actualmente, é possível conhecer o relevo do fundo do mar utilizando métodos acústicos para determinação das profundidades. Os sondadores multifeixe são o equipamento preferencial para a determinação das profundidades pela sua elevada resolução e por permitirem efectuar a cobertura total do fundo, o que permite construir modelos digitais do terreno de elevada qualidade.

A qualidade da informação obtida com os Sondadores Multifeixe depende de uma correcta instalação de todos os sensores que fazem parte do sistema, designadamente dos transdutores acústicos, do sensor de movimento e das antenas do sistema de posicionamento.

Após a instalação física dos sensores com o navio em doca seca torna-se necessário efectuar observações topográficas que permitam determinar as coordenadas de todos os sensores no referencial do navio e verificar o respectivo alinhamento e inclinação transversal. O nível de exactidão exigido é da ordem centimétrica e do décimo de grau.

Durante a conversão do NRP Almirante Gago Coutinho foram instalados dois sistemas multifeixe. Neste artigo é descrita a metodologia e os resultados obtidos para a determinação da posição e alinhamento dos sensores. Na sequência do trabalho realizado também foram coordenados outros sensores do navio incluindo os correspondentes a equipamentos de navegação.

**Palavras-Chave:** multifeixe, Instalação de sensores, alinhamento de sensores

**Abstract** *Through the use of echo sounders it is possible to measure the ocean bottom depth. Multibeam echosounders are the preferable equipment for depth measurement due to its high resolution and full bottom coverage.*

*The quality of the data acquired with multibeam echosounders depends on the right procedure during installation process of all the sensors, including the acoustic transducers, the motion sensor and the positioning system antennas.*

*After the physical installation of the sensors onboard, with the ship in the dry dock of the shipyard, it is required to perform a topographic work in order to position the sensors, relative to the ship's reference frame, and verify its alignment and inclination. The required accuracy is at centimetre and tenth of degree level.*

*Two multibeam echosouders were installed during the transformation of NRP Almirante Gago Coutinho into a hydrographic vessel. This paper describes the methodology and results for the position and alignment of the sensors of these echosounders. Other sensors were coordinated, including some that belong to the navigation system of the ship.*

**Keywords:** *multibeam, sensors installation, sensors alignment*

## 1. Introdução

O NRP Almirante Gago Coutinho é um navio da Marinha que está em fase de conclusão de um processo de fabricos para conversão em navio hidrográfico. Este processo inclui a instalação de dois sistemas Sondadores MultiFeixe (SMF). Os SMF visam a produção de cartas batimétricas do fundo do mar de elevada resolução, com ganhos significativos de produtividade e de qualidade em levantamentos hidrográficos, relativamente aos métodos de sondagem por feixe simples.

A eficiência e exactidão de qualquer SMF dependem do desempenho individual e da integração dos sensores que fazem parte do sistema, designadamente dos transdutores acústicos, sensores de movimento e antenas do sistema de posicionamento (existem outros factores que podem influenciar o desempenho do SMF, ao nível da calibração e perfil da velocidade de propagação do som, mas que saem fora do âmbito deste trabalho). Qualquer desvio permanente ou erro sistemático poderá resultar no aparecimento indesejável de relevos artificiais do fundo do mar, na carta batimétrica. Durante a fase de instalação, os sensores de posicionamento, os sensores de movimento e os trans-

dutores acústicos devem ser cuidadosamente alinhados. Posteriormente, com os trabalhos de instalação já concluídos, as posições desses sensores devem ser determinadas, tal como a sua orientação relativamente ao navio, para efeitos de configuração do sistema.

Neste artigo é descrita a metodologia e os resultados obtidos na coordenação dos sensores dos SMF do NRP Almirante Gago Coutinho, em apoio aos trabalhos de instalação e de configuração. Por acréscimo, também foram coordenados os sensores de outros equipamentos, incluindo os do serviço de navegação.

## 2. O Navio

O NRP Almirante Gago Coutinho é um dos dois navios da classe *D. Carlos I*, actualmente ao serviço de Portugal. Estes navios foram cedidos pelos Estados Unidos da América. Quando ao serviço dos Estados Unidos, durante a “guerra fria”, estes navios tinham por tarefa a vigilância da frota submarina soviética, efectuando missões de longa duração em áreas oceânicas estratégicas, localizadas nas rotas dos submarinos soviéticos.



Figura 1 – O NRP Almirante Gago Coutinho na chegada a Lisboa, a 7 de Abril de 2000, vindo dos EUA.

Os NRP D. Carlos I (ex-USNS *Audacious*) e NRP Almirante Gago Coutinho (ex-USNS *Assurance*) foram construídos nos Estados Unidos da América pela *Tacoma Boat Company*, tendo sido lançados à água em Janeiro de 1989 e Janeiro de 1985, respectivamente. Com o fim da “guerra fria”, a Marinha Americana cedeu alguns navios T-AGOS a instituições civis e a nações aliadas. Portugal foi uma dessas nações, tendo recebido o NRP D. Carlos I em Fevereiro de 1997 e o NRP Almirante Gago Coutinho em Setembro de 1999.

Após a chegada a Portugal, o NRP D. Carlos I, foi adaptado ao desempenho das funções de navio hidro-oceanográfico no Arsenal do Alfeite, estando a operar no âmbito de missões de carácter científico em águas nacionais e internacionais adjacentes. Destacam-se os levantamentos hidrográficos

para a extensão da plataforma continental, a execução de campanhas oceanográficas para o estudo do canhão da Nazaré, levantamentos geofísicos para caracterização do fundo e subsolo marinho e o apoio ambiental no âmbito do apoio a exercícios navais.

O NRP Almirante Gago Coutinho, após a chegada a Portugal, passou ao estado de desarmado a aguardar financiamento para o projecto de conversão. Actualmente encontra-se em fase avançada de fabricos para instalação de equipamentos e conversão num moderno navio hidro-oceanográfico, cuja conclusão está prevista para Abril de 2007. Após a conclusão dos fabricos o navio disporá de modernos sistemas de aquisição de dados, que garantem redundância e complementaridade com o outro navio da mesma classe.

Dimensões	
Comprimento (Over all)	68.2 m
Boca	13.1 m
Deslocamento	2300 ton
Calado máximo	5.7 m
Tipo de casco	ferro
Velocidade e autonomia	
Autonomia	30 dias (depende da capacidade de armazenagem de víveres)
Velocidade máxima	10.5 nós
Velocidade de cruzeiro	9.7 nós
Alcance máximo (sem reabastecer)	4000 milhas
Lotação	
Guarnição	34
Equipa técnica	15

Tabela 1 – Principais características dos navios da classe D. Carlos I.

### 3. Instalação do sistema sondador multifeixe

O SMF é um tipo de sondador acústico que efectua a medição de profundidades ao longo de faixas. A largura da faixa depende da abertura angular do feixe transmitido. A faixa útil, regra geral,

está limitada a uma abertura de 120° centrada no transdutor, o que corresponde a uma largura de três vezes a profundidade.

O registo da profundidade destes sondadores é unicamente digital, sendo de elevada qualidade, elevada taxa de aquisição e capacidade para

cobertura total do fundo, o que permite determinar a morfologia do fundo do mar com elevada resolução. Concomitantemente à informação de batimetria é possível efectuar a aquisição de dados de reflectividade, os quais permitem gerar uma imagem acústica do fundo. A informação mais relevante desta imagem é a possibilidade de identificação de diferentes tipos de sedimentos e estruturas.

O SMF inclui obrigatoriamente um sensor de movimentos de elevada exactidão para compensação dos movimentos devido à ondulação e para determinação da proa e da posição. Normalmente, o sensor de movimentos baseia-se num sistema integrado GPS/inercial. Torna-se assim necessário

orientar e coordenar os transdutores, as antenas GPS e o sensor inercial.

Os trabalhos de instalação dos SMF's decorreram entre 28 de Outubro e 10 de Novembro de 2006, na doca seca do Arsenal do Alfeite. Os transdutores foram instalados numa estrutura tipo gôndola semelhante à que já se encontrava colocada no NRP D. Carlos I. As antenas GPS foram instaladas no topo do mastro principal e alinhadas com o eixo longitudinal do navio. O sensor inercial foi instalado numa posição próxima do centro de gravidade do navio, num corredor interior junto à câmara de oficiais.

	SIMRAD EM120	SIMRAD EM710
Frequência	12 kHz	70 a 100 kHz
Largura do feixe (long/transv)	2.º/2.º	1.º/ 2.º
Cobertura angular	150º	140º
Número de feixes	191	128
Alcance (min/max)	100/8000 m	3/1000 m

Tabela 2 – Principais características dos SMF do NRP Alm. Gago Coutinho (dados do fabricante).

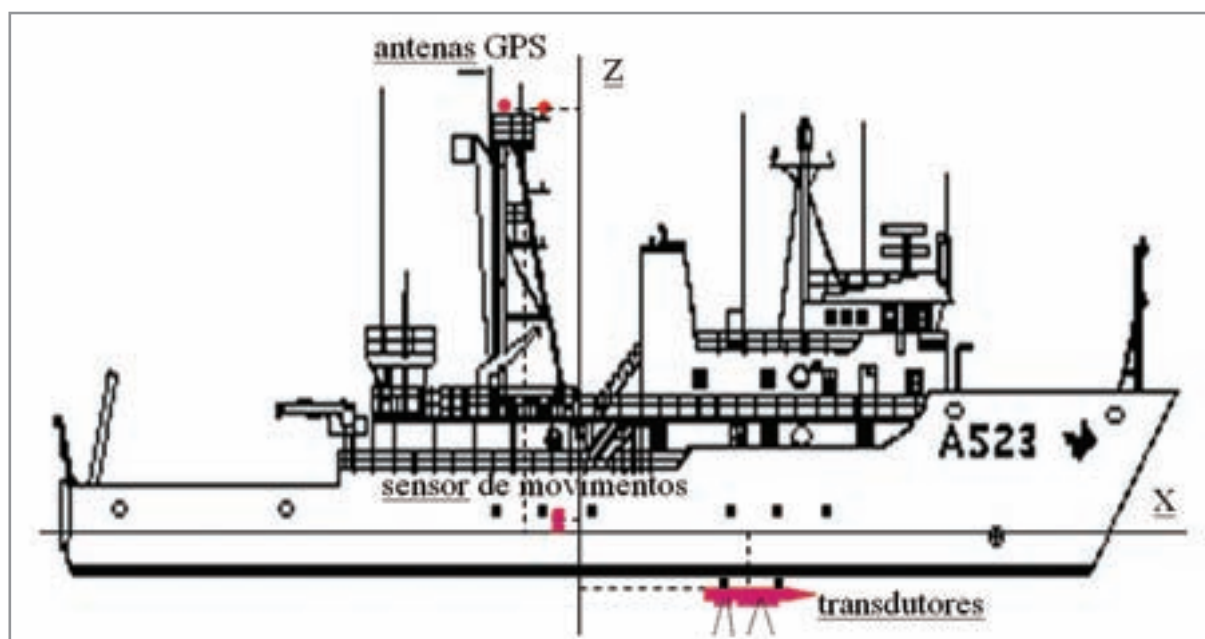


Figura 2 – Esquema de instalação do sistema dos sensores do SMF no navio.



Figura 3 – Gôndola para instalação dos transdutores dos SMFs. Imagem obtida com o navio na doca seca do Arsenal do Alfeite em Dezembro de 2006.

#### 4. Execução das observações

O trabalho de coordenação dos sensores decorreu após a instalação dos SMF, tendo por objectivo determinar:

- A posição vertical e horizontal do centro dos transdutores.

- A orientação angular dos transdutores.
- A posição vertical e horizontal do sensor de movimentos.
- A orientação angular do sensor de movimentos.
- A posição vertical e horizontal das antenas GPS.
- A orientação das antenas GPS.

	Posição horizontal	Posição vertical	Orientação
Transdutores	10 cm	5 cm	0.05°
Sensor de movimentos	10 cm	5 cm	0.1°
Antenas GPS	10 cm	5 cm	0.1°

Tabela 3 – Requisitos de exactidão para a instalação do SMF [SIMRAD, 2004].



O apoio geodésico para os trabalhos de coordenação dos transdutores, do sensor de movimentos e das antenas GPS baseou-se numa rede local já existente em redor e no fundo da doca seca do Arsenal do Alfeite. Esta rede de pontos foi construída e coordenada em 2003 para apoio à instalação e coordenação dos sensores do SMF do NRP D. Carlos I [NRP D. Carlos I, 2003] e encontra-se referenciada ao *datum* Lisboa – sistema de coordenadas militares e ao Zero Hidrográfico (ZH).

Foram efectuadas observações de ângulos horizontais, ângulos verticais e distâncias, a partir dos pontos da rede local, utilizando uma estação total Leica TC1800 com prisma reflector de 360° Leica GRZ4. As distâncias foram reduzidas ao plano horizontal pelo próprio equipamento, o qual foi calibrado com valores de pressão e temperatura medidos no local.

Para a determinação da orientação do navio foram coordenados dois pontos na linha de mediania, um à proa e outro à popa, a partir de observações de azimute e distância efectuadas dos pontos de apoio da rede local. Do mesmo modo, também foram coordenados dois pontos auxiliares a BB e a EB, no pavimento 01, por baixo da ponte e em posições simétricas.

O alinhamento proa-popa dos transdutores foi determinado a partir da posição horizontal dos vértices da sua superfície (de forma rectangular), tendo sido calculado um valor médio. As inclinações BB-EB e proa-popa dos transdutores foram determinadas por nivelamento geométrico efectuado com o nível WILD NA 3003, medindo os desníveis em cada uma das extremidades. Os valores finais foram calculados pela média dos desníveis observados em cada um dos lados dos transdutores.

As inclinações BB-EB e proa-popa do sensor de movimentos foram determinadas a partir de observações angulares utilizando um nível de artilharia, colocado sobre a face superior do sensor de movimentos.

As altitudes (referidas ao ZH) de todos os pontos a coordenar foram determinadas por nivelamento trigonométrico. Os valores finais foram calculados por média dos valores obtidos a partir de observações efectuadas de diversos pontos de apoio.

## 5. Determinação das coordenadas

As coordenadas horizontais foram determinadas por cálculo de ajustamento de observações por mínimos quadrados, uma vez que foram efectuadas três visadas directas e medidas três distâncias para cada ponto a coordenar. Os pontos coordenados foram os seguintes (ver figura 4):

- SMF EM120:
  - Transdutor de transmissão, EM120 TX.
  - Transdutor de recepção, EM120 RX.
- SMF EM710:
  - Transdutor de transmissão, EM710 TX.
  - Transdutor de recepção, EM710 RX.
- Antenas GPS dos SMF's:
  - Antena GPS a vante, GPS AV.
  - Antena GPS a ré, GPS AR.
- Pontos de apoio:
  - Para determinação da proa do navio, PROA e POPA.
  - Para início da poligonal de coordenação do sensor inercial, REF.



Figura 4 – Nível de artilharia utilizado para determinar a inclinação do sensor de movimentos.

- ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) de 75 kHz:
  - Ponto central do transdutor, ADCP.
  - Para determinação do alinhamento do transdutor, ADCP AV e ADCP AR.
- Sonda de feixe simples:
  - Transdutor de 38 kHz, FS 38KHZ.
  - Transdutor de 120 kHz, FS 120KHZ.
- Sistemas do serviço de navegação:
  - Transdutor da sonda de navegação, SONDA NAV.
  - Antena radar de EB, RADAR EB.
  - Antena radar de BB, RADAR BB.

Para o cálculo das coordenadas horizontais foi utilizado o programa COORD, do Instituto Hidrográfico. A coordenada vertical de cada ponto foi determinada pela média de três nivelamentos trigonométricos a partir de observações de azimute e distância de três pontos diferentes.

De mencionar que também se utilizou o *Trimble Geomatics Office* (TGO) versão 1.62 para efectuar o cálculo das coordenadas militares, porém os resultados obtidos revelaram alguma inconsistência. Este problema está a ser analisado, com o objectivo de, no futuro, permitir que o TGO seja utilizado para o processamento de observações efectuadas a partir de estações totais, com vantagens relativamente ao programa do IH, COORD, ao nível da introdução de dados e apresentação de resultados.

O TGO permite importar directamente as observações a partir de um ficheiro criado pela própria estação total. Porém torna-se necessário efectuar algumas melhorias ao nível da compatibilidade dos ficheiros. Neste trabalho concluiu-se que para os dados serem transportados directamente para

TGO, devem ser adquiridos através da estação total Leica TC1800 e não da TC305C.

## 6. Transformação de coordenadas

Finalmente, após determinação das coordenadas militares de todos os sensores, foi efectuada a transformação para coordenadas do referencial “navio”, assim definido:

- Origem no Centro de Gravidade (de projecto) do navio.
- Eixo dos  $xx'$  positivo na direcção da proa.
- Eixo  $yy'$  positivo para Estibordo (EB).
- Eixo dos  $zz'$  positivo para baixo.

Os cálculos de transformação foram realizados com o programa TGO pela ordem seguinte:

- Translação da origem do sistema de coordenadas militares para o sensor de movimentos.
- Rotação em valor igual à proa do navio.
- Translação da origem no sensor de movimentos para o Ponto de referência do navio (próximo do centro de gravidade),
- Troca do eixo  $xx'$  com o  $yy'$  e multiplicação de Z por  $-1$ .

## 7. Considerações finais

Os resultados finais da posição e alinhamento de cada sensor (em anexo) indicam uma exactidão que cumpre os requisitos de instalação. O desempenho dos SMFs será avaliado durante os ensaios de calibração no mar. O resultado destes ensaios irá permitir validar de forma definitiva os valores de coordenação e alinhamento dos sensores introduzidos durante a instalação.

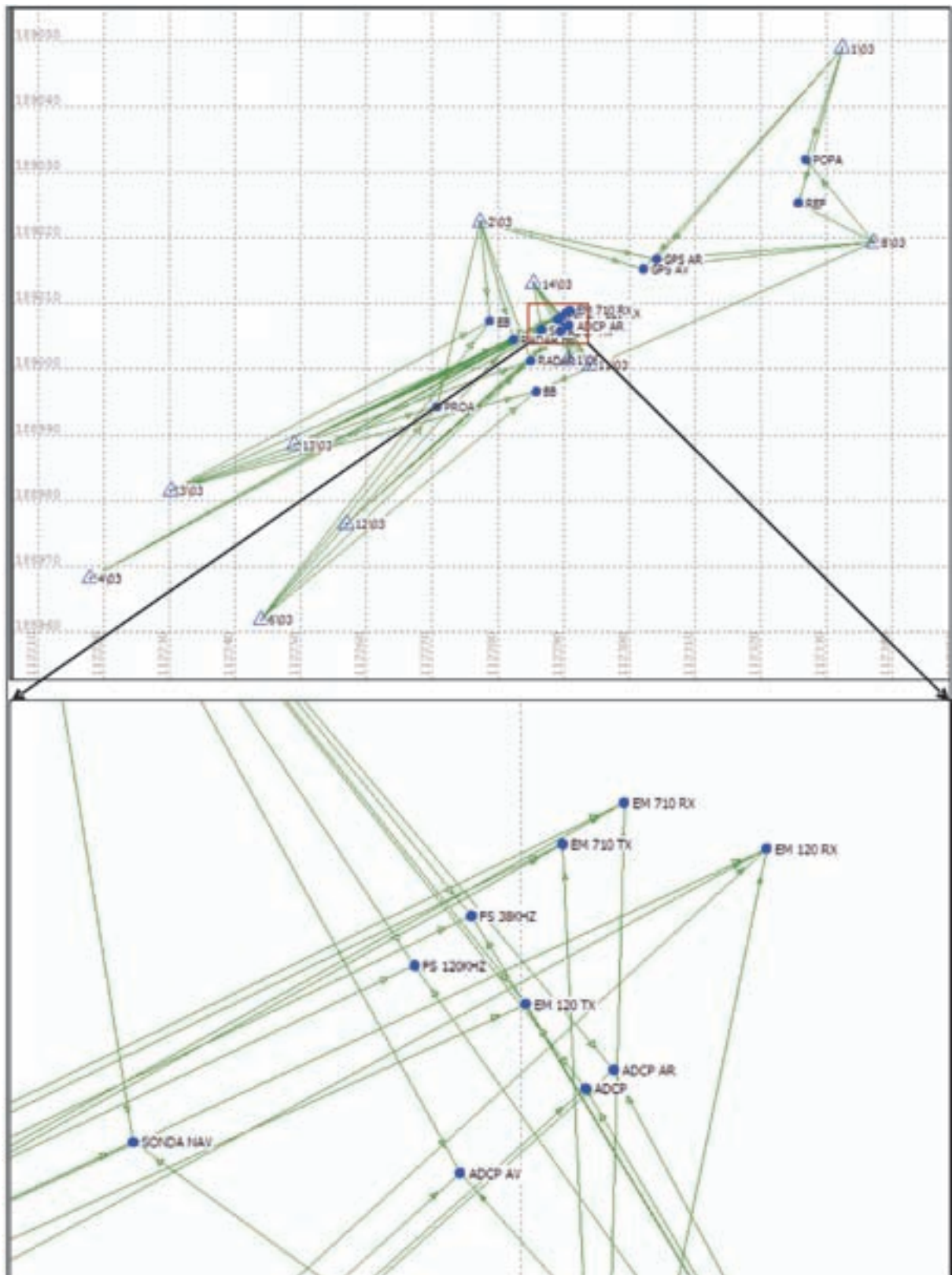
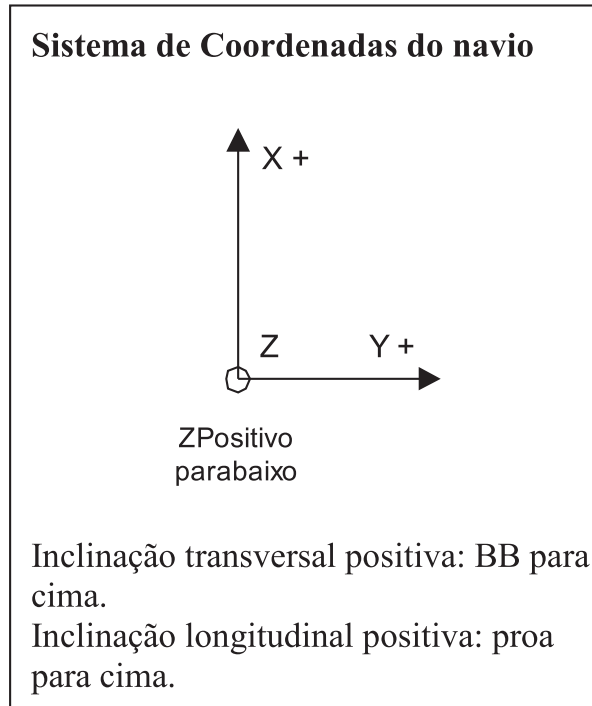


Figura 5 – Representação das observações efectuadas, com ampliação para a zona da gôndola.

Anexo – Relação de coordenadas e orientação dos sensores



Ponto de referência do navio (próximo do centro de gravidade)

X = 0,000 m  
 Y = 0,000 m  
 Z = 0,000 m

**REF**

X = -27,895 m  
 Y = -4,860 m  
 Z = -1,264 m

**MRU**

X = 0,000 m  
 Y = -0,145 m  
 Z = -0,750 m  
 Inclinação transversal = 0°  
 Inclinação longitudinal = -0,033.°  
 Alinhamento = 0,447.°

**GPS AV**

X = -2,732 m  
 Y = -0,061 m  
 Z = -19,334 m

**GPS AR**

X = -5,232 m  
 Y = 0,036 m  
 Z = -19,218 m

**TRANSDUTOR 120kHz**

X = 12,417 m  
 Y = 0,810 m  
 Z = 6,831 m

**TRANSDUTOR 38kHz**

X = 11,742 m  
 Y = 0,900 m  
 Z = 6,855 m

**EM 710 TX**

X = 10,746 m  
 Y = 1,002 m  
 Z = 6,912 m  
 Inclinação transversal = 0,0045°  
 Inclinação longitudinal = 2,100°  
 Alinhamento = 0,227°

**EM 710 RX**

X = 10,089 m  
 Y = 0,995 m  
 Z = 6,928 m  
 Inclinação transversal = -0,029°  
 Inclinação longitudinal = 1,839°  
 Alinhamento = 0,385°

**EM 120 TX**

X = 11,787 m  
 Y = -0,010 m  
 Z = 6,867 m  
 Inclinação transversal = -0,005°  
 Inclinação longitudinal = 2,034°  
 Alinhamento = 0,167°

**EM 120 RX**

X = 9,274 m  
 Y = 0,002 m  
 Z = 6,972 m  
 Inclinação transversal = -0,015°  
 Inclinação longitudinal = 2,733°  
 Alinhamento = 0,063°

## Referências

NRP D. Carlos I (2003) – *Estabelecimento de uma rede geodésica na doca seca do Arsenal do Alfeite*. Relatório Final de Trabalho NH 01/03, Fevereiro 2003.

Kongsberg Maritime AS (2004) – *EM 120 Multibeam Echosounder Installation Manual*. complete version. Rev A.

## Contactos electrónicos

**António Peirigo** – marques.peirico@marinha.pt

**António Brigas** – lavajo.brigas@hidrografico.pt

**João Marreiros** – ramalho.marreiros@hidrografico.pt



# Additional Military Layers

## Perspectivas de operacionalidade na Marinha

António Pinheiro, Primeiro-tenente

**Resumo** A Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), tendo sempre em mente o aumento da segurança da navegação e com o objectivo de tornar as acções de manutenção de paz mais eficazes e a consequente intervenção em conflitos armados mais objectiva, tem vindo a desenvolver e a submeter à aprovação dos seus Estados-membro uma série de normas e especificações para produção de *Additional Military Layers* (AML). Ao mesmo tempo que se melhora o desempenho dos AML, é também necessário desenvolver, sistemas de exploração, conhecidos por *Warship Electronic Chart Display and Information System* (WECDIS), e sistemas de comando e controle, que vão de encontro às necessidades dos diferentes grupos de utilizadores, de forma a disponibilizar a informação aos comandantes militares o mais rapidamente possível.

Na Marinha Portuguesa, aproveitando o salto tecnológico que foi dado num passado recente, ao equipar a maioria das suas Unidades Navais com WECDIS, importa agora definir que tipos de produtos AML são necessários, em função das várias operações em que a Marinha prevê poder vir a estar envolvida, pois não descurando este objectivo, o Instituto Hidrográfico continua a apostar na optimização dos produtos digitais baseados em Sistemas de Informação Geográfica e nas ferramentas necessárias para os produzir.

**Palavras-Chave:** Additional Military Layers, Produção, Utilização

**Abstract** *The North Atlantic Treaty Organization (NATO), always bearing in mind the safety of navigation, with the purposes of turning peace maintenance operations more effective as well as the involvement in conflict operations more objective, it has been coming to develop and to submit for approval by their Member States a set of standards and specifications for Additional Military Layers (AML) production. At the same time that the performance of AML is improving, it is also necessary to develop visualization systems, known by Warship Electronic Chart Display and Information System (WECDIS), and C2 systems (Command and Control) that meet the requirements of the different users groups, in a way to make quickly available the information to the military commanders. In the Portuguese Navy, taking advantage of the technological hop that it was given in a recent past, when all their Naval Units were fitted with WECDIS, it is important to define now what types of AML are necessary for the several operations that the Navy is becoming involved. In this area, the Portuguese Hydrographic Office continues to bet in the optimization of digital products based in Geographic Information Systems and in the development of the necessary tools for producing AML.*

**Keywords:** Additional Military Layers

## 1. Introdução

Os *Additional Military Layers* (AML) foram adotados pela Organização do Atlântico Norte (OTAN) em 1995 tendo como objectivo principal o fornecimento, aos diversos utilizadores navais, de informação hidrográfica seleccionada, de uma forma consistente e lógica, evitando a sua duplicação. A informação hidrográfica para navegação tem sido fornecida, através das cartas de papel e, mais recentemente, em formato digital (*raster* ou *vectorial*). A informação hidrográfica produzida especialmente para utilização militar, tem sido fornecida sob a forma de inúmeras cartas especiais ou em formato de papel vegetal contendo informação táctica diversa para sobrepor às cartas náuticas, o que acaba por conduzir à existência de inúmeros produtos para serem usados por diferentes níveis de utilizadores. Mais recentemente, os produtos digitais têm vindo a substituir estes produtos analógicos equivalentes, mas de uma forma não sistemática e sempre dependente do sistema que os vai ler. Este tipo de abordagem deve ser evitada, pois se no caso dos produtos analógicos existe uma proliferação de produtos em função do tipo de utilizadores e de operações, ao criarmos produtos digitais partindo do mesmo princípio, a proliferação vai continuar a aumentar, pois para além dos recursos adicionais para a produzir, pode ainda conduzir a situações de inconsistência de informação em diferentes fontes. Como é do conhecimento geral, estas inconsistências, do ponto de vista das operações militares, podem originar decisões erradas que por seu turno podem ter consequências desastrosas para as forças no campo de batalha. Para além de todos os factos atrás descritos, a proliferação de informação contraria a definição da OTAN sobre os AML:

*AML is a unified range of digital geospatial data products designed to satisfy the totality of NATO non-navigational maritime defense requirements.*

O termo *totality* nesta definição, significa dados hidrográficos para além dos necessários para a condução da navegação em segurança, bem como dados oceanográficos, geofísicos, meteorológicos e não só.

## 2. Concepção

Os AML encontram-se descritos e documentados em normas aceites e publicadas internacionalmente e que passaremos a descrever adiante. Até há presente data, a publicação da Organização Hidrográfica Internacional (OHI), conhecida como *S57* e cujo nome descritivo é *Transfer Standard for Digital Hydrographic Data*, tem sido utilizada exclusivamente para a produção de cartas electrónicas de navegação, em formato *vectorial*. Paralelamente e a nível da OTAN, tem sido desenvolvido algum trabalho na implementação das normas *DIGEST*<sup>1</sup>, que pode ser considerada uma norma gémea do *S57*, nomeadamente no campo do *VPF*<sup>2</sup> (*Vector Product Format*). Os navios de guerra e os navios comerciais têm necessidades diferentes, pelo que enquanto a navegação comercial necessita de dados oficiais, os navios militares necessitam de um vasto conjunto de dados considerados “os melhores dados disponíveis”. Desta forma, a norma *S57* foi desenvolvida tendo em vista os requisitos de informação geográfica da navegação em geral, enquanto a norma *DIGEST* foi desenvolvida tendo como objectivo a utilização de informação geográfica aplicada às operações militares, e por isso,

<sup>1</sup> O *DIGEST* é uma publicação da OTAN cujo nome descritivo é *Digital Geographic Information Exchange Standards*. É um conjunto de normas desenvolvidas pelo NATO *Digital Geographic Information Working Group* (DGIWG) concebidos para auxiliar a troca de dados geográficos em formato digital entre as várias entidades produtoras. Os campos de aplicação destas normas são dados de geodesia, geográficos, geológicos e geofísicos com interesse do ponto de vista militar, assim como posicionamento, navegação, simulação, reconhecimento de alvos, sistemas automáticos de produção de cartas e mapas, visualização de dados e outras aplicações.

<sup>2</sup> O *Vector Product Format* é uma estrutura de dados relacionais concebida para o fornecimento de produtos *vectoriais* que podem ser trabalhados por Sistemas de Informação Geográfica.

<sup>3</sup> O *GRIB* é um formato matemático para armazenamento e transporte de dados que exigem uma quadrícula, desenvolvido e utilizado muito frequentemente pela Organização Meteorológica Internacional para arquivo e troca de dados de previsões meteorológicas.

<sup>4</sup> O *NetCDF* é um formato binário de dados que permite o transporte fácil de dados entre os diversos utilizadores da comunidade científica.

<sup>5</sup> O *GML* é considerado a gramática do XML e foi definido pelo *Open Geospatial Consortium*. Este formato é utilizado para modulação nos sistemas geográficos, assim como é considerado um sistema aberto de troca de informação geográfica através da Internet.

possuem diferenças quanto aos seus conteúdos a nível conceptual.

Os formatos mais utilizados para transferência de dados entre entidades são neste momento o GRIB<sup>3</sup> (*GRIdded Binary*) e NetCDF<sup>4</sup> (*Network Common Data Format*) e no futuro o GML<sup>5</sup> (*Geographic Mark-up Language*).

As especificações de produtos para os AML têm sido produzidas de forma a separar os seus conteúdos das aplicações que os vão ler. A parte principal das especificações contém o modelo de dados, definindo desta forma o conteúdo do produto, mas a forma como este modelo de dados irá ser implementado está contido num anexo em separado. Existem assim múltiplos tipos de aplicações para uma especificação de um produto. Como resultado desta multiplicidade, o produto resultante que é colocado à disposição do utilizador é coerente, independentemente da aplicação exploratória. Este tipo de abordagem permite, que diferentes organismos a produzirem AML, dêem origem a produtos compatíveis que poderão ser utilizados pelo mesmo sistema, fornecendo aos diferentes utilizadores o mesmo grau de confiança, a mesma garantia e o mesmo tipo de informação. Um dos princípios básicos dos AML, é que cada um dos objectos seja produzido apenas uma vez, evitando desta forma duplicação de informação.

Os AML, como indica a definição, são um conjunto de dados onde não se encontra incluído o sistema de exploração. As funcionalidades a que devem obedecer os sistemas para explorar os AML, terão que, obrigatoriamente, ser definidos pela comunidade de utilizadores, pois estes conhecem bem o que querem filtrar, visualizar e trabalhar em relação aos dados disponibilizados. No entanto, é necessário que estas necessidades sejam mais específicas em termos de definições, para que possam ser fornecidas aos fabricantes de equipamentos, e estes possam melhorar os actuais sistemas de exploração.

As especificações de produtos AML também não definem a sua simbologia. Esta área é uma área complexa, uma vez que diferentes utilizadores, com uma doutrina táctica e de combate, ou uma vivência militar diferente, por vezes, pretendem que a mesma informação seja representada de forma diferente para satisfação dos mesmos objectivos. Estas necessidades não se prendem somente com mapas ou cartas, pois os dados podem ser visualizados de

uma forma tabular ou de uma forma descritiva. No entanto, como os AML estão profundamente enraizados na informação vectorial, eles podem ser interrogados ou geridos conjuntamente com dados provenientes de outros sistemas. Por exemplo, dados AML podem ser integrados com contactos RADAR ou sonar.

Os AML têm sido vistos somente como camadas de informação para sobrepor à carta náutica, no entanto, convém não esquecer que embora eles tenham sido idealizados como informação que não se destina à condução da navegação, como por exemplo apoio à guerra de minas ou operações anfíbias, eles podem ser utilizados isoladamente e não necessariamente como camada de sobreposição sobre uma carta náutica. Como é natural, existem outros tipos de AML que só poderão ser utilizados desta forma.

Os AML, a exemplo das Cartas Electrónicas de Navegação (CEN), foram idealizados para poderem ser corrigidos através de um serviço de *updates*. Mas, uma vez que os AML poderão vir a ser utilizados em *situational awareness* e não devem ser utilizados para condução da navegação, não existe necessidade de haver um serviço regular e frequente de *updates*. A produção destes updates, tendo em conta que o nível de alterações não são significativas, não obriga à produção de uma nova edição de uma célula, como acontece por vezes com as cartas electrónicas, e esta é a grande vantagem deste método, pois os ficheiros que contêm um *update* são pequenos e podem ser promulgados via Internet, mesmo quando a largura de banda é pequena.

### 3. Os produtos AML

Os dados em formato vectorial possuem “inteligência” e flexibilidade, ao contrário dos dados em formato *raster*, daí que os AML só possam ser vectoriais. Tal como descrito em termos de norma S57, os objectos podem ser representados como pontos, linhas ou polígonos. Cada objecto encontra-se descrito em termos de classe, indicando o tipo de objecto, em termos de atributos, que descrevem as suas propriedades e em termos de posição geográfica que descreve a sua localização. Estas características, permitem que os utilizadores, em função dos programas utilizados para visualização, possam gerir a informação de diversas formas, por exemplo,

através da selecção e visualização de determinadas classes de objectos existentes no produto, e para além disso, possam ainda seleccionar determinados objectos baseados somente na informação dos atributos. Estas funcionalidades são uma importante ferramenta para reduzir a elevada concentração de objectos no monitor do sistema de visualização, permitindo ao utilizador concentrar-se somente nos objectos importantes para a tarefa que tem em mãos ou no tipo de operação em que está envolvido. Torna-se necessário impor limitações aos sistemas, nos níveis de informação que podem ou não mostrar, pois caso contrário, é como se utilizadores provenientes de diferentes doutrinas pretendessem visualizar o mesmo objecto de diferentes formas e cada um à sua maneira. Os dados podem ser visualizados de forma tabular, como por exemplo, uma lista de navios naufragados numa determinada área, mas podem não ser todos visualizados ao mesmo tempo. Em simultâneo podem alimentar um sistema diferente daquele que está a ser utilizado para visualização, tais como centros de apoio à decisão a nível táctico e, ainda neste caso, podem ser utilizados em conjunto com outra informação.

Até agora, encontram-se aprovados e prontos a serem utilizados, sete tipos de produtos específicos AML distribuídos da seguinte forma:

- CLB – *Contour Line Bathymetry*
- ESB – *Environment Seabed and Beach*
- LBO – *Large Bottom Objects*
- MFF – *Marine Foundation and Facilities*
- RAL – *Routes, Areas and Limits*
- SBO – *Small Bottom Objects*
- IWC – *Integrated Water Column* (fase 1)

Encontram-se em fase final de preparação e quase prontos para avaliação e aprovação mais

três tipos de AML, respectivamente:

- IWC – *Integrated Water Column* (fase 2)
- AMC – *Atmospheric and Meteorological Climatology*
- NMB – *Network Model Bathymetry*

Os objectos e atributos utilizados pelos AML permitem ligações a ficheiros de texto ou de imagens, com um leque mais alargado de formatos do que o estipulado em termos de norma S57 (ASCII, TIFF, PDF, HTML, JPEG, AVI e MPEG), o que aumenta a qualidade da informação que está a ser visualizada.

#### 4. Escalas

Alguns AML podem ser considerados como não tendo escala, tais como *Large Bottom Objects*, *Routes*, *Areas and Limits* e *Small Bottom Objects*, pois estes tipos de AML só contêm objectos do tipo ponto ou figuras geométricas regulares, definidos por coordenadas geográficas precisas. Existem outros AML, tais como *Contour Line Bathymetry*, *Environment*, *Seabed and Beach* e *Maritime Foundation Facilities* que contêm objectos como isobatimétricas ou linha de costa, que sofrem maior ou menor generalização em função da escala de compilação. No entanto, todos estes produtos necessitam ser preparados para poderem ser utilizados em diversas bandas de utilização em função dos diferentes objectivos operacionais. Por exemplo, AML do tipo CLB podem ser produzidos em nove bandas de utilização, de acordo com operações de planeamento táctico e estratégico, operações oceânicas ou operações tácticas mais detalhadas, tais como minas e contra medidas ou operações anfíbias.

As actuais bandas de utilização definidas nos AML, foram definidas com a intenção de os dados

Bandas de Utilização	Escalas de compilação
1	< 100 000 000
2	25 000 000
3	5 000 000
4	1 000 000
5	250 000
6	50 000
7	10 000
8	2 500
9	> 1 600

Tabela I – Escalas de compilação em função das bandas de utilização dos AML

poderem ser visualizados em escalas que vão de 40% até 250% da sua escala original. Assim, para os produtos escaláveis, encontram-se definidas as escalas de compilação descritas na Tabela I.

Os dados, em função da banda de utilização, podem ser explorados em sistemas de informação nas escalas de visualização máxima e mínima definidas na tabela II seguinte:

Bandas de Utilização	Alcances das escalas de visualização
1	< 40 000 000
2	10 000 000 a 62 500 000
3	2 000 000 a 12 500 000
4	400 000 a 2 500 000
5	100 000 a 625 000
6	20 000 a 125 000
7	4 000 a 25 000
8	1 000 a 6 250
9	> 1 500

Tabela II – Alcances das escalas de visualização em função das bandas de utilização

Como já referido, encontram-se aprovados sete tipos de AML, encontrando-se mais três em fase de aprovação. Se em todos eles estiverem definidos nove bandas de utilização, e por cada uma delas houver necessidade de produzir pelo menos um produto, então terão que ser produzidos cerca de 90 ficheiros. Será que são necessários produtos em todas as bandas de utilização? Em termos práticos, afigura-se que será necessário somente criar produtos de duas ou três bandas de utilização por tipo de AML, o que poderá reduzir significativamente este número para cerca de 30 produtos.

No caso de produtos em que seja necessário definir uma quadrícula, poderá haver variação no intervalo da malha em que os dados irão ser apresentados, dependendo do objectivo do produto ou do fim a que se destina ou ainda da densidade da fonte de informação. Alguns AML deste tipo incluem dados que variam em função da altura do ano, pelo que as especificações destes produtos especificam que os dados devem ser apresentados com números de intervalos temporais ao longo do ano (trimestrais, quadrimestrais, semestrais, etc.).

## 5. Descrição dos tipos de AML

### a. Contour Line Bathymetry (CLB)

Este produto não deve ser utilizado de uma forma isolada para condução da navegação. Possui informação sobre isobatimetria, sondas e áreas de profundidade. O objectivo deste tipo de AML é o fornecimento de informação adicional para apoio a planeamento táctico, operações oceânicas, guerra de minas e contra medidas e operações anfíbias. Como já anteriormente referido, é um produto vectorial que trabalha com escalas de compilação, de acordo com as escalas referidas na tabela I.

### b. Environment Seabed and Beach (ESB)

Os produtos do tipo ESB, foram idealizados para fornecer informação adicional para apoio a operações anfíbias e de minas e contra medidas. Devem conter informação relativa às seguintes características morfológicas do fundo:



- Composição e espessura das camadas múltiplas de sedimentos, leito de rocha incluído;
  - Propriedades físicas e acústicas das camadas sedimentares;
  - Talude;
  - Áreas de minas e contra medidas;
  - Ondulação do fundo (arenoso);
  - Vegetação;
  - Zona de praia – representada como uma carta de grande escala ou como camada de sobreposição sobre a carta náutica;
  - Informação do fundo do mar de baixa resolução para apoio a operações de guerra anti-submarina.
- É um produto vectorial que trabalha com escalas de compilação, de acordo com as escalas referidas na tabela I.

#### c. Large Bottom Objects (LBO)

Este tipo de produto permite fornecer informação adicional sobre todas as obstruções conhecidas, cujas dimensões, comprimento, largura ou altura, sejam superiores a 5 metros, tais como:

- Navios naufragados;
- Rochas;
- Obstruções;
- Instalações submarinas.

Ao contrário dos produtos descritos até aqui, os AML do tipo LBO não deverão ter escala de compilação, pois a geometria dos objectos que constituem estes AML são do tipo ponto.

Este tipo de informação, deverá ser do conhecimento geral para a navegação de superfície, no entanto os LBO deverão conter mais informação para além daquela representada nas cartas náuticas. Este tipo de produtos deverá ser utilizado em operações submarinas e anti-submarinas, operações anfíbias e guerra de minas.

#### d. Maritime Foundation and Facilities (MFF)

Os AML do tipo MFF permitem fornecer informação adicional sobre linha de costa, limites terrestres e marítimos, ajudas à navegação mais importantes e informação táctica de natureza diversa, sempre

que os utilizadores não tenham disponível informação cartográfica de fundo, dos seguintes tipos:

- Linha de costa;
- Fronteiras de países e limites das principais cidades;
- Portos e cidades;
- Principais luzes de assinalamento marítimo;
- Informação magnética;
- Informação sobre marés;
- Entidades reflectoras RADAR;
- Facilidades de comunicações e cobertura;
- Informação sobre condutas e cabos submarinos;
- Actividades pesqueiras;
- Petróleo, gás ou produção mineral;
- Limites de zonas com gelo;
- Informação SAR;
- Informação submarina diversa que se estenda por uma área significativa.

Também é um produto vectorial que trabalha com escalas de compilação, de acordo com as escalas referidas na tabela I.

#### e. Routes, Areas and Limits (RAL)

Os AML deste tipo são constituídos por figuras abstractas que podem ser definidas por pontos, linhas e áreas. Este tipo de produtos trabalha sem escala de compilação.

Os RAL podem ser utilizados com objectivos de planeamento ou operacionais, dos quais se incluem os seguintes:

- Gestão de áreas marítimas;
- Áreas de exercícios militares – áreas perigosas (navegação submarina e de superfície), área de treino e avaliação e de exercício – PEXA (navegação submarina e de superfície), áreas de fundos limpos, manobras evolutivas;
- Áreas de patrulhamento;
- Q-routes;
- Áreas restritas;
- Corredores de navegação submarina;
- Áreas rocegadas;
- Áreas de mar territorial – Zona Económica Exclusiva, zonas de pesca, zona contígua, áreas de plataformas, linhas de base rectas, áreas de mar territorial;

<sup>6</sup> Apesar dos AML do tipo RAL poderem conter informação aeronáutica, está previsto que esta informação seja distribuída separadamente como *Aeronautical Foundation Data* (AFD), em vez de AML. O seu formato será DAFIF (*Digital Aeronautical Flight Information File*). Nesse sentido, de acordo com o definido para os produtos AFD, as componentes aeronáuticas do RAL serão removidas das suas especificações, com excepção das que possam ter interesse para a navegação.

– Informação aeronáutica seleccionada com informação necessária ao operador marítimo – aeródromos, aeroportos, espaço aéreo (controlado, militar ou regulamentado)<sup>6</sup> ;

– Pontos de espera, de relato ou de chamada rádio.

**f. Small Bottom Objects (SBO)**

Os AML do tipo SBO permitem fornecer informação adicional sobre todas as obstruções conhecidas, cujas dimensões, comprimento, largura ou altura sejam inferiores a 5 metros, com possível utilização em guerra de minas e contra medidas e operações anfíbias. Tal como os LBO, estes produtos não deverão ter escala de compilação.

**g. Integrated Water Column (IWC)**

As especificações de produto para este tipo de AML, foram definidas em duas fases, tendo como objectivo o fornecimento de dados climatológicos que permitam descrever as condições existentes na coluna de água. Estas especificações incluem um

Bandas de Utilização	Resolução espacial
1	20.º ou maior
2	5.º
3	1.º
4	30'
5	6'
6	1'
7	30''
8	6''
9	1' ou menor

A fase 2 das especificações deste produto ainda está em discussão, no entanto prevê-se que possa vir a incluir:

– Propriedades da superfície da água do mar em termos de rebentação, ondulação, estado do mar e gelo;

– Características dos oceanos em termos de frentes, redemoinhos, e ondas;

– Ruído ambiente;

– Propriedades ópticas;

anexo, para implementação através do formato NetCDF. As especificações deste produto foram geradas de forma a permitir codificar os seguintes elementos:

- Propriedades físicas da coluna de água do mar em vários níveis de profundidade, desde a superfície até ao fundo, em um ou mais pontos ao longo de uma quadrícula. Nesta fase 1, as profundidades estão marcadas em termos de valores fixos. A possibilidade de as profundidades poderem vir a ser marcadas nos pontos de inflexão das propriedades medidas, poderá vir a ser possível na fase 2;

– Correntes oceânicas de superfície e de fundo a vários níveis de profundidade e em um ou mais pontos distribuídos ao longo de uma quadrícula;

– Distribuição de mamíferos marinhos e sua actividade em um ou mais pontos distribuídos ao longo de uma quadrícula;

A altura das ondas não foi incluída na fase 1 deste produto. Os dados podem ser disponibilizados numa série de resoluções espaciais e temporais de acordo com as seguintes tabelas:

Bandas de Utilização	Período
A	Anual
B	Trimestral
C	Mensal
D	Quinzenal
E	Semanal
F	Diário

– Biologia marinha.

Os AML IWC podem ser utilizados no planeamento e na execução de operações de carácter militar ou civil.

**h. Atmospheric and Meteorological Climatology (AMC)**

Os AMC permitem fornecer informação adicional sobre condições climatéricas e meteorológicas de

forma a auxiliar os planeamentos operacionais. Permitem incluir informação histórica do seguinte tipo:

- Vento – velocidade, direcção e frequência;
- Temperatura do ar;
- Humidade relativa;
- Ponto de orvalho;
- Pressão atmosférica;
- Nuvens;

– Visibilidade;

– Probabilidade de fenómenos meteorológicos.

A versão 1.0 das especificações do produto AMC permite que os dados possam ser fornecidos em bandas de utilização com correspondência a escalas de compilação e tamanho de quadrícula de acordo com a seguinte tabela:

Bandas de Utilização	Escala de compilação	Tamanho da quadrícula
1	< 100 000 000	20.º ou maior
2	25 000 000	5.º
3	5 000 000	1.º

Os produtos nestas bandas de utilização podem ser visualizados nas seguintes escalas de visualização e tamanho da quadrícula:

Bandas de Utilização	Escala de compilação	Tamanho da quadrícula
1	< 40 000 000	8.º ou maior
2	10 000 000 a 62 500 000	2.º a 12.5.º
3	2 000 000 a 12 500 000	24' a 2.º

Os AML AMC não são do tipo vectorial. Para cada parâmetro ou área, consistem em valores a quatro dimensões, sendo os três primeiros espaciais, x, y (horizontais) e z (vertical) e o quarto é o tempo, medido temporalmente em semanas (1 a 52) ou anos (53).

#### i. Network Model Bathymetry (NMB)

Tem sido do consenso geral, a nível dos Estados-membro da OTAN, a necessidade de uma boa representação do fundo do mar, no entanto, para

satisfação de alguns objectivos, um modelo numérico de batimetria, que permite a representação do fundo marinho a três dimensões, tem mais utilidade do que simples isobatimétricas. Existem tipos de modelos numéricos representados por *Triangular Irregular Network*<sup>7</sup> (TIN), em que as isobatimétricas podem ser geradas automaticamente a partir dos modelos ou por *Bathymetric Attributed Grid*<sup>8</sup> (BAG). As especificações para este tipo de AML serão desenvolvidas em duas fases. A primeira delas, tratará os dados sobre uma malha de coordenadas rectangulares. Esta primeira fase do NMB será baseada no

<sup>7</sup> *Triangular Irregular Network* é um formato de representação de dados que permite uma representação vectorial de uma superfície (terrestre ou do fundo do mar) muito utilizada em SIG, efectuada com base numa distribuição irregular de pontos e linhas, que inclui relações topológicas entre estes pontos e os triângulos adjacentes.

<sup>8</sup> *Bathymetric Attributed Grid* é um formato de representação de dados batimétricos desenvolvido pela *Open Navigation Surface*.

<sup>9</sup> O *DBDBV* é um sistema de gestão de base de dados batimétricos, do qual se pode extrair dados de profundidade com diversas resoluções. Este sistema foi desenvolvido com o objectivo de fornecer dados batimétricos para serem integrados com parâmetros geofísicos e ambientais de forma a facilitar a modelação oceânica.

formato *Digital Bathymetric Database Variable*<sup>9</sup> (DBDBV).

A possibilidade de utilização TIN ou BAG está neste momento a ser analisada e poderá vir a ser integrada na segunda fase, no entanto, e uma vez que a Organização Hidrográfica Internacional (OHI) adoptou o formato BAG como o recomendado para representação de modelos batimétricos da próxima geração de especificações contidas na publicação

S100<sup>10</sup>, este formato começa a ganhar adeptos no seio da OTAN como uma solução potencial para os AML do tipo NMB. Os NMB permitem fornecer informação adicional para execução de planeamento tático, operações oceânicas, guerra de minas e contra medidas e operações anfíbias.

As escalas de compilação dos dados devem obedecer aos valores expressos na tabela abaixo.

Bandas de Utilização	Tamanho da quadrícula
1	2°
2	0,5°
3	5'
4	1'
5	15''
6	3''
7	0,5''
8	0,1''
9	0,05''

Em termos de visualização, os dados podem ser visualizados em sistemas de informação com uma

resolução espacial conforme apresentada na tabela seguinte:

Bandas de Utilização	Resolução espacial
1	48' ou maior
2	12' a 1,25°
3	2' a 12,5'
4	24'' a 2.5'
5	6'' a 37,5''
6	1,2'' a 7,5''
7	0,2'' a 1,25''
8	0,04'' a 0,25''
9	0,02'' a 0,125''

<sup>10</sup> S100 é a designação abreviada da publicação da OHI – *IHO Geospatial Standard for Hydrographic Data*. Esta publicação tem como objectivo principal fornecer orientações e linhas de acção para os clientes, os produtos e a grande diversidade de dados hidrográficos em formato digital.

## 6. Conclusão

Reafirmando mais uma vez, 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”, pois o teatro de operações onde os navios de guerra poderão estar envolvidos nem sempre permitem obedecer ao estipulado na convenção SOLAS da Organização Marítima Internacional e pode haver necessidade de recorrer a dados produzidos por empresas privadas em virtude de não existir informação mais detalhada e actualizada sobre aquele teatro de operações em particular.

Uniformizados os vários tipos de produtos para utilização pelos navios de guerra, seja no apoio às operações navais ou para utilização em combate, desaparece o dilema dos comandantes militares nos diversos teatros de operações e relativamente aos dados, isto é, de uma forma geral os dados não se encontram disponíveis, se estão disponíveis estão num formato incompatível ou necessitam de determinado equipamento específico para serem visualizados, e quando depois destas peripécias todas podem ser utilizados, já se encontram desactualizados. Com esta uniformização de produtos, estes encontram-se disponíveis, podem ser utilizados, pois o seu formato é compatível e não necessita de nenhum equipamento específico para exploração, pois o utilizador militar consegue visualizar e gerir os dados através do seu *Warship Electronic Chart Display and Information System* (WECDIS) e, acima de tudo, nunca estão desactualizados.

O primeiro passo para a plena utilização de AML a bordo das Unidades Navais da Marinha Portuguesa, assim como outros formatos previstos no DIGEST, já foi dado com a instalação a bordo de WECDIS. Embora o STANAG 4564 defina o que deve ser um WECDIS, não existe ainda nenhum equipamento certificado, e muito menos, entidades certificadoras. Como já referido anteriormente,

a discussão em torno das funcionalidades a que devem obedecer os sistemas WECDIS para visualizar AML continua. Estas funcionalidades terão também que ser definidas pela comunidade de utilizadores, pois estes conhecem bem o que querem filtrar, explorar e trabalhar em relação ao universo de dados disponíveis.

Neste momento, importa definir no universo de utilizadores da Marinha Portuguesa, que tipos de AML necessitamos, quais os eventuais teatros de operações em que serão utilizados, que escalas de compilação e de visualização, qual o nível de informação que devem ter, etc. Num teatro de operações, as componentes hidrográficas, topográficas, oceanográficas e geofísicas também são importantes, para além da componente táctica e operacional. As variantes de hidrografia e de topografia podem fazer variar o cenário do teatro de operações e podem alterar num curto espaço de tempo, pelo que é necessário que o sistema utilizado (WECDIS) possua flexibilidade suficiente para rapidamente se adaptar a todas estas alterações e possa dar uma perspectiva aos comandantes militares envolvidos nas operações, sobre qual a situação real. Por exemplo, para o desembarque de uma força de fuzileiros, é importante conhecer com algum rigor alguns parâmetros relativos às condições de ondulação e correntes ao longo de uma praia, para desta forma se poder escolher o melhor local e o melhor dia para efectuar esta operação. No entanto, factores externos podem fazer variar repentinamente estas condições, e desta forma obrigar a novo planeamento da operação. Com um sistema flexível, torna-se simples e rápido repensar toda a operação e desta forma planear o melhor emprego táctico da força de desembarque.

Tal como nos restantes sistemas em desenvolvimento na OTAN (comunicações, informações, bases de dados, etc.) todo o esforço deverá ser canalizado no sentido de reduzir o tempo entre a análise e a distribuição dos produtos pelas forças envolvidas no teatro de operações.



## Referências

- NATO (November 2004) – *Additional Military Layers – Atmospheric and Meteorological Climatology Product Specification* (versão 1.0). Taunton. United Kingdom Hydrographic Office.
- NATO (Julho 2004) – *Additional Military Layers – Routes, Areas and Limits Product Specification* (versão 2.0). Taunton. United Kingdom Hydrographic Office.
- NATO (Julho 2004) – *Additional Military Layers – Contour Line Bathymetry Product Specification* (versão 2.0). Taunton. United Kingdom Hydrographic Office.
- NATO (Julho 2004) – *Additional Military Layers – Small Bottom Objects Product Specification* (versão 2.0). Taunton. United Kingdom Hydrographic Office.
- NATO (Julho 2004) – *Additional Military Layers – Environment Seabed and Beach Product Specification* (versão 2.0). Taunton. United Kingdom Hydrographic Office.
- OHI (1994) – *Hydrographic Dictionary – Part I Volume I* (5.<sup>a</sup> edição). Monaco. International Hydrographic Organization.
- NATO (Novembro 2004) – *Additional Military Layers – Integrated Water Column (Phase 1) Product Specification* (versão 2.0). Taunton. United Kingdom Hydrographic Office.
- United States Department of Defence (January 1994) – *Military Handbook – Glossary of Mapping, Charting and Geodetic Terms* (4.<sup>a</sup> edição). Defence Mapping Agency.
- NATO (Julho 2004) – *Additional Military Layers – Large Bottom Objects Product Specification* (versão 2.0). Taunton. United Kingdom Hydrographic Office.
- NATO (Setembro 2000) – *The Digital Geographic Information Exchange Standard (DIGEST)* (Edição 2.1). Digital Geographic Information Working Group (DGIWG).
- NATO (Julho 2004) – *Additional Military Layers – Marine Foundation and Facilities Product Specification* (versão 2.0). Taunton. United Kingdom Hydrographic Office.

## Contactos electrónicos

António Pinheiro – [martins.pinheiro@hidrografico.pt](mailto:martins.pinheiro@hidrografico.pt)



# Apoio Ambiental ao Exercício Lusíada 2006

## Produtos e inovações

Bessa Pacheco, Capitão-tenente  
Santos Martinho, Capitão-tenente

**Resumo** O apoio ambiental às operações navais é fundamental para o sucesso das mesmas, facultando ao decisor militar informação relevante para a utilização de sensores e armas nos cenários que se apresentam. Aproveitando a cinergia criada no âmbito do desenvolvimento de projectos técnico-científicos, o Instituto Hidrográfico tem prestado este tipo de apoio às unidades navais e estados-maiores, tanto em situação real como de exercícios.

Em Novembro de 2006 realizou-se o exercício conjunto Lusíada 2006, tendo o Instituto produzido e disponibilizado informação de apoio ambiental tanto para a componente marítima como para as componentes aérea e terrestre. Uma das inovações deste apoio foi a produção de *mission impact diagrams* (MID) com variabilidade espacial e integrada. Foi também redesenhada a tradicional estrutura www de suporte a operações e exercícios de modo a acomodar novas temáticas. A produção de informação é baseada em dados obtidos através de modelos de assimilação atmosféricos e oceânicos, forçados com observações reais. Estes dados são posteriormente utilizados para gerar imagens com variação espaço-temporal dos diferentes parâmetros relevantes. São também interpretados de acordo com especificações de impacto em tipo de operações, armas e sensores, gerando tabelas de cores para interpretação rápida. Os resultados dos modelos são também importados para sistemas de informação geográfica onde são processados de modo integrado. Foram desenhados modelos de processamento destes dados, de modo a tornar o sistema eficiente, possibilitando gerar uma série de *mission impact diagrams* geo-espaciais a partir de 3 ficheiros de entrada, e sem que o utilizador intervenha directamente no processo. A massificação da utilização de MID geo-espaciais foi conseguida através da produção de uma página de internet alimentada por um servidor de dados SIG. Esta página é de exploração flexível, possibilitando aos utilizadores ampliar e reduzir a zona de interesse, seleccionar o MID a explorar e pontualmente interrogar qualquer pixel geográfico para obter uma tabela compilada de todos os MID para esse local.

Este artigo descreve o fluxo de produção de informação para o apoio ambiental, a estrutura www de disponibilização, a relevância dos produtos e a técnica desenvolvida para produção de MID com variabilidade espacial e integrada.

**Palavras-Chave:** Apoio ambiental, SIG

**Abstract** *Environmental support to naval operations is very important to their success, providing relevant information to the decision maker in terms of weapon and sensor use optimization. The Instituto Hidrográfico (IH) has been providing support to ships, fleets and commands in both exercise and real operations.*

*In November 2006 the joint military exercise "Lusíada 2006" took place, and IH compiled, processed and disseminated METOC (meteorological and oceanographic) information to the land, aerial and maritime components. For the first time in the Portuguese Armed Forces, Mission Impact*

*Diagrams with spatial variability were developed. The regular structure for the www METOC support was also redesigned.*

*Information made available was based on data obtained through oceanographic and meteorological assimilation models. Images were then produced based on the information obtained, showing the spatial-temporal variability of the parameters of interest. The results were also interpreted according to the specifications of the operation, sensor and weapon systems, generating color tables for rapid interpretation by the planner and tactical decision maker. Environmental model results were also imported to Geographic Information Systems (GIS) where they were processed in an integrated manner. The system is very efficient, generating the necessary Mission Impact Diagrams (MID) from the input files without human intervention.*

*A website supported by a GIS data server allowed the massive dissemination of the geospatial MID. This website is very flexible, allowing the use of a set of geospatial tools to explore the data. This paper describes the information flow to environmental support, the www structure used, the importance of the products and technics developed to the generation of the MID with integrated spatial variability.*

**Keywords:** SIG, mission impact diagram

## 1. Introdução

O Instituto Hidrográfico (IH) tem tido, ao longo dos últimos 5 a 7 anos, um papel preponderante no fornecimento de informação ambiental para apoio a exercícios navais nacionais e NATO nas nossas águas e a operações militares navais a nível nacional e no estrangeiro. Este apoio resulta da aquisição de capacidades e competências, particularmente desenvolvidas, no âmbito da oceanografia operacional. A terminar o ano de 2006 foi solicitado ao IH que, não só fornecesse informação, mas também coordenasse as acções de apoio ambiental ao exercício *Lusíada 2006*, realizado no âmbito do Estado-Maior-General das Forças Armadas e envolvendo os três ramos destas forças. Este artigo descreve os produtos de informação disponibilizados pelo IH às forças no teatro de operações, bem como aos diferentes estados-maiores envolvidos.

As condições ambientais são altamente condicionantes da realização de operações militares. As suas consequências podem reflectir-se ao nível do bem estar dos recursos humanos e degradação do normal funcionamento de plataformas, armas e sensores diversos. A título de exemplo refere-se o famoso “Dia D”, data de invasão da Normandia durante a II Guerra Mundial, que aconteceu no dia 6 de Junho de 1944 porque no dia 5 as condições

ambientais apresentaram-se extremamente adversas à operação militar planeada. Ainda assim, o caso mais emblemático é o da invasão da Rússia por Napoleão em 1812. O Francês iniciou a campanha com cerca de 422.000 homens, chegou a Moscovo com 100.000 quando terminou a retirada forçada pelo “General Inverno” já só contava com cerca de 10.000. A Figura 1 mostra um gráfico de Charles Minard onde estão representados o número de efectivos do exército de Napoleão durante a invasão, ao longo do tempo. A largura do traço é proporcional ao número de efectivos e lê-se da esquerda para a direita (topo) no sentido temporal da invasão e da direita para a esquerda (traço parte inferior) no sentido da retirada. Na parte inferior da figura pode ver-se um gráfico de temperaturas negativas sofridas em cada fase e época pelas tropas. Os aumentos e reduções esporádicos de efectivos estão associados à criação e reunião de forças de reserva colocadas em locais estratégicos [2].

A sistematização do apoio de informações ambientais às operações militares levou à criação do conceito de *rapid environmental assessment* (REA). No caso das operações militares navais, este conceito materializa-se no fornecimento de produtos de informação em 3 fases distintas das operações.

Ainda na fase de planeamento, 2 a 3 meses antes das movimentações em teatro, é compilada a informação de climatologia (estatística) dos fenómenos ambientais relevantes (*i.e.* temperatura ambiente, hidrologia, agitação marítima, etc), bem como informação geográfica local (*i.e.* modelo digital de terreno, cartografia terrestre, cartografia náutica, etc). Esta informação é fornecida nos meios mais adequados a cada situação (*i.e.* impressões em papel, CD-ROM, DVD-ROM, sítios de intranet). A segunda fase acontece no período imediatamente antes do início das operações no terreno e consiste na aquisição de dados de campo para alimentação inicial dos modelos de previsão das condições ambientais. A terceira fase consiste na produção de previsões dos diversos parâmetros, no curto e médio prazos, através da corrida de modelos com assimilação de dados adquiridos *in situ*, por parte do navio REA – fundamentalmente através da aquisição de perfis CTD, com medição de parâmetros que permitem obter a profundidade, temperatura e salinidade, entre outros.

A previsão de determinados parâmetros ambientais, só por si não responde às necessidades das forças envolvidas nas operações. Há que estimar o seu impacto no desempenho dos recursos huma-

nos, armas, sensores e plataformas, de modo a permitir a sua utilização do modo mais eficiente possível (*e.g.* impacto da agitação marítima na operação de reabastecimento de uma unidade naval do tipo fragata). A determinação deste impacto é reportada de diversas formas, fazendo parte de um conjunto de ferramentas que têm a designação de *Suportes à Decisão Tática (tactical decision aids)*. Particularmente, os suportes à decisão tática produzidos com base nas previsões ambientais são fornecidos sob forma diagramática, tomando a designação de diagramas de impacto na missão (*mission impact diagrams – MID*). Estes diagramas apresentam de forma concisa e explícita a eficácia estimada da utilização de recursos humanos, armas, sensores e plataformas numa dada época, reduzindo a complexidade de interpretação do panorama ambiental. O decisor não precisa saber interpretar detalhadamente a informação sobre os fenómenos ambientais. A informação sobre a eficiência esperada é-lhe transmitida de forma sintética através de uma tabela que lista os recursos envolvidos na acção e o impacto esperado aparece de forma colorida – vermelho para eventual utilização ineficaz (condições ambientais desfavoráveis para a execução desse tipo de operação), amarelo para

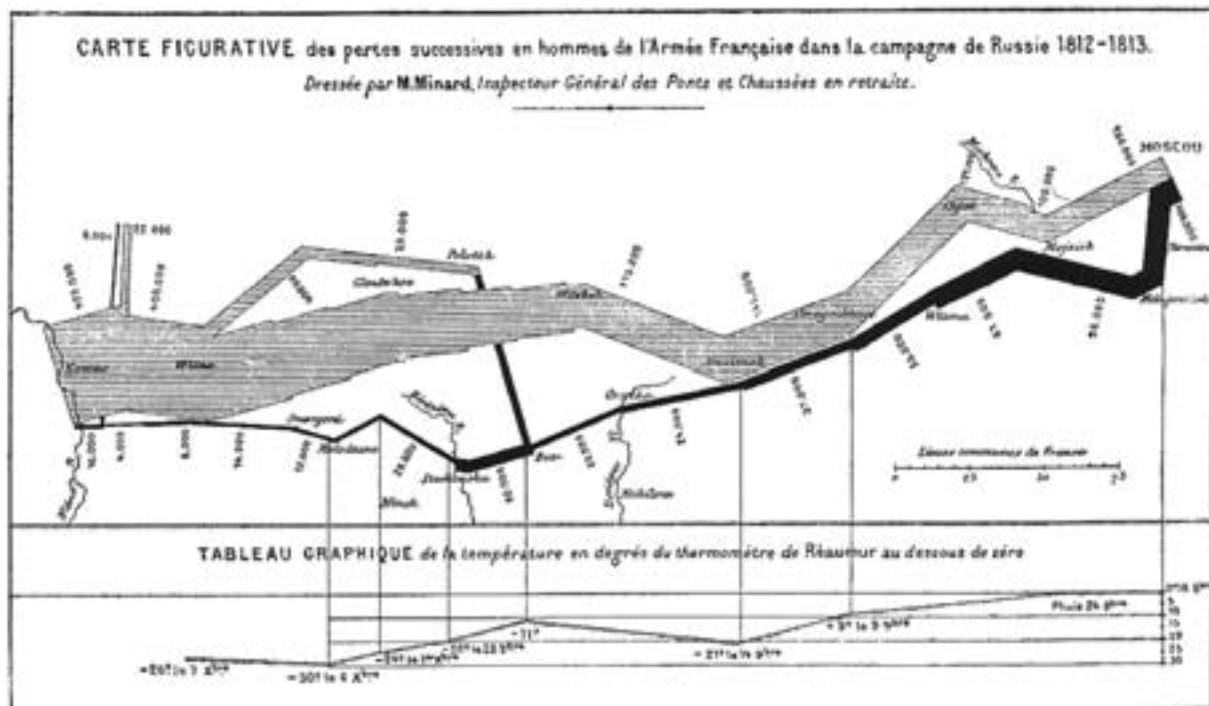


Figura 1 – Mapa de Charles Joseph Minard (1781-1870), publicado em 1861 e que mostra o avanço do exército de Napoleão sobre a Rússia em 1812 [2].



potencial ineficácia e verde para utilização eficaz (condições ambientais favoráveis à execução da missão). Cada tabela pode ter entradas para diferentes tipos de operações com determinada resolução espacial, de modo a transmitir a evolução esperada no tempo da eficiência de utilização dos recursos.

Este tipo de MID é adequado para teatros cuja cobertura geo-espacial seja relativamente reduzida ou tenha pouca variabilidade espacial. Para operações com múltiplos teatros ou com teatro de operações único com uma extensão geo-espacial considerável, seria necessário produzir múltiplas tabelas (MID) de modo a assegurar o rigor da informação. Uma das inovações do apoio ambiental prestado ao exercício Lusíada 2006 foi exactamente o desenvolvimento de um sistema de informação geográfica para representação da avaliação do impacto ambiental nos recursos militares em todo o espaço envolvente à principal área de actividades (Aveiro). Este sistema de informação foi complementar ao apoio tradicional via páginas de internet em rede privada, tendo aqui também havido inovação no arranjo e conteúdo da informação a disponibilizar.

Nos capítulos que se seguem é descrita a metodologia de produção e disponibilização de MID

geo-espaciais e o novo arranjo da disponibilização de informação ambiental em páginas de internet.

## 2. Fontes de dados e metodologia

### MID Geo-espacial

A previsão das condições de agitação marítima realizada no Instituto Hidrográfico é baseada na execução de uma série de modelos que no seu conjunto constituem o sistema MOCASSIM (ver Figura 2). Para as condições meteorológicas, o forçador principal deste sistema é o vento, que é obtido a partir dos resultados do modelo NOGAPS do FNMOC (de grande extensão e reduzida resolução) e do modelo ALADIN do Instituto de Meteorologia (menor extensão espacial mas maior resolução). Estes modelos oceanográficos, têm a capacidade de assimilar dados reais, de modo a fornecerem resultados mais realistas, evitando a divergência do modelo com a realidade, com o passar do tempo. Esta divergência poderá ocorrer devido aos seguintes factores: os modelos não contêm toda a física dos fenómenos em estudo, os fenómenos em estudo são aleatórios e as equações e dados utilizados são discretizados. Os resultados dos modelos

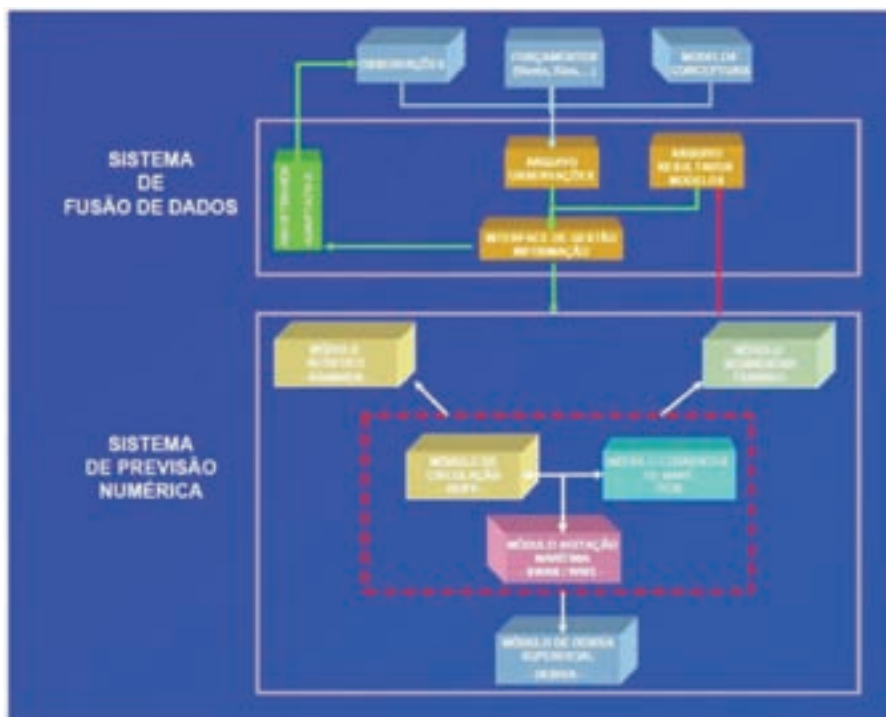


Figura 2 – Estrutura do sistema operacional de previsão numérica implementado no Instituto Hidrográfico no quadro do projecto MOCASSIM.

meteorológicos e oceanográficos relevantes para a produção de MID, foram a temperatura do ar à superfície, a pressão atmosférica, a direcção e velocidade do vento, a precipitação, a direcção e altura da agitação marítima, a temperatura, salinidade e velocidade de propagação do som na água do mar e as correntes marítimas superficiais. Todos estes resultados foram disponibilizados em ficheiros de texto (formato ASCII). Estes ficheiros contêm as estimativas para uma dada grelha que cobre a área de interesse, como se de uma matriz geo-espacial se tratasse.

O processamento destes dados de modo a obter os MID geo-espaciais foi realizado com recurso ao sistema de informação geográfica (SIG) ArcGIS 9.1, do fabricante ESRI, com a extensão *spatial analyst*. Este sistema inclui ainda um espaço de trabalho de desenvolvimento *Microsoft Visual Basic for Applications*, que foi suporte para a produção de duas rotinas de reformatação dos ficheiros iniciais de dados. Todo este procedimento foi realizado num PC com um processador a 3 GHz, 1 GB de RAM, disco rígido de 80 GB a correr o sistema operativo *Microsoft Windows XP*.

Para que fossem obtidos MID geo-espaciais (cobertura contínua no espaço de interesse) foi necessário converter estes valores discretos num campo contínuo. Atendendo aos fenómenos em causa e à resolução geo-espacial da amostra, foi utilizado o método de interpolação IDW (*inverse*

*distance weighted*) com polinómios do 2.º grau e utilizando os 12 pontos mais próximos como limite local de selecção da amostra. Este método baseia-se no paradigma que as amostras mais próximas do local a estimar têm mais semelhanças que as mais afastadas. A resolução espacial dos resultados obtidos foi pré-definida em cerca de 5 km, correspondendo cada célula (pixel) a 25 km<sup>2</sup>.

Uma vez obtida uma cobertura contínua do espaço de interesse de cada fenómeno, há que gerar os respectivos MID através da análise do valor de cada célula (pixel). Este processo é realizado comparando cada célula com as classes (intervalos de valores) que definem os 3 níveis de impacto na utilização de recursos (utilização eficaz, potencialmente ineficaz e ineficaz). Na prática, este procedimento é designado por reclassificação, implicando a definição de uma tabela de valorização (*lookup table*) para cada tipo de MID. Na Figura 3 pode-se observar a variação geo-espacial da velocidade do vento (imagem da esquerda) e respectivo MID (imagem da direita). Não é identificado o recurso a que se refere, nem são apresentadas as legendas e intervalos de reclassificação, atendendo ao facto dos mesmos terem associado uma classificação de segurança.

Para o exercício *Lusíada 2006* era necessário gerar 39 MID geo-espaciais (para operações marítimas, terrestres e aéreas) para cada época de interesse (normalmente as 12:00 de cada dia do exercício).

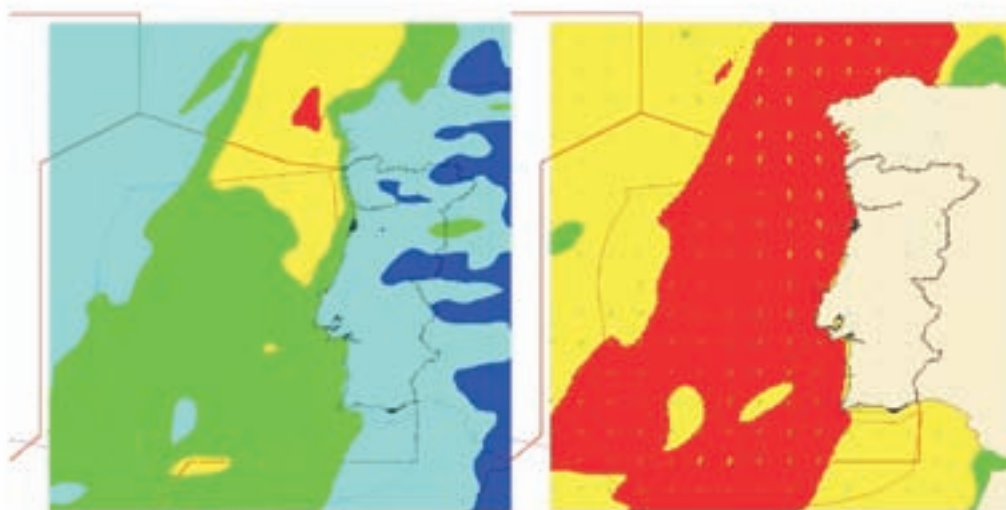


Figura 3 – Representação da distribuição geo-espacial da velocidade do vento e respectivo MID para um dado recurso obtido por reclassificação.

O processamento manual de toda esta informação, apesar de eficaz, é demasiado ineficiente, pelo que foram implementados modelos de processamento, um para cada tipo de dados original, com recurso ao espaço de trabalho *Model Builder* do sistema ArcGIS. Estes modelos, permitem, a partir da identificação dos ficheiros de output dos modelo meteorológico, gerar os referidos 39 MID em cerca de 10 minutos. A Figura 4 ilustra o modelo de pro-

cessamento dos dados de previsão meteorológica, tendo como entradas a identificação da directoria de trabalho e um ficheiro de texto com os dados de previsão, e como saídas 13 MID geo-espaciais conjuntamente com 5 ficheiros de representação dos fenómenos ambientais propriamente ditos (i.e. isóbaras, temperatura do ar à superfície, pressão atmosférica à superfície, humidade relativa e o vento [direcção e velocidade]).

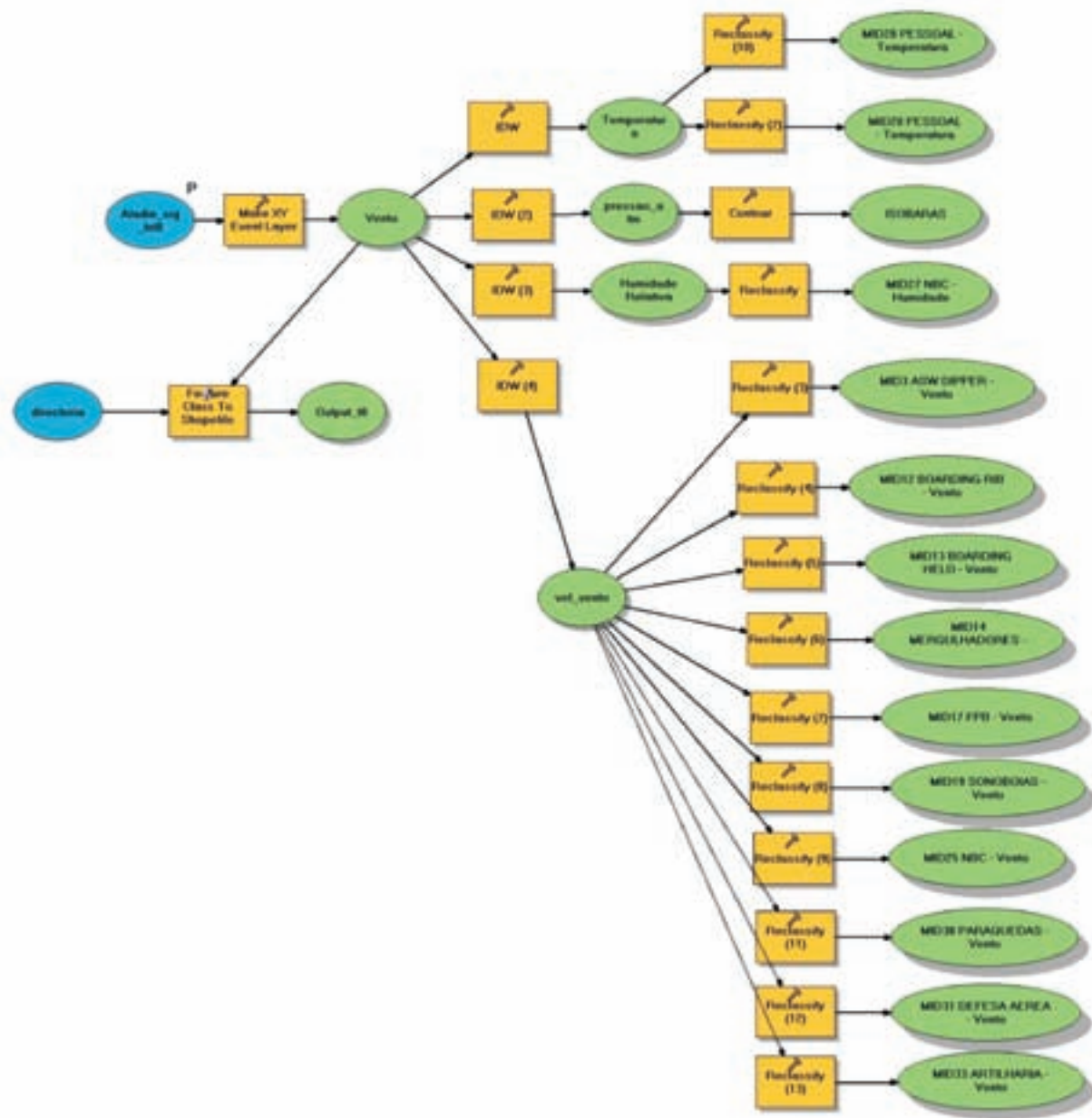


Figura 4 – Modelo de processamento dos dados de previsão meteorológica.

Depois de obtidos os resultados de todos os modelos de processamento, para cada época temporal, houve que os disponibilizar aos seus utilizadores. A sua integração foi realizada, ainda, em ambiente de produção e incluiu, para além dos MID produzidos, alguma informação de base (e.g. linha de costa, zona económica exclusiva e zona de responsabilidade de busca e salvamento), e também a representação dos fenómenos propriamente ditos

para que o utilizador final pudesse consultar objetivamente a previsão dos factores ambientais, se assim o desejasse.

A Figura 5 ilustra de forma diagramática o algoritmo de processamento, compilação e disponibilização de MID com base geográfica. O componente de disponibilização deste esquema é descrito no próximo capítulo.

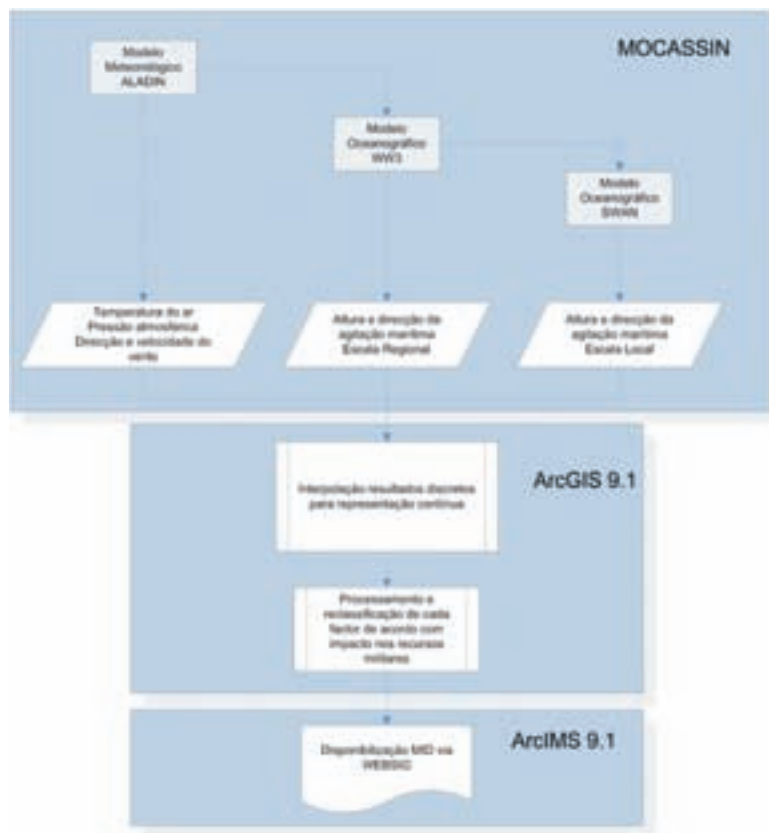


Figura 5 – Resumo do processamento em ambiente SIG para produção e disponibilização de MID.

### 3. Produtos TAD

A disponibilização dos produtos de informação gerados foi realizada com recurso a tecnologia WWW. Em termos de infra-estrutura de comunicações apenas releva indicar que foi utilizada uma rede de dados privada (i.e. militar) para disponibilizar informação de modo centralizado aos planeadores e decisores operacionais.

A página WEB de apoio ao exercício (ver Figura 6)

foi reestruturada de modo a melhorar a informação fornecida, a permitir um mais fácil acesso à informação nele contida e a melhorar o design da página tornando deste forma a informação mais apelativa. Esta página foi estruturada nos seguintes tipos de informação: dados de deteção remota, MID, tabelas de resumo de informação meteorológica e oceanográfica, dados meteorológicos, oceanográficos, sondagem meteorológica em altitude e suporte de operações aéreas. Entrando em

cada uma destas páginas, o utilizador ganha acesso a um novo menu que lhe permite aceder rapidamente à informação pretendida. O objectivo deste método de navegação é o de nunca se estar a mais de três operações (*clicks*) da informação pretendida.

A disponibilização da versão geo-espacial dos MID foi realizada com recurso ao componente ArcIMS do sistema ArcGIS. Este componente permite criar serviços de dados e páginas de internet com base geográfica e de exploração interactiva. O serviço de dados foi gerado a partir do projecto de compilação de informação indicado no capítulo anterior. A página de internet foi inicialmente produzida e automaticamente configurada com as funcionalidades básicas (e.g. capacidade de ampliação e redução da cobertura da área de interesse, legenda, janela de enquadramento geo-espacial, etc). Posteriormente foi configurada e organizada a tabela de conteúdos de modo a facilitar a sua exploração e limitar a interpretação errónea da informação (e.g. foi definido que na listagem de MID apenas possa estar activo um de cada vez. Assim o utilizador não corre o risco de ter mais de um MID activo e pensar que está a visualizar um MID que na realidade está a ser visualmente obstruído por outro

com precedência na lista de camadas de informação.). Na Figura 7 é apresentada uma réplica da interface gráfica do sistema, com as ferramentas de interacção do lado esquerdo, depois o espaço geográfico para representação temática e a tabela de camadas de informação do lado direito. Em baixo está ainda disponível um espaço para fornecimento de indicações especiais ao utilizador.

Para complementar a visualização geo-espacial dos MID foi desenvolvida, em colaboração com a empresa ESRI-Portugal, uma funcionalidade adicional que permite obter, de um modo interactivo, para cada local (pixel) uma tabela com todos os MID (Figura 8). Esta funcionalidade acrescenta uma dimensão à representação bidimensional dos MID e permite fornecer ao decisor uma preciosa informação de um modo muito expedito.

A disponibilização de MID de acordo com este processo, e atendendo a que alguns factores não estiveram sempre disponíveis em todo o espaço geográfico de interesse por falta de informação de base ou inaplicabilidade, levou a que fosse acrescentada uma nova cor à sua codificação: preto – ausência de informação.

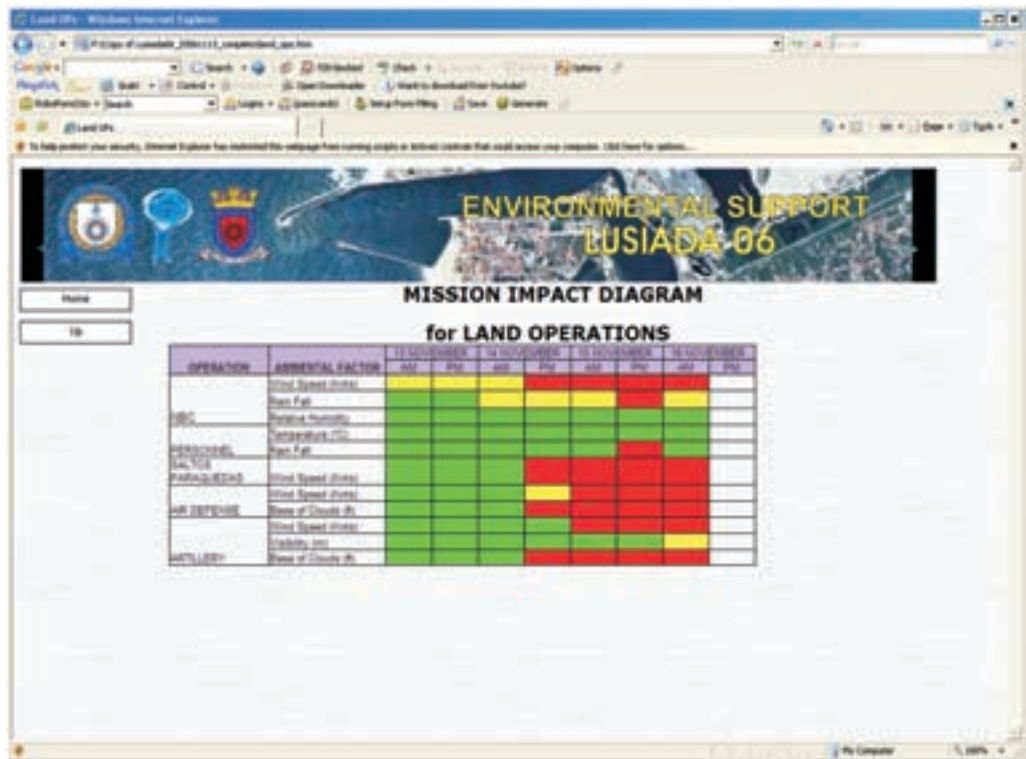


Figura 6 – Página web de apoio ao exercício Lusíada 06, exemplo com tabelas de resumo de informação oceanográfica.



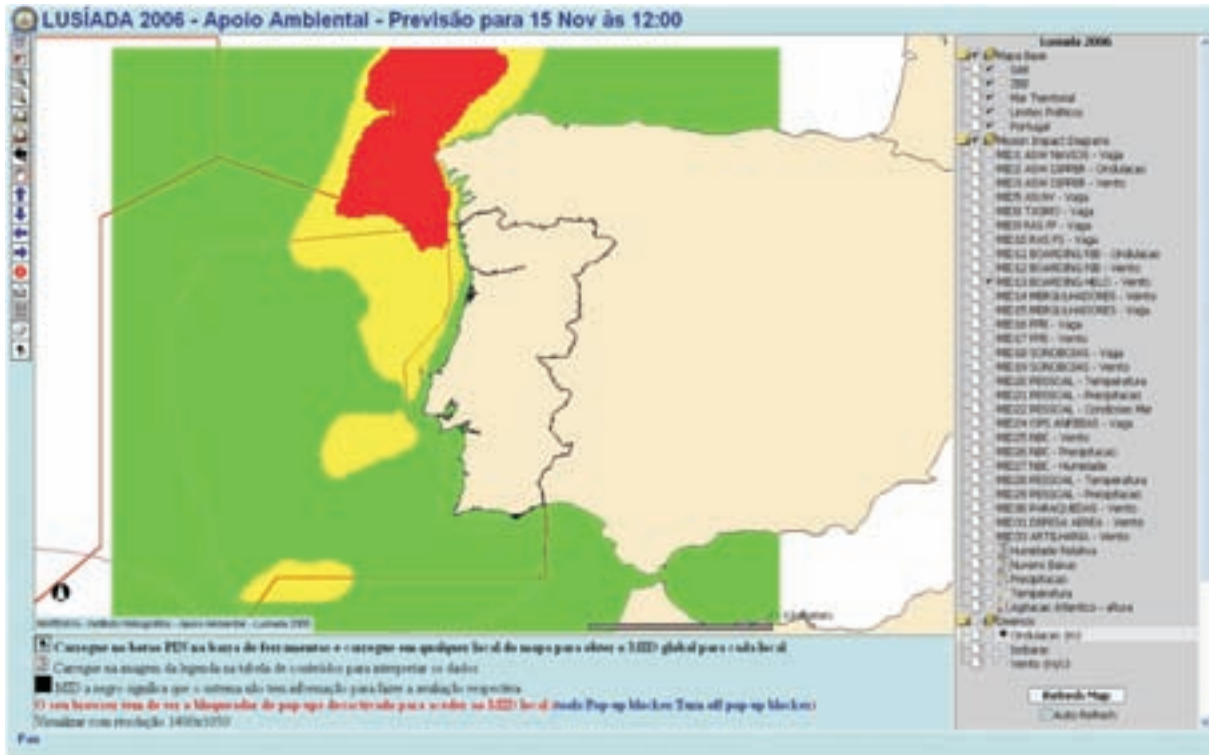


Figura 7 – MID geo-espacial “boarding helo”

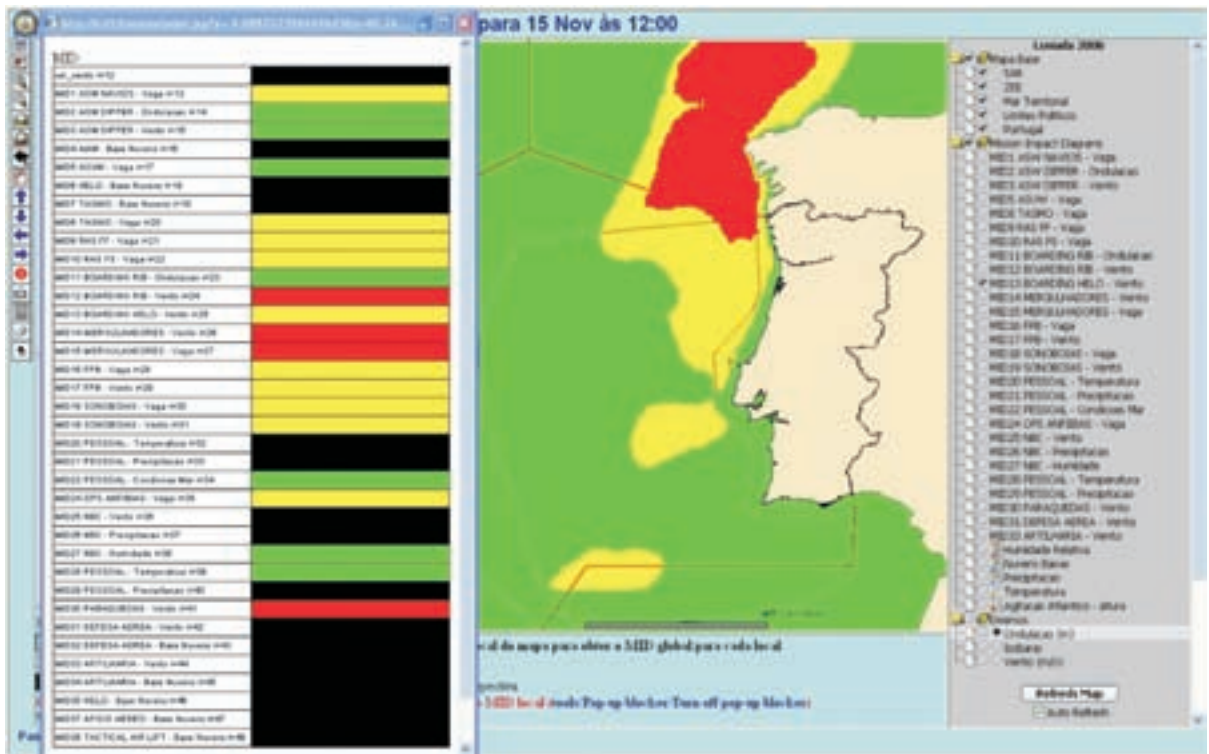


Figura 8 – Visualização complementar à representação geo-espacial, com os impactos em todos os recursos para um local ao largo de Aveiro (através de interação directa com o sistema).

#### 4. Conclusões

Sendo a informação ambiental de extraordinária relevância para a utilização e operação dos recursos militares, a sua eficiente e eficaz disponibilização aos decisores é factor condicionante do sucesso das operações militares. Neste artigo é descrito o apoio de informação ambiental prestado pelo Instituto Hidrográfico durante o exercício militar *Lusíada 2006*, no que se refere aos produtos de informação e à metodologia de disponibilização.

Releva a re-estruturação realizada ao nível do conteúdo e organização temática do tradicional apoio prestado sob forma de sítio de internet e a inovadora disponibilização de MID, também em ambiente WWW, com representação de base geográfica da sua variação geo-espacial. Esta última ferramenta é de utilização interactiva uma vez que o utilizador pode, de modo expedito, definir a sua área de interesse, seleccionar o MID que pretende analisar e ainda obter para cada local uma tabela com todos os impactos esperados nos diferentes recursos.

Verificou-se a adequabilidade de produção de MID geo-espaciais com recurso a ferramentas SIG,

tanto ao nível da produção e compilação como ao nível da sua disponibilização.

Os desenvolvimentos nesta área podem ir mais longe no seu alcance através da combinação de diversos parâmetros ambientais geradores de novos MID (e.g. a combinação da temperatura ambiente com a humidade relativa para aferir do seu impacto nos recursos humanos) e da definição de MID ao nível da unidade naval, ao invés do tipo de navio. Haverá ainda espaço para melhorar o sistema implementado ao nível do WEBSIG através da disponibilização de MID para mais que uma época temporal de cada vez (e.g. 12h, 24h, 36h).

Prevê-se ainda a possibilidade de automatizar o processo de alimentação de dados para geração de MID, de modo a que a sua disponibilização não se limite aos períodos de actividade militar especial, mas diariamente para apoio às operações de rotina.

Todas estas mais valias estão já em fase de desenvolvimento, através da implementação de uma ferramenta interactiva completamente automatizada que será fornecida às unidades participantes em exercícios e operações reais e que executará como resultado final os MID para determinada posição e data-hora.

#### Referências

[1] Grasso, R., Giannecchini, S. (2006) – *Geo-spatial Tactical Decision Aid systems: fuzzy logic for supporting decision making*. Fusion 2006, The 9th International Conference on Information Fusion 2006, Florence (Italy).

[2] <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Minard.png> visitado em 2007-03-13.

#### Contactos electrónicos

**Bessa Pacheco** – [bessa.pacheco@hidrografico.pt](mailto:bessa.pacheco@hidrografico.pt)

**Santos Martinho** – [santos.martinho@hidrografico.pt](mailto:santos.martinho@hidrografico.pt)

# O Projecto MACAIS

## As novas redes AIS costeiras dos Açores e da Madeira

Proença Mendes, Capitão-de-fragata

**Resumo** A Organização Marítima Internacional aprovou uma emenda à Convenção Safety Of Life At Sea (SOLAS) que estabeleceu a obrigatoriedade de instalação, até ao final de 2004, de transponders AIS nos seguintes navios:

- Navios de passageiros
- Navios com mais de 300 toneladas envolvidos em viagens internacionais e
- Navios de carga com mais de 500 toneladas, quer efectuem ou não, viagens internacionais.

O AIS é um equipamento que transmite e recebe, via rádio, informação relevante de segurança marítima, permitindo a cada navio receber de forma rápida e precisa dados importantes sobre todos os navios próximos, também equipados com AIS. Esta informação é transmitida contínua e automaticamente, podendo ser recebida por todos os equipamentos AIS na zona.

A informação transmitida pelos AIS divide-se em 3 categorias: dados dinâmicos (posição, exactidão de posicionamento, rumo, proa, velocidade e marcha da guinada), dados estáticos (nome do navio, número internacional, indicativo de chamada, comprimento, boca e tipo de navio) e dados relacionados com a viagem [calado actual, tipo de carga, porto de destino e Estimated Time of Arrival (ETA)].

Uma vez que a informação relevante de navegação dos navios é transmitida para o ar sem restrições, os Estados ribeirinhos começaram a instalar redes de estações AIS costeiras, com o fim de:

- Compilar a informação oriunda dos navios e assim monitorizar o tráfego marítimo na zona e
- Transmitir informação relevante aos navios nessa área

Estas redes de estações AIS costeiras podem estar integradas nos Serviços de Tráfego Marítimo / Vessel Traffic Services (VTS, na sigla inglesa) ou podem funcionar autonomamente (como acontece nos Açores e na Madeira).

A Rede AIS costeira permite monitorizar e controlar o tráfego marítimo, disponibilizando um conjunto de ferramentas que permitirão efectuar diversas tarefas em tempo real. Além disso, os dados armazenados permitirão efectuar, a posteriori, algumas tarefas / funcionalidades importantes, como por exemplo:

- Conhecer o número e tipo de navios que passam em determinadas áreas
- Analisar padrões de circulação
- Investigar acidentes/incidentes
- Identificar navios que possam ter causado algum incidente (ex. poluição)
- Escolher rotas para navios especiais
- Planear e avaliar a localização de canais, rotas e Esquemas de Separação de Tráfego
- Planear e avaliar a localização de Vessel Traffic Services e Ajudas à Navegação
- Seleccionar locais para culturas marinhas, geradores de energia de ondas e outros

Uma possível utilização futura deste sistema será a sua interligação com uma ferramenta desenvolvida pela Associação Internacional de Sinalização Marítima (IALA), o IALA Waterways Risk Assessment Program (IWRAP), de forma a obter a cada momento os níveis de risco de uma via navegável.

**Palavras-Chave:** Tráfego, Marítimo, AIS

**Abstract** *The International Maritime Organization approved an amend to the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), requiring all ships of 300 gross tonnage and upwards engaged on international voyages and cargo ships of 500 gross tonnage and upwards not engaged on international voyages and passenger ships irrespective of size to be fitted with an automatic identification system (AIS) by the end of 2004.*

*AIS is a device that transmits and receives, via radio, relevant maritime safety information, allowing each ship to receive quick and precisely important data from all ships on its vicinity that are also equipped with AIS. This information is transmitted continuous and automatically and can be received by all AIS equipments on the area.*

*The AIS information transmitted by a ship is of three different types: dynamic information (Ship's position with accuracy indication and integrity status, heading, course, speed and rate of turn); fixed or static information (name and call sign, MMSI, length, beam and type of ship); voyage-related information (ships draught, type of cargo, route plan, destination and ETA).*

*Once this information is broadcasted without restrictions, coastal States started to install networks of coastal AIS stations, aiming to:*

- *Compile data from ships in order to monitor maritime traffic on the area and*
- *Transmit relevant information to the ships on that area.*

*Those networks of coastal AIS stations are integrated on Vessel traffic Services or can work autonomously like it happens on Azores and Madeira.*

*A coastal AIS network allows monitoring and controlling the maritime traffic giving tools for several on line tasks. Apart from that, saved data may give important information like:*

- *Knowing the number and type of ships passing in certain areas;*
- *Analyze circulation patterns;*
- *Investigate maritime accident or incidents;*
- *Identify ships that may have caused incidents (like pollution);*
- *Choose routes for special ships;*
- *Plan and evaluate the location of channels, routes, and Traffic Separation Schemes;*
- *Plan and evaluate the location Vessel Traffic Services and Aids to Navigation;*
- *Select locations for marine culture establishments, wind and wave generators, and others.*

*A possible use of this system is the integration with the IWRAP (IALA Waterways Risk Assessment Program) in order to obtain the level of risk f a waterway at each moment.*

**Keywords:** Traffic., Maritime, AIS

## 1. Introdução

Em Julho de 2002, a Organização Marítima Internacional (IMO) efectuou uma revisão ordinária da Convenção SOLAS (Safety of Live at Sea). Nesta revisão, foi incluído um novo sistema que se queria tornar obrigatório para determinado tipo de navios e que, apesar de ainda estar em desenvolvimento, foi considerado que não podia aguardar mais cinco anos pela revisão seguinte da convenção.

Este sistema, o Automatic Identification System (AIS), iria ser obrigatoriamente instalado, de forma faseada, entre 2002 e 2007 nos seguintes navios:

- Navios de passageiros;
- Navios com mais de 300 toneladas envolvidos em viagens internacionais, e;
- Navios de carga com mais de 500 toneladas, quer efectuem ou não viagens internacionais.

Estávamos numa altura em que tinha sido apontada como causa de vários acidentes marítimos, a confusão na identificação de navios ao combinar manobras através de comunicações rádio. Por outro lado, já existiam em vários países, sistemas de vigilância costeira (VTS) por radar que se debatiam com o problema da identificação dos navios.

A solução era arranjar uma forma de identificar inequivocamente cada navio nas proximidades e a Associação Internacional de Sinalização Marítima (IALA) já estava desde 1996 a trabalhar com um grupo restrito de países num sistema que consistia num transmissor/receptor que transmitia, via VHF, os dados de posição e identificação de um navio, recebendo da mesma forma os dados correspondentes aos outros navios dentro do alcance VHF deste.

Sob a coordenação da IALA, foram desenvolvidos os standards de um sistema que pudesse ser utilizado universalmente e que permitisse a troca de informações relevantes entre navios e entre os navios e as estações costeiras de controlo de tráfego marítimo.

Nasceu assim, o AIS que teve imediato sucesso, o qual, aliado ao aumento da necessidade de policiamento dos mares decorrente do ataque às Torres Gémeas nos EUA, levou a que se antecipasse a

obrigatoriedade da sua instalação para o final de 2004.

## 2. Descrição

O AIS é um equipamento que transmite e recebe, via rádio e de forma automática, um conjunto de dados importante para evitar colisões, gerir o tráfego marítimo e policiar zonas costeiras.

Estes dados são transmitidos em VHF com uma frequência relativamente alta mas que varia com a condição de navegação, velocidade e rotação do navio.

Os dados transmitidos agrupam-se em três categorias, em função da sua variabilidade:

- informação estática (identificação e dimensões do navio);
- informação relacionada com a viagem (tipo de carga, destino e ETA), e;
- informação dinâmica (posição, rumo, velocidade e marcha da guinada).

Adicionalmente, o sistema permite a transmissão de curtas mensagens de texto relativas à segurança.

Os dados estáticos e os dados relacionados com a viagem são transmitidos a intervalos iguais ou superiores a 6 minutos, pois trata-se de informação relativamente estável. Quanto aos dados dinâmicos, o seu intervalo de transmissão decresce automaticamente à medida que aumenta a velocidade do navio, diminuindo ainda mais se o navio estiver a efectuar uma manobra. Podemos ter períodos de transmissão de 3 minutos, para navios atracados ou fundeados, enquanto que navios de alta velocidade, a guinar, transmitirão os dados dinâmicos de 2 em 2 segundos.

As transmissões rádio são efectuadas em dois canais e, para evitar que dois navios próximos transmitam em simultâneo os seus dados, há uma organização das transmissões com vista à partilha do tempo de utilização daqueles canais.

A informação recebida a bordo pode ser visualizada no próprio equipamento AIS, sobreposta na carta electrónica ou no equipamento radar.





Figura 1 – Equipamento AIS de bordo

### 3. Informação AIS

A mensagem AIS transmitida por um navio inclui a seguinte informação:

**Informação fixa ou estática**, que é programada no equipamento durante a instalação inicial e que apenas necessita de ser alterada se o navio mudar de nome, indicativo de chamada ou sofrer grandes alterações estruturais. Esta informação é transmitida a cada 6 minutos e inclui:

MMSI (*Maritime Mobile Service Identity*), Nome e Indicativo de Chamada, Número IMO, Comprimento e boca, Tipo de navio e Localização a bordo da antena do sistema posicionamento para uma representação rigorosa.

**Informação dinâmica** que, em geral, é actuali-

zada automaticamente através da ligação de sensores de bordo, tais como o GPS e a girobússola. Esta informação é transmitida com a frequência indicada na tabela “Intervalos de Transmissão” e inclui:

Posição do Navio com indicador de exactidão e integridade, Hora da posição em UTC, Rumo (COG), Velocidade verdadeira (SOG), Proa, Marcha da guinada (ROT) e Navigational status, sendo que, esta última é introduzida manualmente pelo oficial de quarto e alterada sempre que necessário, por exemplo: navegando a motor; fundeado; desgobernado; com capacidade de manobra reduzida; atracado; condicionado pelo calado; encalhado; em faina de pesca; navegando à vela. Na prática, todos estes estados se relacionam com o Regulamento

Internacional para Evitar Abalroamentos no Mar, pelo que ao alterar luzes ou balões se deve alterar este campo.

**Informação relacionada com a viagem** que é introduzida e actualizada manualmente pelo comandante durante a viagem. Esta informação também é transmitida a cada 6 minutos e inclui o Calado, o Porto de Destino, o ETA, o Plano de Navegação (pontos de guinada) e o tipo de Carga Perigosa (DG- *Dangerous goods*; HS- *Harmful substances* e MP- *Marine pollutants*)

Se necessário, **mensagens de texto curtas**, de formato livre, relacionadas com a segurança da navegação, introduzidas manualmente e destinadas a um destinatário específico (seleccionado pelo seu MMSI) ou radiodifundidas para todos os navios e estações costeiras dentro do alcance rádio (máximo 158 caracteres).

O sistema está ainda preparado para ser instalado numa bóia meteo-oceanográfica e transmitir a correspondente informação. Outra função é a capacidade de, quando instalado numa bóia de sinalização marítima, transmitir o seu estado de funcionamento.

#### 4. Intervalo de transmissão

Os intervalos de transmissão da informação AIS foram definidos tendo em conta a partilha do tempo de transmissão em apenas duas frequências, a cadência de actualização dos sistemas de posicionamento por satélite, as técnicas radar e os cenários extraordinários de densidade de tráfego, tais como o estreito de Dover e Singapura, locais onde se consideram necessários entre 2500 e 3000 relatos por minuto, considerando um alcance VHF teórico de 40 milhas náuticas e a necessidade de em águas restritas, para fins de seguimento, anti-colisão e pilotagem assistida, se dispor das posições dos outros navios com uma exactidão melhor que 15 metros, sendo que os sistemas de posicionamento diferencial por satélite proporcionam uma exactidão da ordem de 1 metro.

Para navios em rumo constante, a taxa de actualização da posição, necessária para obter um rigor de posicionamento da ordem dos 15 metros depende da sua velocidade e resulta nos seguintes intervalos de transmissão:

CONDIÇÃO DE MANOBRA DO NAVIO	INTERVALO DE TRANSMISSÃO
Navio fundeado, atracado ou navegando a menos de 3 nós	3 min
Navio fundeado, atracado ou navegando a mais de 3 nós <sup>1</sup>	10 seg
Navio 0-14 nós	10 seg
Navio 0-14 nós e alterando o rumo	3,3 seg
Navio 14-23 nós	6 seg
Navio 14-23 nós e alterando o rumo	2 seg
Navio >23 nós	2 seg
Navio >23 nós e alterando o rumo	2 seg

Tabela 1 – Intervalos de transmissão da informação AIS

<sup>1</sup> Apesar da descrição desta condição de manobra poder parecer ilógica, ela acautela situações em que o navio garra ou em que está a navegar sem que, por esquecimento, se tenha alterado o estado de navegação no AIS

## 5. Transmissão da informação

O AIS emprega uma moderna técnica de auto-organização dos períodos de transmissão, designada por Self-Organised Time Division Multiple Access (SOTDMA), que não necessita de qualquer intervenção humana. Esta técnica permite dividir cada minuto em 2.250 períodos de transmissão, os quais são atribuídos de forma “inteligente” para que não haja sobreposição entre as transmissões AIS dentro de cada zona. Como o AIS funciona em duas frequências distintas, a AIS1 (canal 87B) – 161.975 MHz e a AIS2 (canal 88B) – 162.025 MHz, existem 4.500 períodos de transmissão, em cada minuto, que os navios e outros transmissores podem usar.

Em média, o AIS pode servir em simultâneo 450 navios numa dada área, sendo que, quando o sistema atinge o seu limite, ignora automaticamente os navios mais distantes, pois são os que representam o menor risco.

Como cada um dos períodos de transmissão dura apenas 26,6 milissegundos, é fundamental que os transmissores estejam rigorosamente sincronizados, dentro de um rigor de 10 microsegundos. Este rigor é proporcionado pelo GPS associado.

Cada estação AIS transmite o seu próprio planeamento de transmissões, baseado no histórico de tráfego de dados e nas transmissões futuras das outras estações.

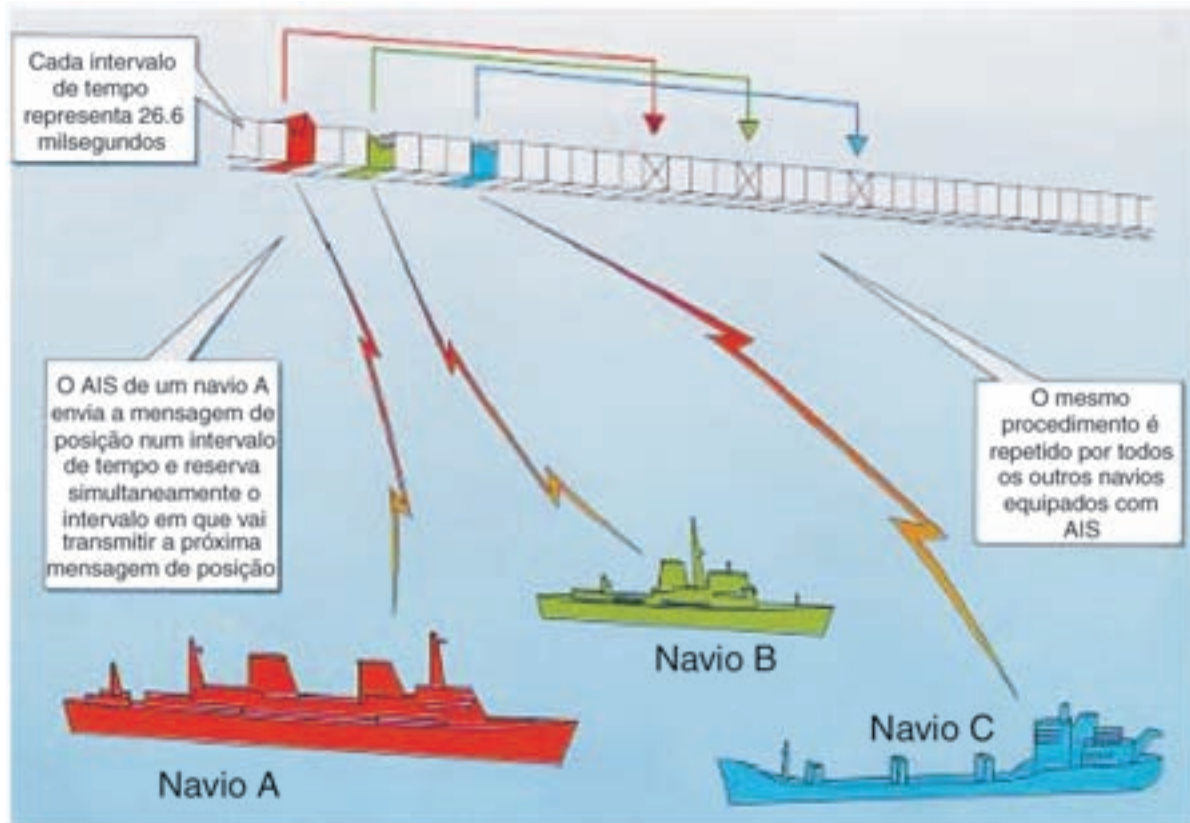


Figura 2 – “Princípios do SOTDMA”

## 6. Visualização da informação AIS

A informação AIS pode ser visualizada no próprio equipamento, de forma gráfica ou tabular, mas a forma como se tira maior rendimento desta é através da sobreposição no radar de bordo ou no sistema

de visualização de catas electrónicas. No entanto há sempre que se ter em conta a possibilidade de a imagem radar ou da carta electrónica ficarem sobrecarregadas em zonas com muita navegação.



Figura 3 – “Visualização da Informação AIS na Carta Electrónica”

### 7. Utilização da informação

A IMO especifica três aplicações principais para o AIS:

- A troca de informação navio-navio no apoio à anti-colisão.
- A obtenção de informação, por parte dos Estados costeiros, sobre os navios e as suas cargas.
- Uma ferramenta VTS na gestão do tráfego.

A informação do AIS constitui uma excelente ajuda para evitar colisões entre os navios com ele equipados, complementando de forma eficaz a informação fornecida pelo radar, que apenas permite detectar a posição relativa dos contactos nas proximidades, sem quaisquer dados adicionais.

Na perspectiva de várias entidades, a disponibilidade de uma informação completa como é a do AIS, oferece condições para uma melhor verificação do cumprimento de regras internacionais de ambiente e de tráfego, tais como o respeito dos Esquemas de Separação de Tráfego, a passagem

em Zonas Marítimas Particularmente Sensíveis, as descargas provenientes das lavagens de tanques ou o lançamento de lixo ao mar.

O AIS permite ainda aplicações logisticas tais como a gestão de frotas (onde estão os meus navios?); gestão do fluxo de mercadorias (onde está a minha carga?) e gestão de recursos (cais, pilotos, rebocadores, etc.).

Utilizando o AIS, consegue-se um melhor controlo, coordenação e capacidade de resposta em casos de incidentes marítimos, acções de busca e salvamento (SAR) e de combate à poluição. Com todos os navios equipados com AIS, a coordenação local de meios é mais simples e eficiente.

O AIS permite um seguimento mais eficiente e rigoroso dos movimentos dos navios, das substâncias perigosas e das cargas poluentes, obtendo-se assim um maior conhecimento com vista à protecção do ambiente marítimo, tanto costeiro como da ZEE.

E ainda a possibilidade de realizar pilotagem de navios a partir de estações em terra.



## 8. Vantagens do AIS

O AIS é uma fonte de informação adicional, apoiando o navegante, mas não substituindo o seguimento visual e radar de um contacto. Em geral, a informação AIS permite o seguinte:

- Informação de elevado rigor obtida no GPS e sensores de bordo;
- Fornecida em tempo quase-real;
- Capacidade de apresentação instantânea da alteração de proa dos alvos;
- Não sujeito a troca de alvos;
- Não sujeito a perda de alvos através das funções supressoras do radar;
- Não sujeito a perda de contactos devido a manobras rápidas, e;
- Possibilidade de “ver” para lá de obstáculos.

Adicionalmente, o AIS permite:

- Prever a posição exacta do encontro com outro navio num canal sinuoso;
- Saber para onde se dirige outro navio;
- Saber o comprimento e calado dos navios próximos;
- Identificar um ferry a largar da margem de um canal.

As funcionalidades e benefícios para o oficial de quarto à ponte incluem:

- Seguimento em tempo real de todos os navios equipados com AIS no visualizador da carta electrónica;
- Obtenção, de forma quase instantânea, das posições (com possível rigor DGPS), do rumo e da velocidade verdadeira;
- Indicação do percurso previsto durante uma guinada ou manobra;
- Gravação do histórico de movimentos dos contactos;
- Possibilidade de receber de correcções GPS diferenciais a partir de estações terrestres;
- Enviar ou receber mensagens texto de outros navios ou estações VTS.

## 9. Desvantagens e limitações do AIS

No entanto, os AIS também têm algumas limitações, a maior das quais tem a ver com a grande dependência relativamente ao sistema GPS. Não só

a posição enviada pelos transponders AIS é derivada de um receptor GPS, como sobretudo a organização das janelas de tempo em que cada navio pode transmitir é feita com recurso ao tempo GPS. Dessa forma, em caso de falha do GPS (quer seja uma falha do sistema propriamente dito ou apenas uma falha do equipamento de bordo), o sistema AIS do navio em causa deixa de funcionar, pois não consegue organizar os períodos de transmissão, de acordo com a técnica SOTDMA.

Outra desvantagem advém da possibilidade de os AIS transmitirem dados corrompidos ou incorrectos, que poderão resultar de interfaces mal feitos a bordo do navio transmissor, de avaria nos equipamentos que fornecem informação ao AIS ou, simplesmente, de interferências que tenham corrompido um sinal correctamente radiodifundido. Acresce ainda que será muito difícil que algum dia venhamos a ter todos os navios equipados com estes transponders, o que significa que o radar continuará a ser necessário, pois só ele conseguirá detectar todas as embarcações numa dada área. Para minimizar este problema, as autoridades têm instalado transponders AIS em navios e embarcações locais, que não estão a isso obrigadas pela convenção SOLAS, mas cujo seguimento é considerado de importância elevada. Por vezes, os Estados alargam a obrigatoriedade de instalação de AIS a outros navios dentro das suas águas territoriais.

Finalmente, a informação relevante de navegação transmitida pelos AIS, embora se destine a melhorar a segurança da navegação, poderá também vir a ser utilizada pela pirataria marítima, para escolher as suas presas, baseando-se na informação sobre o tipo de carga e o número de passageiros, incluída nas mensagens AIS. Refira-se que o fenómeno da pirataria tem tido uma evolução preocupante nos últimos anos, com o número total de ataques a subir continuamente, sobretudo no Sueste Asiático onde se têm verificado mais de metade dessas ocorrências. No entanto, a regulamentação da Organização Marítima Internacional permite que os Comandantes dos navios desliguem o seu transponder por razões de segurança. Embora não se especifique quais as razões que podem justificar a cessação das transmissões, admite-se que se possa fazê-lo, em determinadas zonas, devido à ameaça representada pela pirataria.



## 10. Redes de estações costeiras AIS

Uma vez que a informação relevante de navegação dos navios é transmitida para o ar sem restrições, os Estados ribeirinhos começaram a instalar redes de estações AIS costeiras, com o fim de:

- compilar a informação oriunda dos navios e assim monitorizar o tráfego marítimo na zona e;
- transmitir informação relevante, sobretudo de segurança marítima, aos navios nessa área.

Estas redes de estações AIS costeiras podem estar integradas nos Serviços de Tráfego Marítimo / *Vessel Traffic Services* (VTS, na sigla inglesa) ou podem funcionar autonomamente (como acontece actualmente nos Açores e na Madeira).

Numa rede de estações AIS costeiras, todas as estações estão ligadas a uma Estação de Controlo, em que os operadores não necessitam de chamar os navios, nem de atribuir períodos de transmissão específicos a cada navio, pois isso é feito automaticamente.

Não é demais relembrar algumas das vantagens intrínsecas do AIS com notório impacto das operações de controlo de tráfego:

A possibilidade dos AIS processarem a informação de cerca de 450 navios é uma grande vantagem sobre os radares, pois estes, normalmente, apenas conseguem fazer o seguimento automático a cerca de 20 contactos.

Outra grande vantagem do AIS relativamente ao radar reside no facto de a transmissão do AIS conseguir contornar obstáculos naturais, como massas de terra, o que não acontece com as transmissões do radar. A Figura 3 exemplifica o caso de dois navios junto à curva de um rio ou braço de mar, mostrando que não se consegue detectar por radar se está algum navio do outro lado da curva, pois o radar não consegue ver para lá da margem. No entanto, a transmissão do AIS, em VHF, consegue fazer-se para além das margens e de outros acidentes orográficos, permitindo a detecção de navios do outro lado da curva, desde que eles estejam equipados com transponders.

Em condições meteorológicas adversas, o AIS também tem vantagens sobre o radar, pois a chuva forte é praticamente opaca às emissões deste

último, mas afecta muito menos as transmissões em VHF.

Estas vantagens são importantes, quer para os navios quer para as redes de estações terrestres AIS, pois permitem a manutenção de uma boa imagem do panorama de superfície nas respectivas Estações de Controlo, mesmo para além dos acidentes orográficos e em condições de chuva forte ou granizo.

Face a tudo o que foi exposto, pode dizer-se que os AIS trouceram bastantes benefícios em termos de monitorização do tráfego marítimo, nomeadamente:

- abranger áreas onde a cobertura radar é bastante difícil devido aos acidentes orográficos, como por exemplo canais, rios e estuários;
- fornecer imediatamente a identificação dos ecos detectados;
- detectar alterações de proa e de velocidade nos navios, praticamente em tempo real;
- interrogar os navios, de forma a obter informação sobre as suas dimensões, calado, carga e porto de destino;
- detectar imediatamente quando é que um ferry ou outro navio, como por exemplo uma embarcação de navegação inter-ilhas, largou da margem e iniciou a sua navegação.
- “ver” para lá de uma curva de um canal ou por detrás de uma ilha (ou de qualquer outra

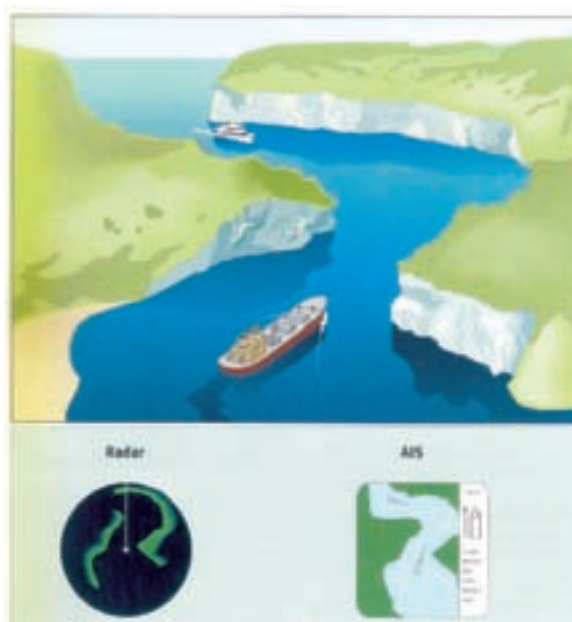


Figura 4 – AIS vs Radar numa curva



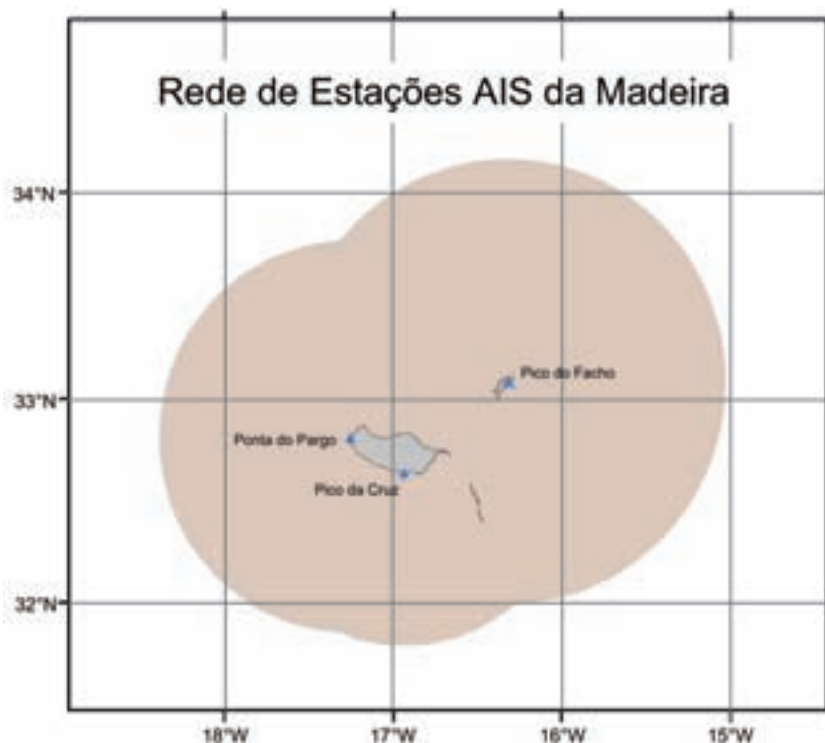


Figura 6 – Rede AIS da Madeira com cobertura

Nos Açores, foram instaladas 10 estações AIS costeiras, enquanto que na Madeira bastaram 3 para cobrir a faixa costeira pretendida.

Em qualquer dos arquipélagos os alcances variam entre as 50 e as 90 milhas náuticas, dependendo da altitude.

Em cada uma das regiões autónomas foram instaladas 2 Estações de Controlo, uma na respectiva Administração Portuária (Portos dos Açores, SA e Administração dos Portos da Região Autónoma da Madeira) e outra no MRCC ou MRSC dessa região. Essas Estações de Controlo efectuam a gestão do serviço AIS, controlando o fluxo de dados no sistema e configurando as diferentes estações costeiras AIS existentes em cada arquipélago.

### 13. O que se pode fazer com uma rede AIS costeira?

As potencialidades de uma rede AIS Costeira decorrem das capacidades das suas Estações de Controlo. Neste caso, foram contratados sistemas com elevadas capacidades de filtragem e armaze-

namento de dados. Estas estações têm ainda a capacidade de disponibilizar, através da Internet, um conjunto relativamente limitado de informações sobre todos os navios detectados pela rede, a utilizadores autorizados e a quem se fornece um username e password.

A rede AIS permite monitorizar o tráfego marítimo, disponibilizando um conjunto de ferramentas que permitem efectuar diversas tarefas em tempo real, nomeadamente:

- Identificar navios;
- Evitar colisões no mar;
- Avisar navios que se aproximem de perigos;
- Seguir navios de risco elevado;
- Definir e policiar áreas restritas;
- Monitorizar rotas obrigatórias;
- Apoiar as missões de busca e salvamento marítimo;
- Apoiar as tarefas de *Port State Control* / Autoridade Portuária.

É de realçar que parte destas funções pode ser efectuada automaticamente pela Estação de Controlo da rede AIS e que esta pode inclusivamente

enviar avisos por SMS ou por e-mail para um operador externo seleccionado.

Além disso, os dados armazenados permitem efectuar, a posteriori, algumas tarefas / funcionalidades importantes, como por exemplo:

- Conhecer o número e tipo de navios que passam em determinadas áreas
- Analisar padrões de circulação
- Investigar acidentes/incidentes
- Identificar navios que possam ter causado algum incidente (ex. poluição)
- Escolher rotas para navios especiais
- Planear e avaliar a localização de canais, rotas e Esquemas de Separação de Tráfego
- Planear e avaliar a localização de Vessel Traffic Services e Ajudas à Navegação
- Seleccionar locais para culturas marinhas, geradores de energia de ondas e outros.

#### 14. Conclusão

Conforme se pôde perceber neste artigo, o AIS é uma ferramenta importante para melhorar a segurança marítima e aumentar o conhecimento do tráfego marítimo pelos Estados ribeirinhos relativamente ao tráfego nas suas costas.

A experiência até agora obtida com a operação do sistema, demonstra que os alcances médios ultrapassam as 50 milhas náuticas.

Uma análise dos fluxos de tráfego registados no sistema demonstra que existem muitos navios que se desviam das suas rotas de travessia transatlântica para passar junto às ilhas, considerando-se que, por vezes se está perante uma aproximação excessiva da costa, o que poderá conduzir a incidentes desagradáveis.

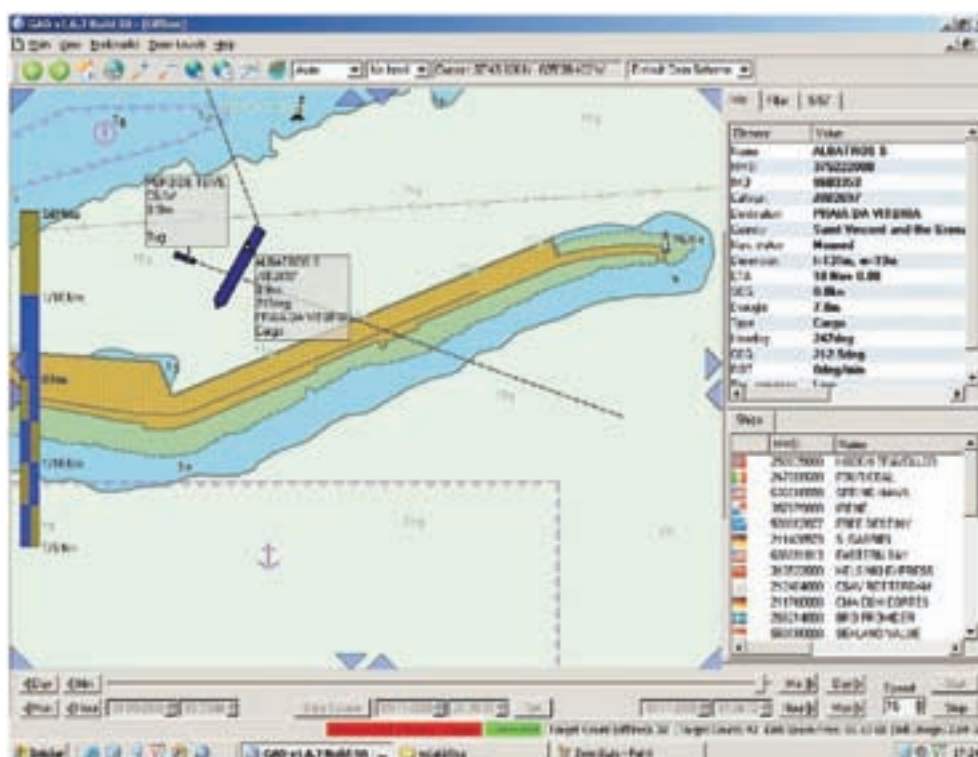


Figura 7 – Monitorização de uma manobra em grande escala

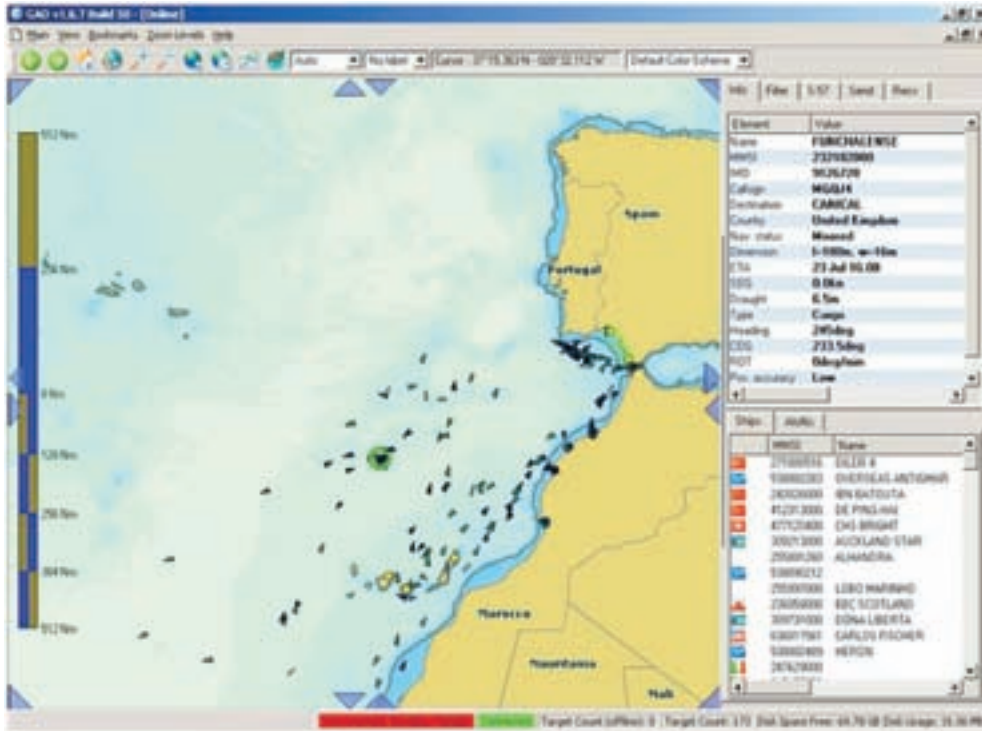


Figura 8 – Panorama em pequena escala



Figura 9 – Exemplo do histórico de um contacto



## Referências

*IALA Guidelines on the Automatic Identification System*, Volume 1, Part I – Operational Issues, Paris, 2003

*IALA Recommendation on The Provision Of Shore Based Automatic Identification Systems (AIS)*, Paris, 2002

IMO Resolution A.917(22), *Guidelines for the Onboard Operational Use of Shipborne Automatic Identification Systems (AIS)*, London, 2001

IMO Resolution MSC 90 (73) Annex 7, *Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea, as amended.*

IMO Resolution MSC 74 (69) Annex 3, *Recommendation on performance standards for AIS.*

Mendes, Pedro Proença, Monteiro, Luis Sardinha (2007) – *MACAIS – Rede AIS da Macaronésia*. Hidromar Especial 2007, Instituto Hidrográfico

**Contactos electrónicos**

**Proença Mendes** – [proenca.mendes@hidrografico.pt](mailto:proenca.mendes@hidrografico.pt)

# O Laboratório de Calibração do IH

Francisco Assunção, Primeiro-tenente  
Manuel Marreiros, Técnico Superior Principal

**Resumo** O IH está em fase de implementação de um projecto de Laboratório de Calibração automatizado. O objectivo do projecto é implementar um laboratório secundário de calibração, a funcionar de forma automatizada, com capacidade para garantir a sustentabilidade dos sistemas do IH, havendo a registar o facto de o poder fazer quer para a Marinha num universo alargado de equipamentos de variada natureza, cumprindo assim com as obrigações impostas em doutrina interna, quer para Organizações ou Entidades externas, nacionais e estrangeiras, dedicadas ao estudo das ciências do Mar. Este projecto englobará todos os actuais processos de calibração do IH, que envolvem as áreas de medição de parâmetros oceanográficos e meteorológicos. As grandezas a calibrar serão: temperatura e condutividade da água do mar, pressão, turbidez, direcção, temperatura ambiente, pressão atmosférica e humidade relativa.

**Palavras-chave:** calibração, temperatura, condutividade, oceanografia, instrumentação meteorológica, automação

**Abstract** *IH is in the stage of implementing a project of an automated Calibration Laboratory. The objective of this project consists on the implementation of a secondary calibration lab working on full automated condition with the capability of ensuring the sustainability of the IH technical and scientific equipment, with the fact to notice that also can ensure the large spectrum of equipment used by Portuguese Navy complying with the obligations imposed by internal doctrine, and yet to external organizations, national or foreigner, who's work is dedicated to the studies of marine sciences. This project will span all the actual calibration processes of IH, involving the areas of measuring oceanographic and meteorological parameters. The quantities objects of calibration are: temperature and conductivity of sea water, pressure, turbidity, direction, ambient temperature, atmospheric pressure and relative humidity.*

**Keywords:** *calibration, temperature, conductivity, oceanography, meteorological instrumentation, automation*

## 1. Introdução

O Instituto Hidrográfico (IH) ao desenvolver as suas actividades no domínio das Ciências do Mar, pretende afirmar-se como um centro de excelência e qualidade da investigação e desenvolvimento, de projecção nacional e internacional, contribuindo, como Laboratório do Estado, para o desenvolvi-

mento científico e tecnológico do País. Neste âmbito, para além de possuir um quadro de pessoal qualificado e com conhecimentos técnicos adequados, é detentor de equipamentos técnico-científicos tecnologicamente avançados e meios navais para a prossecução das várias Missões atribuídas.

A exigência ao nível da qualidade dos produtos do IH impõe desde cedo uma manifesta actividade de manutenção do seu parque de equipamentos técnico-científicos e sensores de uma forma sustentada, para que funcionem em perfeitas condições e alinhados pelos valores de referência padrão. A calibração dos equipamentos técnico-científicos e respectivos sensores surge naturalmente num processo que se pretende rigoroso, controlado e sistemático. Estes últimos aspectos determinam ainda o carácter obrigatório e essencial como garante da qualidade.

Dando corpo ao anteriormente referido, como forma de garantir a sustentabilidade e sistematização de processos, o IH leva a cabo a instalação e implementação do projecto de um Laboratório de Calibração automatizado. Este projecto englobará todos os actuais processos de calibração do IH, que envolvem as áreas de medição de parâmetros oceanográficos e meteorológicos.

O objectivo do projecto é implementar um laboratório secundário de calibração, a funcionar de forma automatizada, com capacidade para garantir a sustentabilidade dos sistemas do IH, servindo a qualidade e excelência dos trabalhos realizados pelas Divisões da Direcção Técnica, havendo a

registar o facto de o poder fazer quer para a Marinha num universo alargado de equipamentos de variada natureza, cumprindo assim com as obrigações impostas em doutrina interna, quer para Organizações ou Entidades externas, nacionais e estrangeiras, dedicadas ao estudo das ciências do Mar.

Pretende-se assim, a edificação de um Laboratório moderno, tecnologicamente avançado e certificado que obedecerá a todos os requisitos técnicos e operacionais que caracterizam um laboratório secundário, conforme os impostos em normas a nível nacional, europeu ou internacional, com o objectivo da sua acreditação e certificação por entidades competentes.

O Laboratório de Calibração constitui ainda uma forte aposta na Investigação e Desenvolvimento, designadamente ao nível da criação e implementação das interfaces, equipamentos acessórios e respectivo software, necessários à automatização dos processos tornando automático o que, na maioria dos casos, é feito de uma forma manual.

## 2. Nota Histórica – A calibração no IH

A calibração dos equipamentos técnico-científicos e sensores remonta já à década de 80, com as

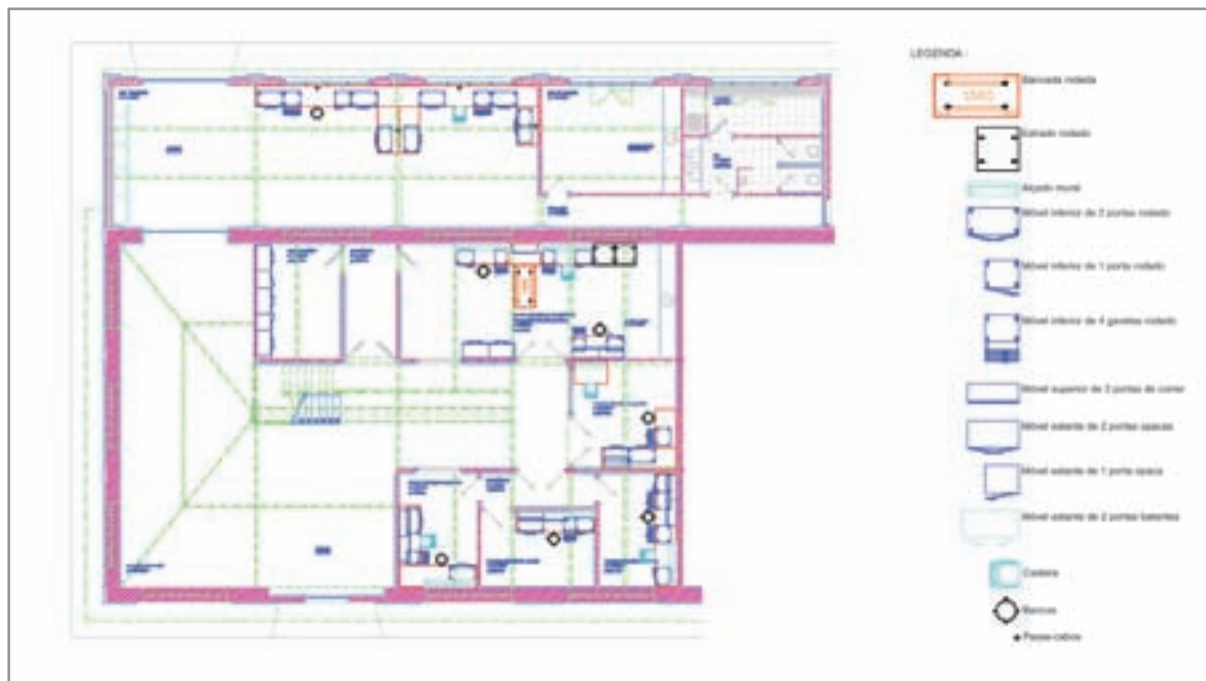


Figura 4 – Planta do Laboratório de Calibração.

primeiras acções de calibração de sondas CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*) nas instalações laboratoriais de calibração e engenharia oceanográfica do centro de investigação submarina da NATO em La Spezia, Itália, tendo desde então sido dados alguns passos para a consecução de um laboratório de calibração no IH, mas, até à data com poucos resultados práticos. As acções de calibração em La Spezia repetiram-se anualmente até aos dias de hoje, com as naturais dificuldades logísticas de movimentação de equipamentos e pessoas às instalações, interferindo nos planeamentos operacionais de utilização de recursos humanos e equipamentos.

Em 2002, o laboratório de calibração foi o objecto para nova candidatura ao Programa Nacional de Re-equipamento Científico da Fundação para a Ciência e Tecnologia do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. A proposta de candidatura versava um projecto diferente do actual, mas com iguais propósitos e resultados, tendo sido qua-

lificado de grande importância e mais valia. No entanto, em virtude do montante envolvido considerou-se ter dificuldades no retorno do investimento, tendo sido cancelado.

Não obstante, o IH foi adquirindo alguns equipamentos que constituíram uma base relevante para o relançar deste projecto, internamente, em 2005. Neste enquadramento o IH recuperou a essência do primeiro projecto e, de forma uma consolidada, leva a cabo a implementação de um Laboratório de Calibração, num espaço já existente nas Instalações Navais da Azinheira (INAZ), que necessitou apenas de pequenas obras de adaptação.

### 3. Metrologia e Calibração

Nesta secção pretende-se dar a conhecer ao leitor uma série de conceitos que estão subjacentes à actividade do laboratório e que poderão dar uma ideia da especificidade das operações nele executadas. As definições aqui apresentadas são



Figura 2 – Espaço interior do Laboratório de Calibração.

retiradas do Vocabulário Internacional de Metrologia, (IPQ, 1996).

Para iniciarmos há que definir o que vamos medir, pelo que, entende-se como Grandeza o atributo de um fenómeno, corpo ou substância susceptível de ser caracterizado qualitativamente e determinado quantitativamente. No âmbito do laboratório de calibração consideramos como importantes as grandezas da temperatura, condutividade, pressão, etc.

A Metrologia é a ciência que descreve as formas de medição de uma grandeza, tendo por objectivo a sua determinação quantitativa da forma mais exacta e precisa possível. A Exactidão define-se como a aptidão de um instrumento de medida para dar indicações próximas do valor (convencionalmente) verdadeiro da grandeza medida. Por Precisão, ou mais correctamente referida por Repetibilidade, entende-se como a aproximação dos resultados de medições sucessivas da mesma grandeza, efectuadas nas mesmas condições de medição. Este conceito pressupõe que estejam reunidas determinadas condições como sejam o mesmo procedimento de medição, o mesmo observador, instrumento de medição, local e que as medições sejam efectuadas no mais curto intervalo de tempo.

A Calibração é definida como o conjunto de operações que estabelecem, em condições especificadas, a relação entre valores de grandezas medidas por um instrumento de medição (a calibrar) e os correspondentes valores medidos por instrumentos padrão.

O Padrão é um material de referência, sistema de medição ou instrumento de medição destinado a definir ou reproduzir o valor de uma grandeza que servirá de referência aos restantes instrumentos de medição a calibrar.

O laboratório a implementar no IH enquadra-se como um Laboratório Secundário para a calibração de instrumentos de medição, sendo que este tipo de laboratórios executa a calibração de instrumentos de medição a ser usados na recolha de dados *in-situ*. O laboratório secundário encontra-se sempre ligado, de uma forma hierárquica, a um Laboratório Primário (Instituto Português de Qualidade-IPQ), cuja função principal será assegurar a calibração dos padrões de referência usados nos laboratórios secundários

#### 4. Grandezas a calibrar

O laboratório do IH tem por objectivo efectuar a calibração de um diverso número de instrumentos técnico-científicos, versando as seguintes grandezas físicas:

- **Temperatura da água do mar:**

- Gama de medida:  $-2^{\circ}$  aos  $32^{\circ}\text{C}$  – de acordo com a escala de temperatura internacional ITS-90;
- Exactidão:  $\pm 0,002^{\circ}\text{C}$  – de acordo com as recomendações do programa WOCE (*World Ocean Circulation Experiment*).

Esta calibração será utilizada nos seguintes instrumentos:

- Sondas para obtenção de perfis do valor da temperatura da água (CTD) ao longo da coluna até aos 6000m de profundidade.
- Sondas para obtenção de perfis da velocidade do som (SVP) com compensação da temperatura.



Figura 1 – Bancada Laboratorial.



– Sensores instalados em equipamentos de monitorização *in-situ* (ex: correntómetros, cadeias de termistores, sondas multi-paramétricas, etc.).

• **Condutividade**

– Para a calibração da condutividade é necessário obter os valores padrão de temperatura e salinidade  
 – Gama de medida: 0 aos 65mS/cm,  
 – Exactidão: 0,002 PSU (*Practical Salinity Units*) – de acordo com as recomendações do programa WOCE.

Esta calibração será utilizada nos seguintes instrumentos:

– Sondas para obtenção de perfis do valor da condutividade da água (CTD) ao longo da coluna até aos 6000m de profundidade.  
 – Sensores instalados em equipamentos de monitorização *in-situ* (ex: correntómetros, cadeias de sensores, sondas multi-paramétricas, etc.).

• **Pressão**

– Gama de medida: 0 aos 600 bar,  
 – Exactidão: 0,05% FSO (fim-de-escala) – 3dbar – de acordo com as recomendações do programa WOCE.

Esta calibração será utilizada nos seguintes instrumentos:

– Sondas para obtenção de perfis do valor da pressão da água (CTD) ao longo da coluna até aos 6000m de profundidade.  
 – Sondas para obtenção de perfis da velocidade do som (SVP).  
 – Sensores instalados em equipamentos de monitorização *in-situ* (ex: correntómetros, marégrafos de fundo, ADCP, sondas multi-paramétricas, etc.).

• **Turbidez (nefelometria)**

– Gama de medida: 0 aos 750 FTU (*Formazine Turbidity Units*), dependendo das especificações dos sensores.

Esta calibração será utilizada nos seguintes instrumentos:

– Sondas para obtenção de perfis de turbidez

da água (CTD) ao longo da coluna até aos 6000m de profundidade.

– Sensores instalados em equipamentos de monitorização *in-situ* (ex: correntómetros, sondas multi-paramétricas).

• **Direcção**

– Sensores de direcção associados a equipamentos de monitorização *in-situ*;

Esta calibração será utilizada nos seguintes instrumentos:

– Correntómetros  
 – Bóias Ondógrafo.

• **Temperatura ambiente**

– Gama de medida: 0 aos 40.°C;  
 – Para sensores meteorológicos.

• **Pressão atmosférica**

– Gama de medida: 900 hpa aos 1040 hpa.  
 – Sensores de pressão atmosférica instalados em estações meteorológicas.  
 – Barómetros e barógrafos, digitais ou analógicos.

• **Humidade relativa**

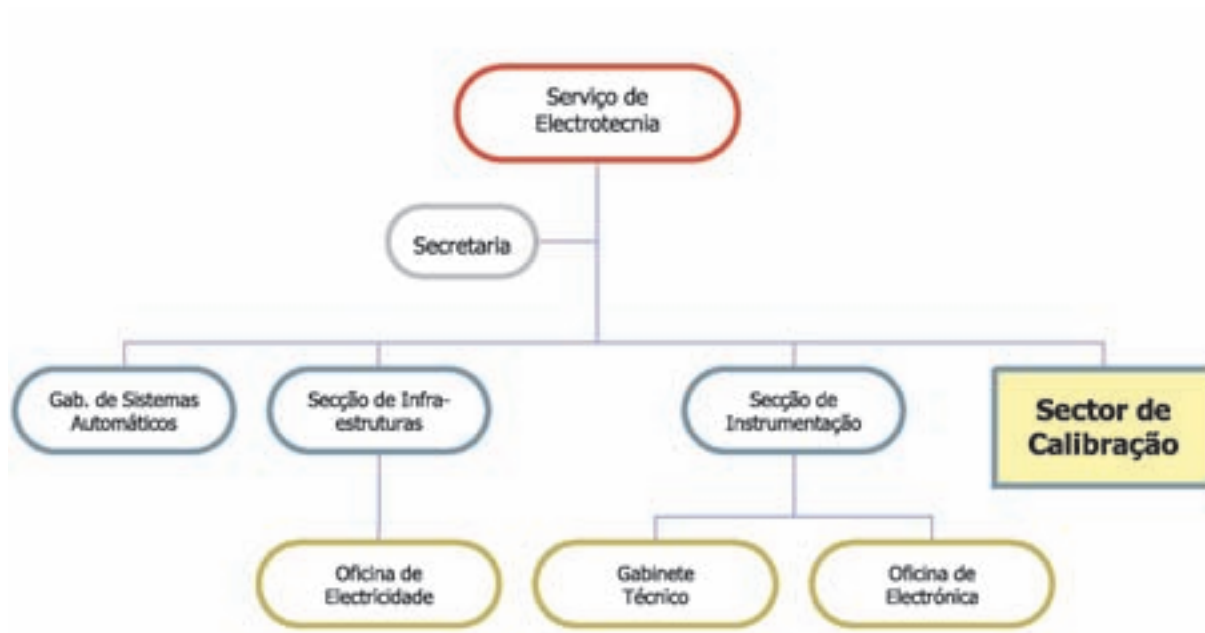
– Gama de medida: 10 a 90%.  
 – Sensores de humidade relativa instalados em estações meteorológicas.  
 – Higrómetros, analógicos ou digitais.

**5. Estrutura do Laboratório – Organização**

A implementação deste projecto obrigou a uma nova reorganização ao nível interno, mais concretamente, no Serviço de Electrotecnia do IH, responsável pela manutenção e preparação da instrumentação técnico-científica.

O Serviço de Electrotecnia está inserido na Direcção dos Serviços de Apoio, com a sua Missão centrada no apoio e acompanhamento das actividades das Divisões da Direcção Técnica, sendo esta responsável pela operação dos equipamentos e sistemas técnico-científicos e pela recolha e processamento dos dados, que são a base para os produtos do IH.

Assim, será criado um novo Sector de Calibração, que ficará orgânica e funcionalmente dependente



Esquema 1 – Estrutura Orgânica do Serviço de Electrotecnicia

do Chefe de Serviço. A nova organização do serviço, representado no organograma abaixo, visa dotar este sector de autonomia para a gestão de todas as áreas de calibração do IH, tornando-se independente da área da gestão da manutenção de equipamentos, actualmente na Secção de Instrumentação (SE/IT).

### 6. Estrutura do Laboratório – Pessoal

A criação deste sector implicou reunir alguns recursos humanos existentes e dispersos no IH, mas que desenvolvem actualmente actividades relacionadas com a manutenção e calibração da instrumentação técnico-científica. Apesar do IH ter no seu quadro de pessoal alguns militares dos Quadros Permanentes, como forma de garantir a continuidade e sustentação temporal, o Sector de Calibração será constituído exclusivamente por pessoal do Quadro de Pessoal Civil do IH (QPCIH).

Os recursos humanos envolvidos neste projecto não se resumem apenas aos do Sector de Calibração, para além destes últimos, podemos ainda identificar grupos adicionais quer sejam de investigação,

desenvolvimento ou implementação actualmente nas Divisões da Direcção Técnica.

### 7. Estrutura do Laboratório – Instalações

O Laboratório de Calibração será instalado num espaço existente nas Instalações Navais da Azinheira, no Seixal. A remodelação do Pavilhão 1 visa o aproveitamento dos espaços para a edificação das salas de calibração e gabinetes de trabalho, numa área total de aproximadamente 400 m<sup>2</sup>.

O espaço total encontra-se dividido por áreas funcionais, nomeadamente:

- Preparação / Manutenção de equipamentos – 100 m<sup>2</sup>,
- Salas de calibração (6) – 105 m<sup>2</sup>,
- Gabinetes de apoio (6) – 112 m<sup>2</sup>,
- Instalações sanitárias e vestiário – 17 m<sup>2</sup>;

As salas de calibração estão equipadas de sofisticados equipamentos que permitem a monitorização das condições atmosféricas, em termos de humidade relativa e temperatura, de forma a efectuar o registo permanente destes dados que usualmente constarão dos certificados de calibração.



Figura 3 – Enquadramento paisagístico do Laboratório de Calibração.

## 8. Resultados esperados

O IH está a levar a cabo o processo de implementação do Sistema de Gestão da Qualidade com base na norma EN ISO 9001, aplicada à instituição de uma forma geral. Esta norma abrangerá, de igual modo, os produtos e serviços do Laboratório de Calibração.

Neste âmbito o objectivo do laboratório será ainda o da acreditação segundo a norma ISO/IEC 17025, que pretende estabelecer a sua competência técnica para uma série de ensaios, medidas e calibrações. Este sistema deverá ser implementado após um período razoável de estabelecimento dos procedimentos base, formação adequada do pessoal, formulação e adequação dos processos de calibração, consolidando desta forma as boas práticas laboratoriais do serviço que se propõe prestar.

Para que se possam obter os resultados esperados em termos de reconhecimento externo e validação de processos, há que estabelecer parcerias

com outros laboratórios estrangeiros de reputação conhecida e reconhecida por entidades competentes, de forma a realizar ensaios de inter-comparação laboratorial, para que os valores resultantes de um ensaio efectuado no laboratório sejam idênticos em Portugal, Espanha ou Inglaterra.

Os resultados que se esperam obter, são na sua essência, um Laboratório de Calibração com processos automatizados e capacidade de responder a este nível às necessidades do IH, da Marinha e de outras entidades externas, como sendo, outros ramos das Forças Armadas, Universidades, Pólos de I&D e outras Organizações congéneres.

O IH com a implementação deste projecto dá um forte impulso como Laboratório de Estado no desenvolvimento do sector reforçando a componente de Investigação e Desenvolvimento no âmbito do estudo dos Oceanos e das Ciências do Mar, contribuindo, de igual modo, para o desenvolvimento do País.

## 9. Considerações finais

O Instituto Hidrográfico tem, nos últimos anos, preparado o caminho para a implementação de um Laboratório de Calibração. A realização deste projecto, neste momento, contou com um impulso no campo financeiro e tecnológico, que permitiu a edificação das suas infra-estruturas.

O projecto em execução pretende dar resposta às necessidades de Calibração de equipamentos técnico-científicos e sensores de âmbito Oceanográfico e Meteorológico do IH, da Marinha e de outras entidades externas, como sendo, outros ramos das Forças Armadas, Universidades, Pólos de I&D e outras Organizações congéneres, contando, para o efeito, com um Laboratório acreditado e adequado às exigências actuais e futuras.

A quantidade de equipamentos existente bem como o reduzido investimento efectuado, determi-

nam o carácter rentável no campo económico do projecto, impulsionando a actividade no sector como factor essencial ao desenvolvimento de uma competitividade leal e salutar. A esta característica deve acrescer o facto deste projecto poder afirmar-se no sector como de relevante importância face aos inúmeros contactos e cooperações que o IH, como Laboratório do Estado, mantém e fomenta, contribuindo para o estudo dos Oceanos e das Ciências do Mar de uma forma geral.

### Agradecimentos

Ao Capitão-tenente Nelson Pedrosa Ruivo da Silva por em 2005 ter sido o grande impulsionador deste projecto que se encontrava adormecido nas gavetas do Instituto Hidrográfico.

## Referências

IPQ (1996) – *Vocabulário internacional de metrologia*, 2.<sup>a</sup> edição.

## Contactos electrónicos

Francisco Assunção –  
camara.assuncao@hidrografico.pt

Manuel Marreiros –  
ramalho.marreiros@hidrografico.pt

# As Estratégias de Amostragem e a Inferência Estatística

Ana Cardoso, Assessora

**Resumo** A maior parte das estratégias de amostragem para monitorização de ecossistemas carece de replicação espacial e temporal sendo os locais e os momentos de amostragem escolhidos de forma subjectiva. Esta subjectividade condensa a representatividade da amostragem e reflecte-se na avaliação quantitativa das variáveis e das estimativas dos parâmetros inerentes que, estando sujeitas a diversos tipos de erros e à variabilidade natural, são inexactas. Na tentativa do conhecimento do grau de incerteza das suas conclusões o experimentador é envolvido com a inferência estatística na interpretação e planeamento da experimentação. Uma amostragem inadequada pode camuflar situações de excedência dos níveis máximos recomendados ou pode, por outro lado, permitir identificar variações ambientais não significativas.

**Palavras-chave:** amostragem, replicação, aleatoriedade, inferência estatística, análise de variância

**Abstract** *he frequent lack of randomness and spatio-temporal replication in sampling strategies used for ecosystem monitoring limits the representativeness of the data obtained. This lack of representativeness reflects itself on the quantitative evaluation of variables and estimated parameters, which, being submitted to different types of errors and to natural variability, are inexact. While trying to understand the uncertainty in his conclusions the experimenter is involved with statistical inference in designing and interpreting the experiment. Inadequate sample strategies can obscure exceeding maximum recommended levels situations or otherwise, allows the identification of non-significant changes under the environmental point of view.*

**Keywords:** sampling, replication, randomness, statistical inference, analysis of variance

## 1. Introdução

A identificação, a avaliação e a resolução de problemas ambientais em sistemas marinhos, exige a realização de estudos de monitorização. Os dados assim obtidos para determinadas variáveis constituem uma base de informação representativa do ecossistema em estudo.

A maior parte das estratégias de amostragem utilizadas em monitorização de ecossistemas não incluem replicação espacial e temporal. Os locais e os momentos de amostragem são escolhidos de forma subjectiva. Para além da ausência de aleato-

ridade, que condensa a representatividade da amostragem, a frequência insuficiente com que as variáveis são determinadas no tempo ou no espaço dificulta a avaliação da variabilidade. Esta subjectividade reflecte-se na avaliação quantitativa das variáveis e nas estimativas dos parâmetros inerentes que, estando sujeitas a diversos tipos de erros e à variabilidade natural dos sistemas são inexactas. O envolvimento do experimentador com o erro e a tentativa do conhecimento do grau de incerteza das suas conclusões são responsáveis pelo inevitável envolvi-



mento da inferência estatística na interpretação e planeamento da experimentação (Underwood, 1997).

## 2. Características das séries de dados hidrológicos

No âmbito dos estudos de monitorização dos sistemas marinhos, a aquisição de dados físico-químicos, geológicos e biológicos tem tido um interesse crescente nomeadamente na aplicação de um vasto leque de abordagens utilizadas para a sua interpretação.

De acordo com Lettenmaier (1988) e Bodo (1989) as séries de dados hidrológicos apresentam características que podem violar os pressupostos fundamentais dos procedimentos estatísticos tradicionais, dificultando ou inviabilizando a sua aplicação. São exemplo as situações em que as séries de dados são reduzidas face aos objectivos de estudo, têm um grande número de variáveis, apresentam lacunas e caracterizam-se pela ausência de replicação no espaço e no tempo. Também as situações em que houve alteração das metodologias analíticas ao longo do tempo, existem valores extremos, aberrantes ou duvidosos e ao nível do limite de quantificação, existe elevada variabilidade natural ou baixa razão sinal/ruído, existe dependência temporal intra e inter-variáveis e existem distribuições de frequências não normais, caracterizadas por assimetrias e ausência de homogeneidade de variâncias, são críticas em termos de análise estatística.

## 3. As metodologias estatísticas para a análise de dados

A aplicabilidade das metodologias estatísticas para a análise de dados depende do problema em estudo, do tipo de variáveis e das respectivas escalas de medida.

Quando se pretende efectuar uma análise descritiva ou exploratória, ou seja, detectar padrões e regularidades nos dados observados, o uso intuitivo de métodos gráficos é geralmente adequado como instrumento de diagnóstico. São métodos que não exigem qualquer requisito ou inferência formal que distinga padrões aleatórios de padrões sistemáticos ou que quantifique o grau de confiança

das conclusões (Bodo, 1989). Pelo facto de permitirem uma visão mais clara da significância dos aspectos físicos dos dados, podem ser úteis no estabelecimento de uma base correcta para a condução dos procedimentos estatísticos formais e rigorosos.

A inferência estatística permite efectuar uma análise do tipo confirmatória. São formuladas hipóteses iniciais que deverão ser suportadas pelos dados analíticos. Com base em probabilidades de ocorrência, quantificáveis a um determinado grau de confiança, as hipóteses inicialmente formuladas serão retidas ou rejeitadas de acordo com essa avaliação (Reis, 1997; Swihart & Slade, 1986).

## 4. Condicionalismos da amostragem para a aplicação da inferência estatística

A replicação e a aleatoriedade desempenham ambas duas funções na experimentação – melhoram as estimativas e permitem o recurso a testes. A replicação reduz os efeitos do ruído e permite estimar o erro através do qual a significância dos factores em estudo deverá ser avaliada. A aleatoriedade elimina os possíveis erros do experimentador, aumenta a exactidão das estimativas e é condição necessária para a validade dos testes de significância (Hurlbert, 1984). A ausência de replicação e aleatoriedade na amostragem condiciona a distinção clara entre as diferenças que são devidas ao factor em estudo e as diferenças devidas a outros factores, podendo as diferenças encontradas ser incorrectamente atribuídas ao modelo proposto.

Nos casos de dados espaciais não replicados apenas se podem demonstrar as diferenças entre locais, sem, no entanto, as poder associar à existência de um determinado efeito. As sinergias entre os factores em estudo não podem ser detectadas e a interpretação da significância dos efeitos principais é, portanto, equívoca.

Em termos práticos, a análise de variáveis numa estratégia espacial do tipo *locais perturbados versus locais controlo*, pode ser realizada desde que as variáveis de interesse não se confundam com outros factores, tais como os padrões naturais. Os locais deverão ser subamostrados aleatoriamente e distarem o suficiente para evitar a autocorrelação espacial.

A análise temporal é comparativamente mais problemática. O tempo é uma variável unidireccional

e cumulativa nas suas conseqüências o que dificulta o planeamento dos estudos ambientais e a aplicação da inferência estatística aos dados resultantes, dada a não independência dos erros (Green, 1993). Embora os momentos de amostragem possam estar suficientemente afastados para reduzir a autocorrelação temporal, sob o ponto de vista prático esta estratégia não é seguida em muitos dos tradicionais estudos de monitorização contínua. Na dimensão temporal há um menor controlo nas condições da amostragem e a probabilidade de sobreposição dos padrões de existência natural aos diferentes momentos de amostragem, é um problema maior (Green, 1993).

Os resultados de uma amostragem são estatisticamente diferentes se a amostragem for repetida nos mesmos locais ou se a amostragem for aleatória em cada momento sucessivo. Enquanto que na amostragem aleatória os locais não têm qualquer correspondência nos dois momentos, na amostragem repetida, as determinações em momentos sucessivos num dado local estão de algum modo correlacionadas entre si. Embora o uso deste tipo de dados em análise estatística possa ser apropriado em determinadas circunstâncias, o seu tratamento como amostras independentes invalida a aplicação da análise de variância (ANOVA) porque é violado um dos pressupostos da análise (Green, 1993). Quando a amostragem não é representativa pode sempre recorrer-se ao conhecimento e intuição científicos para a análise de dados, mas deverá evitar-se o recurso à inferência estatística (Underwood, 1981; 1997; Hurlbert, 1984).

## 5. Programas de monitorização:

### Aspectos conceptuais

A maior parte dos programas de monitorização de sistemas marinhos é concebida para avaliar se os efeitos da poluição são aceitáveis dentro de determinados limites ou para detectar variações de curto ou de longo prazo (Cavanagh *et al.*, 1998). A eficiência destes programas passa pelo reconhecimento de que a variabilidade dos sistemas marinhos pode ser tão elevada que muitos dos efeitos negativos, induzidos pelo homem, podem ser de difícil identificação (Chapman *et al.*, 1987).

A concepção ou revisão de uma estratégia de

amostragem deve centrar-se nas fontes de variabilidade com interesse sob o ponto de vista ambiental em detrimento de outras fontes. No entanto, as estratégias seguem frequentemente outras anteriores, consistindo numa rede de estações circundantes ao local perturbado, no qual uma série padrão de determinações químicas, físicas e biológicas é efectuada. A periodicidade da amostragem é muitas vezes arbitrária, recaindo em práticas anteriores, constrangimentos logísticos ou modelos pré-concebidos. De um modo geral não existe um conceito claro da percepção de como os dados obtidos deverão ser usados para cumprir os objectivos propostos. O aumento do número de estações e variáveis a determinar é um procedimento comum, acreditando-se que a maior quantidade de dados permitirá alcançar respostas para os objectivos do programa (Cavanagh *et al.*, 1998; Segar & Stamman, 1986). Um programa de amostragem deverá incluir a definição do número e localização geográfica dos locais de amostragem, o número de replicados e a frequência de amostragem, parâmetros que serão estabelecidos a um nível de confiança estatístico especificado e com o mínimo comprometimento dos recursos disponíveis.

### i) Variabilidade, Escalas de Interesse e Replicação

As fontes de variabilidade em dados ambientais incluem a variabilidade espacial e temporal (em escalas inferiores às de interesse), a variabilidade na amostragem, a variabilidade na medição e a variabilidade associada à irreprodutibilidade na obtenção, no armazenamento e na preparação da amostra para análise (Segar & Stamman, 1986).

A variabilidade temporal pode ser afectada por factores naturais como a distribuição não uniforme da poluição (devido à topografia), a meteorologia e a acção das marés. Por outro lado, os mecanismos físicos, químicos e biológicos que regulam os processos de acumulação e degradação dos poluentes são também responsáveis pela variação ao longo do tempo (Cavanagh *et al.*, 1998).

Segundo Underwood (1993), na análise de padrões temporais a replicação a escalas mais reduzidas é sempre necessária para que se possa demonstrar que as tendências temporais eventualmente detectadas contabilizam as flutuações de curto prazo.

Como se pode observar na Figura 1, as tendências sazonais aparentes, reflectidas por amostragens sazonais sem replicação no tempo, podem conduzir a conclusões erradas (Underwood, 1997).

A fixação da escala deverá ir ao encontro do requerimento da independência dos dados, um dos pressupostos mais importantes da maior parte dos procedimentos estatísticos. A redução do tamanho da área a amostrar e o aumento do número de replicados são regras fundamentais em estudos ecológicos porque o aumento do número de graus de liberdade aumenta a precisão das estimativas e permite maior robustez nos testes estatísticos. A escolha do mesmo número de replicados em cada zona é também importante já que muitos dos testes estatísticos comparativos requerem igual número de observações ou, caso contrário, exigem cálculos de maior complexidade (Underwood, 1997).

Em 1979, Green e Elliot descreveram um método simples para determinar um número razoável de replicados ( $n$ ), descrito através da equação 1, onde  $LC$  são os limites de confiança em torno da média,  $s$  o desvio padrão e  $t_{\alpha}$  o valor da distribuição  $t$ -student para o nível de significância e graus de liberdade considerados. Em estudos ambientais o valor de  $\alpha$  é geralmente fixado em 0,05 embora segundo Cavanagh *et al.* (1998) existam circunstâncias em que um valor inferior é apropriado.

$$n = \left( \frac{t_{\alpha} s}{LC} \right)^2$$

(equação 1)

Quanto menor for o nível de precisão permitido para as estimativas, menor será o número de replicados a considerar. De acordo com Underwood (1997), o interesse em aumentar a precisão da amostragem depende do uso que se pretende dar aos dados resultantes, devendo ter-se presente que determinadas variáveis poderão estar ao nível de ocorrência natural. Perante o número de replicados a efectuar, existem estratégias de actuação que poderão simplificar a amostragem relativamente ao peso da replicação. Uma delas é o alargamento da área a amostrar, não se devendo esquecer o inerente

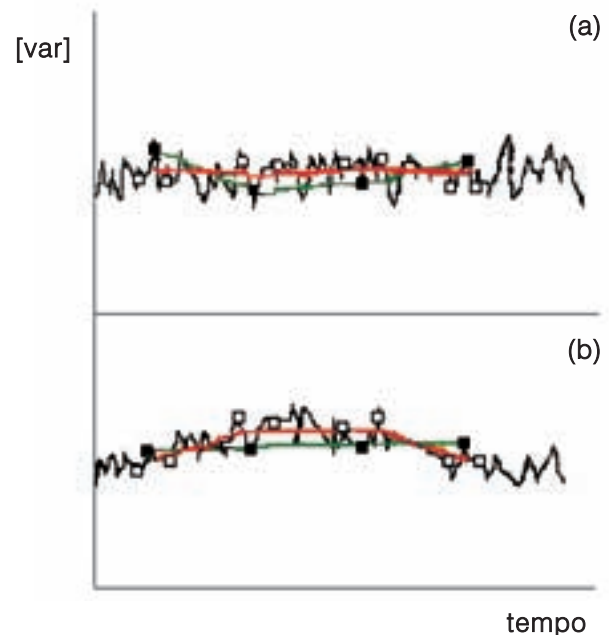


Figura 1

A influência da replicação da amostragem nas distribuições temporais de duas variáveis (a) e (b) e na análise de padrões sazonais é evidenciada por esta figura, adaptada de Underwood (1997). Em cada uma das estações do ano e para ambas as variáveis considera-se uma única amostragem (pontos ■) ou três amostragens (pontos ■ e □). Considerando uma única amostragem por estação do ano e unindo estes pontos (linha verde) ter-se-á para a variável (a) a sensação de um padrão sazonal que não aparece para a variável (b). Se porém se considerar os valores médios da amostragem replicada (linha vermelha), constata-se que a variável (a) é praticamente constante e portanto não apresenta um padrão sazonal e que a variável (b) apresenta um padrão sazonal, apesar das flutuações de pequeno prazo.

aumento de heterogeneidade. Noutra perspectiva, poderá considerar-se um erro superior para as estimativas das médias das variáveis. Assumindo a replicação requerida, poderá considerar-se a amostragem do total de replicados repartida em dias consecutivos (mantendo próximas as condições de maré), assumindo a não existência de variações de um dia para o outro (Cavanagh *et al.*, 1998).

Um outro problema prático surge quando se segue uma estratégia de amostragem de medidas repetidas. Aqui, existe sempre o problema da dependência espacial e temporal. A aleatoriedade na amostragem será a melhor solução. Em termos espaciais poderá manipular-se a replicação, implementando uma malha de passo constante que

cubra toda a zona em estudo. A malha poderá ter uma definição de 50 m de lado e definirá os locais de colheita dos replicados. Em cada momento, os replicados serão colhidos num número de quadrados escolhidos aleatoriamente e registados os posicionamentos. Se na selecção dos quadrados ocorrerem reincidências, poderá adoptar-se o critério de rejeição, seleccionando outro quadrado substituto.

## ii) Locais de Amostragem

A selecção de locais de amostragem com posicionamento permanente é provavelmente um dos passos mais críticos no planeamento de programas de monitorização. Para efectuar um levantamento da qualidade de um sistema, em que o objectivo da monitorização é estabelecer as características gerais da massa de água, os locais são seleccionados para integrar e detectar o maior número de fontes possível. Segundo Cavanagh et al. (1998) podem definir-se macro-localizações e micro-localizações. As macro-localizações identificam áreas que são escolhidas para satisfazer os objectivos do programa e implicam critérios de selecção como as dimensões do sistema, geologia, clima e sazonalidade, entre outros. O acesso ao local é também um aspecto importante a ter em consideração. As pontes são um bom suporte para fixar este tipo de locais de amostragem, porque permitem um acesso fácil e uma amostragem dos cursos de água em pontos da secção perpendicular. Se o curso de água for navegável por embarcação, poderá escolher-se o local, não sendo importante o acesso por terra. As micro-localizações são independentes dos objectivos e podem ser seleccionadas aleatoriamente para assegurar a representatividade da amostragem.

Quando se detectam diferenças na qualidade da água da foz de um rio, os níveis atingidos reflectem a integração de todas as fontes e podem permitir uma estimativa da carga poluente com que o curso de água contribui para o sistema para onde flui. No caso de descargas pontuais, deverá definir-se um local a jusante da descarga, localizado num ponto representativo da pluma do efluente, no topo do início da zona de diluição. Os outros locais deverão ficar localizados a uma distância suficientemente a jusante para permitir a homogeneização. Em sis-

temas dinâmicos onde a homogeneização seja rápida, a amostragem a uma única profundidade é geralmente representativa (Cavanagh *et al.*, 1998). Sempre que possível, os locais de monitorização da qualidade da água devem ser localizados próximos de estações de quantificação, nomeadamente de caudais, o que facilita a avaliação de cargas e de concentrações dependentes do fluxo. Há ainda a considerar que as interacções complexas entre as componentes físicas, químicas e biológicas deverão ser consideradas na selecção dos locais específicos. Nos locais de colheita de amostras de água, ou em locais tão próximos quanto possível, deverão ser também efectuadas colheitas de amostras biológicas e de sedimento.

## iii) Frequência de Amostragem

A frequência de amostragem é função dos objectivos estatísticos do programa de monitorização. Um maior número de determinações aumentará a precisão, diminuirá a probabilidade de ocorrência de desvios e aumentará o poder da componente estatística (Underwood, 1997). Segundo Cavanagh *et al.* (1998) um esforço na amostragem poderá ser requerido durante períodos críticos, nomeadamente em períodos de fluxo reduzido em que a diluição é minimizada sendo maior a concentração poluente, ou em períodos de maior fluxo, associados a maiores cargas. A presença de novas estações num programa de monitorização também implica que a frequência de amostragem possa ser inicialmente mais elevada de modo a que num dado período de tempo definido, um número suficiente de observações esteja disponível para uma avaliação estatística das variações e tendências. O planeamento experimental deverá, portanto, ter em consideração a variabilidade natural dos sistemas, em particular a variabilidade sazonal e a variabilidade associada aos fluxos. Em sistemas pequenos há uma resposta rápida à pluviosidade com a consequente alteração dos fluxos e características de qualidade. Poderão ocorrer alterações significativas em apenas algumas horas, nomeadamente picos de nutrientes associados a episódios de ocorrências (Cavanagh *et al.*, 1998). Se o objectivo da monitorização for a detecção de valores extremos, serão necessárias medições muito frequentes. A frequência de amostragem para monitorizar

nutrientes, oxigénio dissolvido, pH e temperatura é complexa porque estes parâmetros podem flutuar, diária e sazonalmente. Nestes casos, quando a amostragem automática não for possível, a amostragem manual diária será a melhor opção.

#### iv) Variáveis de Interesse

Considerado o sistema a monitorizar e a forma de atingir a sua representatividade através da amostragem, a selecção das variáveis relevantes deverá ser definida em compromisso com a legislação vigente, os tipos de usos da zona e dados anteriores que permitam ter um historial do sistema. Em todos os casos deverá evitar-se a redundância na obtenção de dados, em particular nas variáveis que satisfaçam o mesmo objectivo. As variáveis assim seleccionadas deverão ser sensíveis às potenciais perturbações do sistema e funcionar como indicadores. De acordo com Cavanagh *et al.*, (1998) deverão ainda ser consideradas as variáveis que apresentem níveis elevados à data do estudo ou então que se preveja virem a sofrer alterações. Contudo, quando os custos analíticos forem a componente mais restritiva do projecto, as variáveis a monitorizar deverão ser alvo de cuidadosa reflexão, podendo a sua determinação analítica ficar condicionada a áreas junto às fontes. Em caso de interesse, poderá efectuar-se a subamostragem pontual de locais ou áreas adjacentes às fontes antropogénicas, relativamente a determinadas variáveis específicas. O importante será sempre limitar a componente analítica às variáveis de maior interesse através de uma estratégia que permita, não só a minimização simultânea dos custos totais e da variância do erro, mas também a aplicação de testes estatísticos aos dados resultantes.

Se as fontes antropogénicas forem contínuas e se as suas características e taxas de entrada não variarem, então o ecossistema monitorizado atingirá em tempos sucessivos um estado estacionário relativo a cada contaminante, consoante os seus tempos de meia vida característicos (Segar & Stamman, 1986). Segundo estes autores, atingido o estado estacionário, poderá ser possível reduzir substancialmente ou eliminar determinadas medições. Considere-se o exemplo de um dado contaminante cuja taxa de entrada na coluna de água por via an-

tropogénica é muito reduzida e cujo incremento de concentração no ambiente, após diluição mínima inicial, não excede consistentemente uma quantidade mensurável ou é insignificante quando comparado com a concentração e variabilidade natural. Nesta situação, as determinações desta variável poderão ser excluídas de rotina podendo a monitorização do contaminante ser avaliada através da concentração e taxas de entrada junto às fontes antropogénicas. Se as taxas de entrada atingirem níveis que possam conduzir a um aumento significativo na concentração ambiental, esta variável só então deverá ser reconsiderada no programa e revista a frequência de determinação e a área de amostragem inicialmente planeada (Segar & Stamman, 1986).

## 6. Interpretação por análise de variância

A necessidade do envolvimento da robustez estatística no planeamento experimental de um programa tem sido amplamente considerada na literatura (Andrew & Madstone, 1987; Fairweather, 1991; Nicholson & Fryer, 1992; Sheppard, 1999; Mumby, 2002). Os requisitos estatísticos inerentes à obtenção de dados da amostragem implicam o reconhecimento da variabilidade natural e a tentativa de delimitação dessa variabilidade, o estabelecimento do nível de significância como critério de rejeição ou retenção da hipótese nula ( $H_0$ ) e a estimativa do tamanho da amostra necessário para testar a  $H_0$ , ao nível de confiança fixado (Cavanagh *et al.*, 1998).

De acordo com as  $H_0$  a testar assim se deverá definir o tipo de estratégia a seguir. A ANOVA metodologia estatística que permite efectuar comparações entre a variância inter e intra-amostral a um dado nível de confiança, pode ser usada para testar os efeitos do factor *zona* e do factor *tempo* nas concentrações das variáveis (Andrew & Mapstone, 1987). Os dois factores referidos são fixos, porque quer no caso do factor *tempo*, quer no caso do factor *zona*, os níveis incluídos na estratégia de amostragem são previamente definidos. Se se considerar ainda a realização da amostragem ao longo de vários anos ter-se-á um factor fixo adicional, ou seja, o factor ano. Por outro lado, os momentos de amostragem em cada período de tempo (replicados temporais) representam um factor aleatório, sendo por isso a análise de variância descrita como sendo de modelo



Fonte de Variação	g.d.l.	Soma dos Quadrados dos Desvios	Desvio Médio Quadrático	Razão-F
DIFERENÇAS ENTRE ZONAS	$a-1$	$SS_Z = \sum_{i=1}^a (\bar{x}_i - \bar{X})^2$ $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n x_{ijk}}{atn}$ $\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n x_{ijk}}{tn} = \frac{\sum_{j=1}^t \bar{x}_{j(i)}}{t}$	$MS_Z = SS_Z / (a-1)$	$\frac{MS_Z}{MS_{T(Z)}}$
DIFERENÇAS ENTRE MOMENTOS DE AMOSTRAGEM “ANINHADOS” NAS ZONAS	$a(t-1)$	$SS_{T(Z)} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t (\bar{x}_{j(i)} - \bar{x}_i)^2$ $\bar{x}_{j(i)} = \frac{\sum_{k=1}^n x_{ijk}}{n}$	$MS_{T(Z)} = SS_{T(Z)} / a(t-1)$	$\frac{MS_{T(Z)}}{MS_R}$
DIFERENÇAS ENTRE REPLICADOS EM CADA NÍVEL DO FACTOR TEMPO “ANINHADO” NO FACTOR ZONA	$at(n-1)$	$SS_R = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{j(i)})^2$	$MS_R = SS_R / at(n-1)$	
TOTAL	$atn-1$	$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (x_{ijk} - \bar{X})^2$		

Quadro 1. Análise de Variância para Uma Estratégia Temporal Hierárquica.

misto (Underwood, 1997). Para uma dada variável, a comparação da concentração média de todos os momentos numa dada zona, com a concentração média dos replicados de cada zona em cada momento, pode ser considerada como um teste de hipótese relativamente aos factores em estudo. O número de replicados deverá ser igual em cada momento de amostragem e o número de momentos deverá ser igual em cada zona. Uma amostragem que considere diferentes números de replicados tenderá a resultar em heterogeneidade de variâncias, quer entre zonas, quer entre momentos de amostragem.

Tal como descrito por Pestana & Gageiro (1998), a aplicação da ANOVA implica que os resultados da amostragem cumpram determinados pressupostos, como a normalidade, a homogeneidade de variâncias (ou seja, as concentrações nas diferentes zonas não diferem significativamente entre si) e a

independência. Considere-se o exemplo em que um sistema é amostrado num número de ( $a$ ) zonas, ( $t$ ) vezes em cada ano. Cada zona é ainda sub-amostrada por ( $n$ ) replicados, em cada momento. No Quadro 1 são apresentadas as expressões analíticas para o cálculo das diferentes variâncias que permitem o teste da razão-F onde:

- $MS_Z$  representa a variância das zonas,
- $\bar{X}$  representa a média dos ( $n$ ) replicados em cada momento  $t$ ,
- $MS_{T(Z)}$  representa a variância dos momentos de amostragem em cada zona,
- $\bar{x}_{j(i)}$  representa média de cada momento ( $j$ ) numa dada zona ( $i$ ),
- $MS_R$  representa a variância dos replicados da amostragem
- g.d.l representa o número de graus de liberdade em cada estimativa

Uma vez definido o objectivo da amostragem é importante que este possa ser convertido sob a forma de  $H_0$ . As  $H_0$  a estabelecer propõem-se testar a não existência de diferenças significativas entre as médias de concentração de uma variável nas diferentes zonas num dado momento ou para uma dada zona, entre momentos. Considerando a realização da estratégia ao longo de vários anos podem ainda definir-se múltiplas  $H_0$  de tal modo que seja possível efectuar comparações das diferenças entre anos numa determinada zona. No caso das  $H_0$  serem rejeitadas, ou seja, quando houver significância do factor em estudo haverá interesse em identificar quais os níveis do factor cuja variância é significativa. A condução de testes que efectuem comparações múltiplas, como o teste de Student-Newman-Keuls, poderá ser uma solução viável (Statsoft, 1995 a).

## 7. Considerações finais

A maior parte das estratégias de amostragem para avaliação do estado da qualidade de um sistema costeiro carece de replicação espacial e temporal. A correlação espacio-temporal, os desvios à normalidade e a heterogeneidade de variâncias são características dos dados resultantes que violam pressupostos fundamentais para a aplicação da ANOVA. Na abordagem à ANOVA é importante considerar que na ausência de replicação ou na presença de uma replicação inconsistente, quer a significância das sinergias, quer a ausência de diferenças significativas na sazonalidade, por exemplo, não devem ser interpretadas como manifestas evidências. Nestas situações a variabilidade dos dados poderá sobrepor-se aos efeitos naturais de menor intensidade. No planeamento de uma estratégia de amostragem para a avaliação de padrões espacio-temporais é, pois, fundamental que os dados resultantes possam ser analisados através de comparações estatísticas adequadas a um nível de confiança conhecido.

As questões orçamentais são um dos maiores constrangimentos no desenvolvimento de programas de monitorização. Se as verbas consideradas forem insuficientes para atingir os objectivos, ou seja, obter respostas com confiança estatística, então ou os objectivos deverão ser revistos e simplificados ou os fundos deverão ser alargados. Em cada situação

o que é importante é definir o objectivo do estudo e analisar se o orçamento permite atingir o nível de precisão pré-determinado. Em alternativa, poderão considerar-se os custos mínimos e verificar se o nível de precisão atingido, ou seja, o poder do programa de detectar diferenças, se adequa aos objectivos propostos. A concepção de um planeamento experimental deverá sempre salvaguardar os aspectos fundamentais da amostragem, nomeadamente o cumprimento dos objectivos, a exequibilidade do trabalho experimental e a adequabilidade dos dados a uma correcta análise e interpretação. O envolvimento da componente estatística na amostragem implica que se deva considerar que a variabilidade natural e a imprecisão experimental podem obscurecer uma determinada variação, dificultando a distinção entre casualidade e a ocorrência efectiva de uma dada alteração. Experimentalmente, é comum a ocorrência de variâncias significativas, mas é relativamente às pequenas variações que se deverá acautelar a sua correcta interpretação. Somos frequentemente tentados a encontrar com natural facilidade determinados padrões nos dados de que dispomos.

Quando apenas se pretende uma estimativa grosseira dos efeitos, ou quando o custo da replicação é muito elevado, as estratégias que não envolvem replicação podem ser a única ou melhor opção. Nesta situação, aquilo que é questionável é a atribuição de um rigor excessivo às conclusões derivadas da aplicação incorrecta da inferência estatística.

A reavaliação contínua da área a ser monitorizada, através do cruzamento da informação da monitorização com informações relativas aos processos de transporte e caracterização dos fluxos de propriedades físicas, químicas e biológicas, poderá evitar a obtenção de dados desnecessários. Se um dado efeito não exceder o nível máximo recomendado na zona adjacente ao local perturbado, então poderá pôr-se a hipótese de que a mesma descarga possa não afectar locais mais remotos de modo a exceder esse mesmo nível (Segmar & Stamman, 1986). Em suma, uma amostragem inadequada pode camuflar situações de excedência dos níveis máximos recomendados ou, por outro lado, permitir identificar variações não significativas sob o ponto de vista ambiental.

## Referências

- Andrew, N. L. & Mapstone, B. D. (1987) – *Sampling and the Description of Spatial Pattern in Marine Ecology*. Oceanography Marine Biology Annual Review. 25: 39-90.
- Bodo, B. A. (1989) – *Robust Graphical Methods for Diagnosing trend in Irregularly Spaced Water Quality Time Series*. Environmental Monitoring and Assessment. 12: 407-428.
- Cavanagh, N., Nordin, R. N., Pommen, L. W. & Swain, L. G. (1998) – *Guidelines for Designing and Implementing a Water Quality Monitoring Program in British Columbia*. Resources Inventory Committee Publications.  
[Em linha] URL: <http://www.for.gov.bc.ca/ric/pubs/aquatic/design/Design-03.htm>
- Chapman, P. M., Dexter, R. N. & Goldstein, L. (1987) – *Development of Monitoring Programmes to Assess the Long-term Health of Aquatic Ecosystems. A model from Puget Sound, USA*. Marine Pollution Bulletin. 18(10): 521-527.
- Fairweather, P. G. (1991) – *Statistical Power and Design Requirements for Environmental Monitoring*. Australian Journal of Freshwater Research. 45: 555-567.
- Green, R. H. (1993) – *Application of Repeated Measures Designs, in Environmental Impact and Monitoring Studies*. Australian Journal of Ecology. 18:81-98.
- Hurlbert, S. H. (1984) – *Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments*. Ecological Monographs. 54(2): 187-211.
- Lettenmaier, D. P. (1988) – *Multivariate Nonparametric Tests for Trend, in Water Quality*. Water Resources Bulletin. 24(3): 505-512.
- Mumby, P. J. (2002) – *Statistical Power of Non-Parametric Tests: A Quick Guide for Designing Sample Strategies*. Marine Pollution Bulletin. 44: 85-87.
- Nicholson, M. D. & Fryer, R. J. (1992) – *The Statistical Power of Monitoring Programmes*. Marine Pollution Bulletin. 24(3): 146-149.
- 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.
- Segar, D. A. & Stamman, E. (1986) – *Fundamentals of Marine Pollution Monitoring Programme Design*. Marine Pollution Bulletin. 17(5): 194-200.
- Sheppard, C. R. C. (1999) – *How Large Should My Sample Be? Some Quick Guides to Sample Size and the Power of Tests*. Marine Pollution Bulletin. 38(6): 439-447.
- Statsoft, Inc. (1995a) – *STATISTICA for Windows (Volume I): General Conventions and Statistics I*. 2nd Edition. USA. StatSoft, Inc. Pp. 1001-1878.
- Swihart, R. K. & Slade, N. A. (1986) – *The Importance of Statistical Power when Testing for Independence in Animal Movements*. Ecology. 67(1): 255-258.
- Underwood, A. J. (1981) – *Techniques of Analysis of Variance in Experimental Marine Biology and Ecology*. Oceanography Marine Biology Annual Review, 19: 513-605.
- Underwood, A. J. (1993) – *The Mechanics of spatially Replicated sampling Programmes to Detect Environmental Impacts in a Variable World*. Australian Journal of Ecology, 18: 99-116.
- Underwood, A. J. (1997) – *Experiments in Ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance*. UK. Cambridge University Press. 504 pp.

## Contactos electrónicos

Ana Cardoso – [ana.cardoso@hidrografico.pt](mailto:ana.cardoso@hidrografico.pt)



# Monitorização da Área Envolvente a Sete Emissários da Costa Portuguesa: a Qualidade dos Sedimentos

Ana Cardoso, Assessora  
Carla Palma, Assessora

**Resumo** Os emissários submarinos são sistemas destinados a lançar no mar águas residuais que já sofreram um determinado grau de tratamento numa ETAR. Alguns constituintes conservativos do efluente poderão não ser degradados, acabando por acumular nas áreas envolventes aos exutores. Para avaliar o efeito das descargas e o grau de contaminação dos sedimentos, foram monitorizados sete emissários da costa portuguesa: Viana do Castelo, Matosinhos, Gaia, Espinho, Figueira da Foz, Sesimbra e Sines. Os resultados foram obtidos com base em cinco amostragens realizadas pelo Instituto Hidrográfico, que decorreram semestralmente entre 2002 e 2004. Os sedimentos foram avaliados através das suas concentrações características em metais pesados, pesticidas organoclorados, PCBs, hidrocarbonetos e PAHs.

**Palavras-Chave:** emissários, sedimentos, metais, compostos orgânicos

**Abstract** *Ocean outfalls discharges treated water effluent to a waterway on the ocean, with the consequent possibility of contaminant accumulation near the discharge point. To assess the discharges effects on sediment contamination, seven outfalls on the Portuguese coast were monitored: Viana do Castelo, Matosinhos, Gaia, Espinho, Figueira da Foz, Sesimbra and Sines. Five sampling campaigns were performed between 2002 and 2004 by the Hydrographic Institute. Sediments were evaluated for grain size, heavy metals, chlorinated pesticides and PCBs, PAHs and hydrocarbons.*

**Keywords:** *ocean outfalls, sediments, metals, organic compounds*

## 1. Introdução

Os emissários submarinos são sistemas destinados a lançar no mar águas residuais que já sofreram um determinado grau de tratamento numa Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). A sua concepção visa aproveitar a grande capacidade de depuração do oceano, onde as águas descarregadas serão submetidas a processos naturais de diluição e degradação no meio receptor. Apesar da dinâmica natural dos sistemas, alguns constituintes conservativos do efluente poderão não ser degradados,

acabando por acumular nas áreas envolventes aos exutores.

A monitorização dos sedimentos desempenha um papel fundamental em estudos de contaminação pois estes actuam como um reservatório de contaminantes e portanto como fonte destes contaminantes para a coluna de água e seres vivos (Baudou *et al.*, 1990; Loring, 1991). Em ambientes com baixa energia os sedimentos finos depositados têm elevada capacidade de adsorção (Kersten & Smedes, 2002).



Pelo contrário, em ambientes em que a energia da camada de água sobrenadante é elevada, como acontece em águas costeiras e oceânicas, a capacidade adsortiva e as velocidades de deposição dos contaminantes nos sedimentos são reduzidas. As áreas circundantes aos emissários são geralmente áreas com hidrodinamismo elevado, sendo caracterizadas por sedimentos arenosos e de baixo teor em carbono orgânico total. Esta quase completa ausência da fracção fina nos sedimentos, responsável pela maior afinidade e capacidade de adsorção

para os poluentes, reduz naturalmente o impacto ambiental das descargas efectuadas pelos emissários.

De modo a poder avaliar o efeito das descargas no grau de contaminação dos sedimentos, foram monitorizados sete emissários da costa portuguesa doravante designados por: EVC – Emissário de Viana do Castelo, EM – Emissário de Matosinhos, EG – Emissário de Gaia, EE – Emissário de Espinho, EFF – Emissário da Figueira da Foz, ESE – Emissário de Sesimbra e ESI – Emissário de Sines, cuja localização se pode observar na Figura 1.



Figura 1 – Emissários submarinos da costa portuguesa monitorizados

Na tabela 1 apresentam-se algumas características dos emissários, nomeadamente a data de entrada em serviço, o tipo de águas residuais colectadas, o tipo de tratamento efectuado na unidade de tratamento de águas residuais antes da descarga e a população equivalente servida. Apesar de todos os emissários envolverem uma componente urbana

e industrial, o emissário da Figueira da Foz e o emissário de Sines são essencialmente industriais. Servem indústrias de pasta de papel e química, respectivamente. O elevado nível de tratamento efectuado em Sesimbra (desinfecção UV) é justificado devido à proximidade de praias muito povoadas na época de verão.

Características	Viana do Castelo (EVC)	Matosinhos (EM)	Gaia (EG)	Espinho (EE)	Figueira da Foz (EFF)	Sesimbra (ESE)	Sines (ESI)
Data de entrada em serviço	1973	1999	1992	1999	1995	2000	1978
Tipo de tratamento da ETAR	Secundário	Primário	Secundário	Secundário	Primário Secundário	Terciário	Secundário
População equivalente (p.e.)	20 000	150 000	230 000	74 000	155 000	30 000	38 000

Tabela 1 – Características dos sete emissários. Fonte: Freire (2006) e LNEC (2003)

O estudo de monitorização foi efectuado duas vezes por ano no período de 2002 a 2004, nas estações da Primavera e do Outono (em 2004 apenas foi efectuada uma amostragem no Outono). As estações de amostragem localizaram-se na área de descarga dos emissários e foram definidas de acordo com os padrões de dispersão previstos tendo em conta as correntes locais. A estratégia de amostragem seguida pretendeu cumprir o objectivo do estudo, ou seja, uma caracterização generalizada das áreas referidas. Assim, o número de estações de amostragem definidas restringiu-se ao necessário para efectuar a referida avaliação. Foram consideradas três estações de amostragem em cada emissário, à excepção do emissário de Sesimbra onde foram efectuadas colheitas em sete locais. Os resultados do estudo permitiram caracterizar espacial e temporalmente os sedimentos localizados na zona de descarga dos emissários submarinos.

## 2. Metodologia: Amostragem e Análises Químicas

As amostras de sedimento foram colhidas com draga do tipo Smith – Mc-Intyre. As amostras foram preparadas para análise através da homogeneização, crivagem a húmido a 2mm e congelamento em contentores apropriados. Para a análise de granulometria não foi necessário efectuar qualquer preservação.

As amostras de sedimento foram analisadas em termos de metais pesados, pesticidas organoclorados,

policlorobifenilos (PCBs), hidrocarbonetos, hidrocarbonetos poliaromáticos (PAHs) e granulometria. A análise de metais pesados e compostos organoclorados foi realizada nas amostras secas por liofilização, enquanto que a análise de hidrocarbonetos e PAHs foi efectuada em amostras húmidas. Para a análise de metais as amostras foram digeridas com ácidos fortes e quantificadas por espectrometria de absorção atómica (Loring, 1990). Os pesticidas organoclorados e PCBs foram extraídos em soxhlet seguido de uma purificação por cromatografia em coluna de adsorção de alumina, um fraccionamento por cromatografia de adsorção em coluna de sílica e quantificação por cromatografia gasosa equipada com coluna capilar e detector de captura electrónica (GC-ECD) (Smedes & Boer, 1997). Os hidrocarbonetos e os PAHs foram extraídos por saponificação (NaOH) seguido de extracção líquido-líquido com pentano e purificação do extracto por cromatografia de adsorção em coluna de sílica. A quantificação foi efectuada por espectroscopia de ultravioleta e fluorescência (UVF) e por cromatografia gasosa com detector de massas (GC-MS), respectivamente (Kelly *et al.*, 2000).

A granulometria dos sedimentos foi efectuada por difracção de raios laser num MALVERN 2000 para as partículas das classes inferiores a 500  $\mu\text{m}$ . Para as classes granulométricas superiores foram utilizados os métodos clássicos de fraccionamento com peneiros.

### 3. Apresentação e Discussão de Resultados

Para a análise temporal dos resultados que se efectua em cada sistema foram consideradas as médias de concentração do conjunto de estações amostradas em cada um dos momentos de amostragem considerados. Os valores médios consideraram sete estações de amostragem para o emissário de Sesimbra e três estações de amostragem para os outros emissários.

Os sedimentos superficiais nas áreas afectas às descargas dos emissários são, de um modo geral arenosos, como se pode observar pelas baixas percentagens da fracção fina (silte e argila) apresentadas na Figura 2.

Nas figuras 3, 4 e 5 apresentam-se as concentrações médias em metais pesados características dos sedimentos superficiais localizados na área de descarga dos emissários estudados. Apesar da variabilidade temporal que se observa, existem determinadas semelhanças entre o padrão de variação da Figura 2 e os padrões de variação das Figuras 3, 4 e 5 que sugerem que a quantidade de metais acumulados nos sedimentos está associada à respectiva fracção fina. É o caso do crómio, cobre e zinco que, para vários emissários, acompanham a variação da fracção de silte e argila. Verifica-se, portanto, uma tendência para um aumento das concentrações de metais quando a fracção fina nos sedimentos é mais elevada, podendo o chumbo constituir excepção. A entrada do chumbo nos

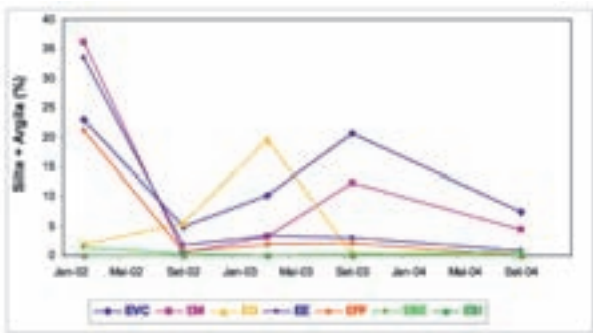


Figura 2 – Fracção fina – silte e argila (<math><63 \mu\text{m}</math>) – dos sedimentos superficiais localizados na área de descarga dos emissários estudados

sistemas pode fazer-se também por via atmosférica e, sob pressão significativa, acumular em concentrações apreciáveis mesmo em sedimentos com menor percentagem da fracção fina. A acumulação de chumbo nos sedimentos arenosos do emissário de Sines pode sugerir uma entrada atmosférica local significativa, compatível com a forte industrialização da zona.

Os teores em manganês apresentados na Figura 4 são mais elevados nos emissários de Viana do Castelo e de Espinho, facto que poderá estar relacionado com a constituição natural dos sedimentos (Araújo et al 2002).

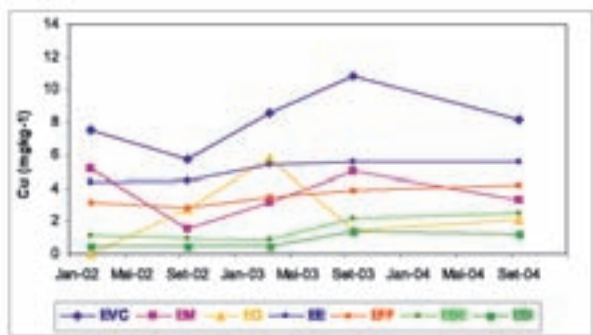
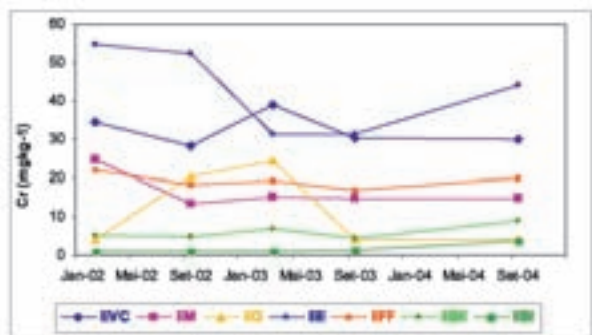


Figura 3 – Concentrações médias de crómio (Cr) e cobre (Cu) nos sedimentos superficiais localizados na área de descarga dos emissários estudados

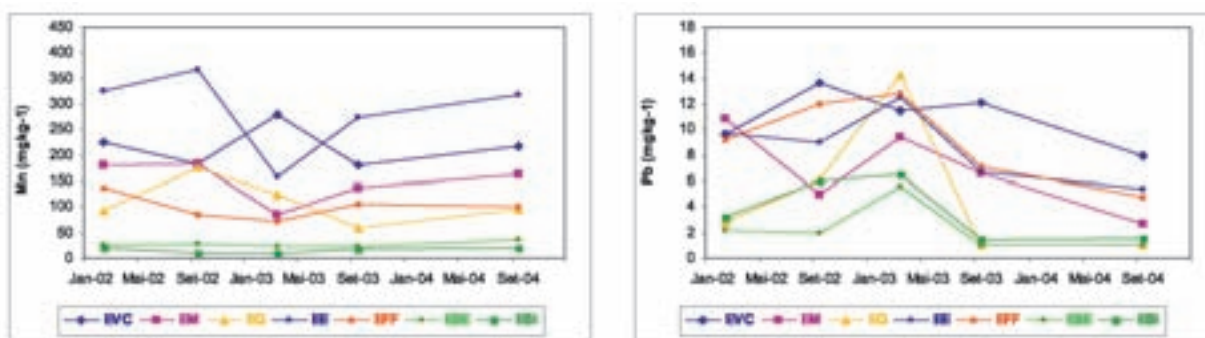


Figura 4 – Concentrações médias de manganês (Mn) e chumbo (Pb) nos sedimentos superficiais localizados na área de descarga dos emissários estudados

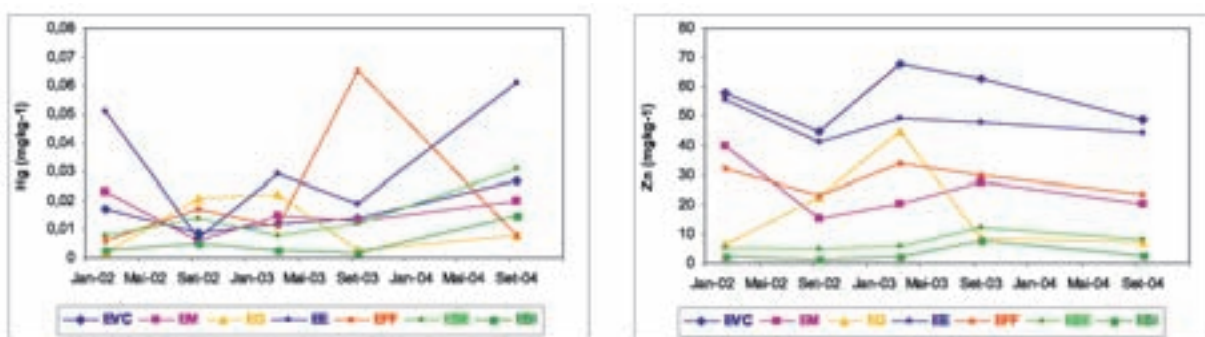


Figura 5 – Concentrações médias de mercúrio (Hg) e Zinco (Zn) nos sedimentos superficiais localizados na área de descarga dos emissários estudados

Um dos aspectos importantes na análise de contaminantes é poder efectuar comparações com padrões que permitam definir e caracterizar o estado de qualidade ecológica dos sistemas. Actualmente, a legislação nacional ainda é omissa relativamente a indicadores de contaminação em sedimentos em estudos de monitorização.

O Despacho conjunto n.º 141/95, de 21 de Junho, do Ministério do Ambiente e Recursos Naturais e do Ministério do Mar, efectua a classificação de materiais dragados de acordo com o seu grau de contaminação em metais e compostos orgânicos tendo em vista o seu destino final de deposição. Com a devida precaução, este tipo de classificação pode servir de referência para a avaliação dos níveis de contaminação actuais dos sedimentos de superfície analisados. De acordo com o referido despacho, os sedimentos são classificados em cinco classes – da Classe 1 à Classe 5 – que consideram graus de contaminação crescentes.

Relativamente ao cromo ( $<50 \text{ mgkg}^{-1}$ ), cobre ( $<35 \text{ mgkg}^{-1}$ ), chumbo ( $<50 \text{ mgkg}^{-1}$ ), mercúrio ( $<0,5 \text{ mgkg}^{-1}$ ) e zinco ( $<100 \text{ mgkg}^{-1}$ ), os sedimentos analisados pertencem à Classe 1, identificada como “Material dragado limpo – pode ser depositado no meio aquático ou reposto em locais sujeitos a erosão ou utilizado para alimentação de praias sem normas restritivas”.

Outros indicadores ecológicos que também podem ser utilizados na avaliação dos resultados obtidos no presente estudo de monitorização são os Critérios de Avaliação Ecotoxicológicos (CAE). Os CAE são definidos pela OSPAR como níveis aproximados de concentração abaixo dos quais o potencial de adversidade é mínimo (OSPAR Commission, 2000a, b). Na Tabela 2 podem consultar-se os CAE provisórios para determinados metais num sedimento de referência contendo 1 % de carbono orgânico total (COT).



Composto	CAE (mgkg-1)
Cu	5 – 50
Hg	0,05 – 0,5
Pb	5 – 50
Zn	50 – 500

Tabela 2 – Critérios de Avaliação Ecotoxicológica (CAE) Provisórios para Metais num Sedimento de Referência com 1 % de COT (OSPAR, 1997)

Observando as Figuras 3, 4 e 5 pode constatar-se que os máximos registados para o cobre, mercúrio, chumbo e zinco estão próximos dos limites inferiores dos intervalos que caracterizam os CAE.

Os teores de pesticidas organoclorados e PCBs registados foram, em todos os emissários estudados, muito baixos, com valores frequentes ao nível do limite de quantificação da técnica.

A Figura 6 mostra que as concentrações médias temporais de hidrocarbonetos (expressas em equivalentes de Ekofisk, base seca) em sedimentos superficiais próximos dos emissários apresentam um comportamento semelhante ao dos PAHs na Figura 7. De facto, os emissários de Viana do Castelo e de Sesimbra apresentam concentrações temporais crescentes, possivelmente relacionadas com a variabilidade da fracção fina dos sedimentos assim como com condições locais.

Os hidrocarbonetos poliaromáticos (PAHs) naturais

e antropogénicos são comuns no ambiente marinho e mesmo as áreas remotas apresentam concentrações baixas devido a entradas antropogénicas. As áreas costeiras são afectadas por inúmeras fontes antropogénicas (Page *et al.*, 1999).

Na Figura 7 estão representadas as concentrações médias de PAHs nos sedimentos superficiais localizados na área de descarga dos emissários estudados. O emissário de Viana do Castelo registou um aumento de concentração que pode estar relacionadas com o correspondente aumento da fracção fina nos sedimentos. O emissário de Sesimbra é caracterizado por concentrações significativas de PAHs apesar da fracção fina que caracteriza esses sedimentos ser desprezável, como se pode observar na Figura 2. Neste caso, a acumulação de PAHs nos sedimentos pode dever-se às fontes locais de descarga e à capacidade de adsorção destes compostos em sedimentos de maior granulometria.

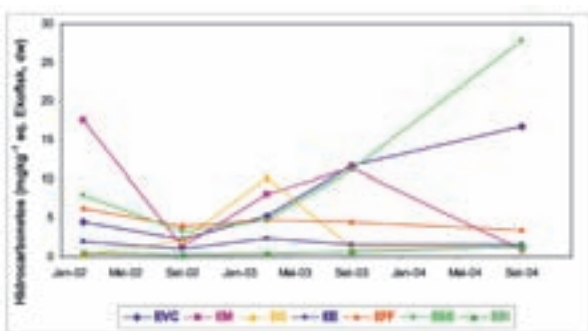


Figura 6 – Concentrações médias de hidrocarbonetos em sedimentos superficiais localizados na área de descarga dos emissários estudados

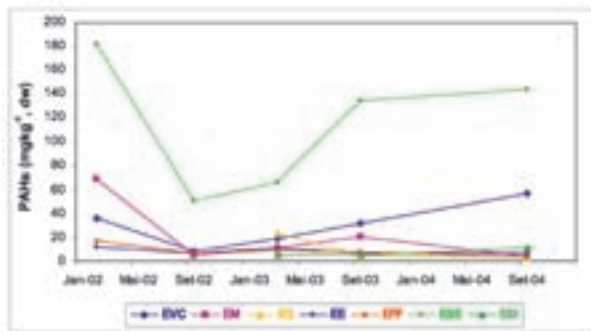


Figura 7 – Concentrações médias de PAHs nos sedimentos superficiais localizados na área de descarga dos emissários estudados



Recorrendo novamente ao Despacho conjunto e à abordagem da classificação dos sedimentos enquanto material dragado a depositar, verifica-se que, relativamente aos PAHs ( $<300 \mu\text{gkg}^{-1}$ ) os sedimentos classificam-se na classe 1.

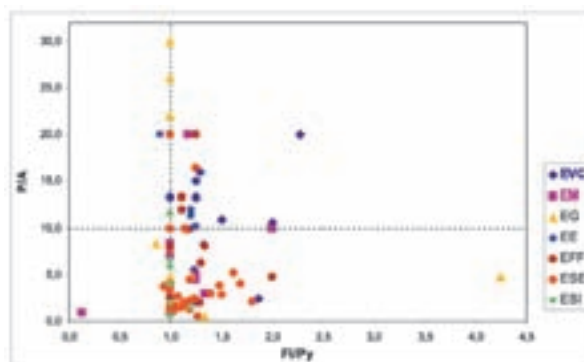
Pelo facto dos PAHs poderem ser naturais e antropogénicos, a identificação da sua origem é um dado importante em estudos de monitorização.

O perileno é um PAH biogénico, gerado através de processos biológicos. Contudo, não pode ser usado como critério único na avaliação das fontes de PAHs porque pode também ser produzido em processos de combustão (Wang *et al.*, 1999). Outro modo de avaliar as origens da contaminação por PAHs é através do quociente de determinados hidrocarbonetos aromáticos. As razões das concentrações do fenantreno e antraceno (F/A) e fluoranteno

e pireno (F/Py) podem ser utilizadas para caracterizar as fontes de contaminação. Se a razão F/A for menor do que 10 e a razão F/Py maior do que 1, a contaminação por PAHs pode ter origem em processos de combustão (Benlahcen, 1997). A abordagem de Benlahcen (1997) foi aplicada ao estudo presente numa tentativa de identificar o tipo de fonte dos PAHs detectados nas áreas envolventes aos emissários.

Na figura 8 observa-se a dispersão dos quocientes referidos correspondentes aos vários emissários. No entanto, a distribuição que se observa para o emissário de Sesimbra (ESE) está confinada no domínio definido por  $y < 10$  e  $x > 1$  o que, de acordo com o autor, sugere que os PAHs poderão ter sido formados em processos de combustão. Os processos de combustão poderão estar na origem das concentrações significativas evidenciadas na Figura 7.

Figura 8 – Razões de concentração de fenantreno e antraceno (P/A) e fluoranteno e pireno (F/Py) para todos os locais amostrados em 2002-2004.



#### 4. Conclusões

As zonas onde ocorrem descargas dos emissários submarinos estão situadas ao longo da costa em áreas hidrodinâmicas que favorecem a diluição e a dispersão das águas residuais. Os sedimentos nessas zonas caracterizaram-se de um modo geral como areias, com baixas percentagens de fracção fina.

Apesar de se verificarem pontualmente alguns valores mais elevados de metais, hidrocarbonetos e PAHs, a maior parte dos teores são baixos, evidenciando a baixa capacidade de adsorção deste tipo de sedimentos para os contaminantes.

A comparação dos resultados obtidos com a classificação considerada no Despacho Conjunto N.º 141/95 ou com os Critérios de Avaliação Ecotoxicológicos da OSPAR, sugere que os sedimentos analisados apresentam níveis de contaminantes muito inferiores aos valores que, de um e outro modo, poderiam suscitar eventual preocupação.

Nos objectivos da Lei da Água (DL n.º 58/2005, de 29 de Dezembro), considerados no Art. 1.º g), é referido que se deverá “proteger as águas marinhas, incluindo as territoriais”. Neste contexto, as descargas dos emissários submarinos constituem uma ameaça ao meio receptor se não forem tomadas as devidas medidas de controlo ecológico. Apesar de pertinentes, os estudos em sedimentos não são ferramenta única no conhecimento dos ecossistemas. Considera-se, pois, que uma perspectiva de estudo integrada é fundamental para garantir que os sistemas marinhos mantêm o seu equilíbrio em todos os seus compartimentos. As componentes água e vida marinha, bem como a caracterização analítica dos efluentes à saída das ETARs, são cruciais para uma melhor compreensão do impacto ambiental decorrente das descargas dos emissários.

## Referências

- Araújo, M. F., Jouanneau, J. M., Valério, P., Barbosa, T., Gouveia, A., Weber, O., Oliveira, A., Rodrigues, A. & Dias, J. M. A. (2002) – *Geochemical Tracers of Norther Portuguese Estuarine Sediments on the Shelf*. Progress in Oceanography. 52: 277-297.
- Baudo, R., Giesy, J. P., Muntau, H. (Eds.) (1990) – *Sediments: Chemistry and Toxicity of In-Place Pollutants*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers.
- Benlahcen, K. T., Chaoui, A., Budzinski, H., BellocQ, J., Garrigues, PH. (1997) – *Distribution and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Some Mediterranean Coastal Sediments*. Marine Pollution Bulletin. Vol. 34(5): 298-305.
- Despacho conjunto N.º 141/95, de 21 de Junho.
- Freire, A. (2006) – *Campanha de Inspeções a ETAR com Descarga em Zonas Balneares Costeiras 2005*. Relatório Técnico, Inspeção-Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa, 2006, 49 pp.
- Kelly, C. A., Law, R. J., Emerson, H. S. (2000) – *Methods of analyzing hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in marine samples*. Aquatic Environment Protection: Analytical Methods. CEFAS. Lowestoft, 12, 18 pp.
- Kersten. M., Smedes F. (2002) – *Normalization procedures for sediment contaminants in spatial and temporal trend monitoring*. Journal of the Environment Monitoring. 4: 109-115.
- LNEC (2003) – *Submarine Outfalls Structural Behaviour – Submarine Outfalls in Portugal*. Technical Report 24/03 – NPE, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Janeiro 2003, Lisbon, VIII+171 pp.
- Loring, D.H. (1990) – *Marine Chemistry*. Vol. 29: 155.
- Loring, D. H. (1991) – *Normalization of heavy-metal data from estuarine and coastal sediments*. ICES Journal of Marine Science. 48: 101-115.
- OSPAR Commission (2000 a) – *Quality Status Report 2000: OSPAR Commission*, London. 108 + vii pp.
- OSPAR Commission (2000 b) – *Quality Status Report 2000: Region IV – Bay of Biscay and Iberian Coast*. OSPAR Commission, London. 134 + xiii pp.
- Page, D. S., Boehm, P. D., Douglas, G. S., Bence, A. E., Burns, W. A., Mankiewicz, P. J. (1999) – *Pyrogenic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments Record Past Human Activity: A case Study*, in Prince William.
- Smedes, F., Boer, J. (1997) – *Determination of chlorobiphenyls in sediments-analytical methods*. Trends in analytical chemistry. Vol. 16(9): 503-517.
- Wang, Z., Fingas, M., Page, D. S. (1999) – *Oil Spill Identification*. Journal of Chromatography A. Vol. 843: 369-411.

## Contactos electrónicos

Ana Cardoso – ana.cardoso@hidrografico.pt

Carla Palma – carla.palma@hidrografico.pt

# Método de Ensaio para Análise de Metais Vestigiários em Amostras de Sedimento Marinho ou Estuarino

Carla Palma, Assessora  
Manuela Valença, Técnica Especialista Principal

**Resumo** A análise de metais em amostras de águas, sedimentos e seres vivos efectua-se desde 1980 nos laboratórios da Divisão de Química e Poluição do Meio Marinho do Instituto Hidrográfico (QP/IH). Os procedimentos analíticos em vigor ao longo daquele período foram sujeitos a vários ensaios e modificações abrangendo os métodos de extracção e equipamentos utilizados. Apresenta-se neste artigo o método para determinação de metais em amostras de sedimento, utilizado em rotina no sector de metais da QP e alguns resultados que permitem avaliar o desempenho do laboratório.

**Palavras-Chave:** sedimentos, metais, digestão, quantificação

**Abstract** *Trace metal analysis in water samples, sediments and biota is carried out at QP/IH since 1980. The analytical procedures were subjected to trials and modifications in the extraction methods and equipment. This paper describes the method for trace metals analyses in sediments sample and discusses the performance of the laboratory.*

**Keywords:** *sediments, metals, digestion, quantification*

## 1. Introdução

As análises químicas efectuadas em amostras de sedimentos marinhos, estuarinos e de praia, podem ter diversas finalidades, tais como a caracterização geoquímica do meio marinho, a monitorização de efluentes e o apoio à decisão sobre o destino a dar a dragados.

Os procedimentos analíticos utilizados no IH foram sujeitos ao longo dos anos a vários ensaios e modificações abrangendo os métodos de extracção e os equipamentos utilizados. A participação em ensaios de intercalibração com outros laboratórios europeus e a utilização de critérios internos de controlo de qualidade (execução de duplicados, padrões de controlo e a utilização de materiais de referência

certificados) avaliam a qualidade nos resultados obtidos.

Para efectuar a análise de metais em amostras de sedimentos é necessário proceder à digestão da amostra sólida de modo a convertê-la numa solução aquosa, na qual os metais presentes estão numa forma disponível para posterior quantificação. O método seguido no IH tem sido a digestão dos sedimentos com ácidos fortes, designado por digestão total (Loring & Rantala, 1990; Palma *et al.*, 2002). Os estudos efectuados permitiram concluir quais as quantidades óptimas de ácidos para uma digestão eficiente. No entanto, o método tem sido também caracterizado pela evolução dos equipamentos de

aquecimento utilizados, os quais variaram desde que em 1980 se iniciaram as análises de metais: entre 1980 e 1987 a digestão era efectuada numa placa de aquecimento; de 1987 até 1999 em banho-maria e a partir de 2000 até hoje em microondas.

A análise quantitativa é efectuada por espectrofotometria de absorção atómica com chama, vapor frio ou gerador de hidretos, consoante o metal a analisar. A quantificação é efectuada por comparação com padrões previamente preparados, através de recta de calibração ou através do método da adição padrão quando há interferências (Vandecasteele & Block, 1993). Os equipamentos utilizados desde 1980 foram três, tendo o último espectrofotómetro de absorção atómica sido adquirido em 2002. Com esta aquisição passou a ser possível analisar o metal arsénio por gerador de hidretos.

Os ensaios efectuados que conduziram ao método utilizado em rotina foram apresentados e analisados num relatório, *Comparação de métodos de extracção de metais em sedimentos*, que está em publicação (Palma & Valença, 2006).

Neste trabalho apresenta-se o método seleccionado para determinação de metais em amostras de sedimentos e que é utilizado em rotina no sector de metais.

## 2. Método: reagentes, equipamento e procedimento

Os reagentes utilizados na digestão dos sedimentos são o ácido fluorídrico (HF) – grau de pureza sp (40%), o ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) – grau de pureza sp (65%), o ácido clorídrico (HCl) – grau de pureza sp (30%), a água régia – preparada com HCl e HNO<sub>3</sub> na proporção de 3:1 e o ácido bórico – grau de pureza pa. Todo o material de laboratório utilizado é lavado com detergente apropriado, água ultra pura de grau I, passado com uma solução de ácido nítrico e passado novamente por água.

Os padrões de 1000 mg/l são preparados a partir de ampolas tritisol dos metais alumínio (Al), arsénio (As), cobre (Cu), cádmio (Cd), chumbo (Pb), crómio (Cr), ferro (Fe), mercúrio (Hg), lítio (Li), manganês (Mn), níquel (Ni) e zinco (Zn). A aferição é efectuada com uma solução de HNO<sub>3</sub> a 0,5%. Os padrões intermédios são preparados individualmente a partir dos padrões de 1000 mg/l e aferidos com solução de ácido nítrico a 0,5%.

As amostras recolhidas são conservadas congeladas até à sua análise. Em laboratório, são crivadas em húmido com peneiros de malha 2 mm e 63 µm, posteriormente congeladas a -18 °C, secas por liofilização e moídas em moinho de ágata. Para a análise quantitativa as amostras são pesadas em balança analítica com a precisão de 0,1000 g, a digestão é efectuada num microondas e quantificadas em espectrofotómetro de absorção atómica.

Apresenta-se na Figura 1 um bloco diagrama do método.

(Ver pág. seguinte.)

## 3. Avaliação do método

A avaliação do método em rotina é efectuada através de controlo de qualidade interno e externo. O controlo de qualidade interno baseia-se na análise de brancos, de padrões de controlo, de duplicados, em ensaios de recuperação e em cartas de controlo. O controlo de qualidade externo baseia-se na análise de materiais de referência, na participação em ensaios interlaboratoriais e em ensaios comparativos (Palma & Valença, 2004).

Apresentam-se resultados relativos à utilização de cartas de controlo para padrões de controlo, à utilização de materiais de referência, à análise de duplicados e à participação em ensaios interlaboratoriais.

Os padrões de controlo são soluções com concentrações de metais pré definidas, às quais correspondem valores de absorvância padrão indicados pelo fabricante do equipamento. Estas soluções são preparadas a partir das soluções padrão de 1000 mg/l dos metais a analisar. Estes padrões de controlo permitem efectuar a calibração do equipamento e verificar se os valores de absorvância se mantêm dentro dos limites estipulados pelo fabricante do equipamento. Assim, sempre que são efectuadas análises é necessário preparar padrões de controlo dos metais a analisar.

Para efectuar o controlo contínuo dos resultados obtidos e detectar eventuais desvios dos padrões normais de funcionamento são elaboradas cartas de controlo. Nas cartas de controlo representa-se o valor de absorvância verificado para cada análise. Representam-se também as linhas correspondentes

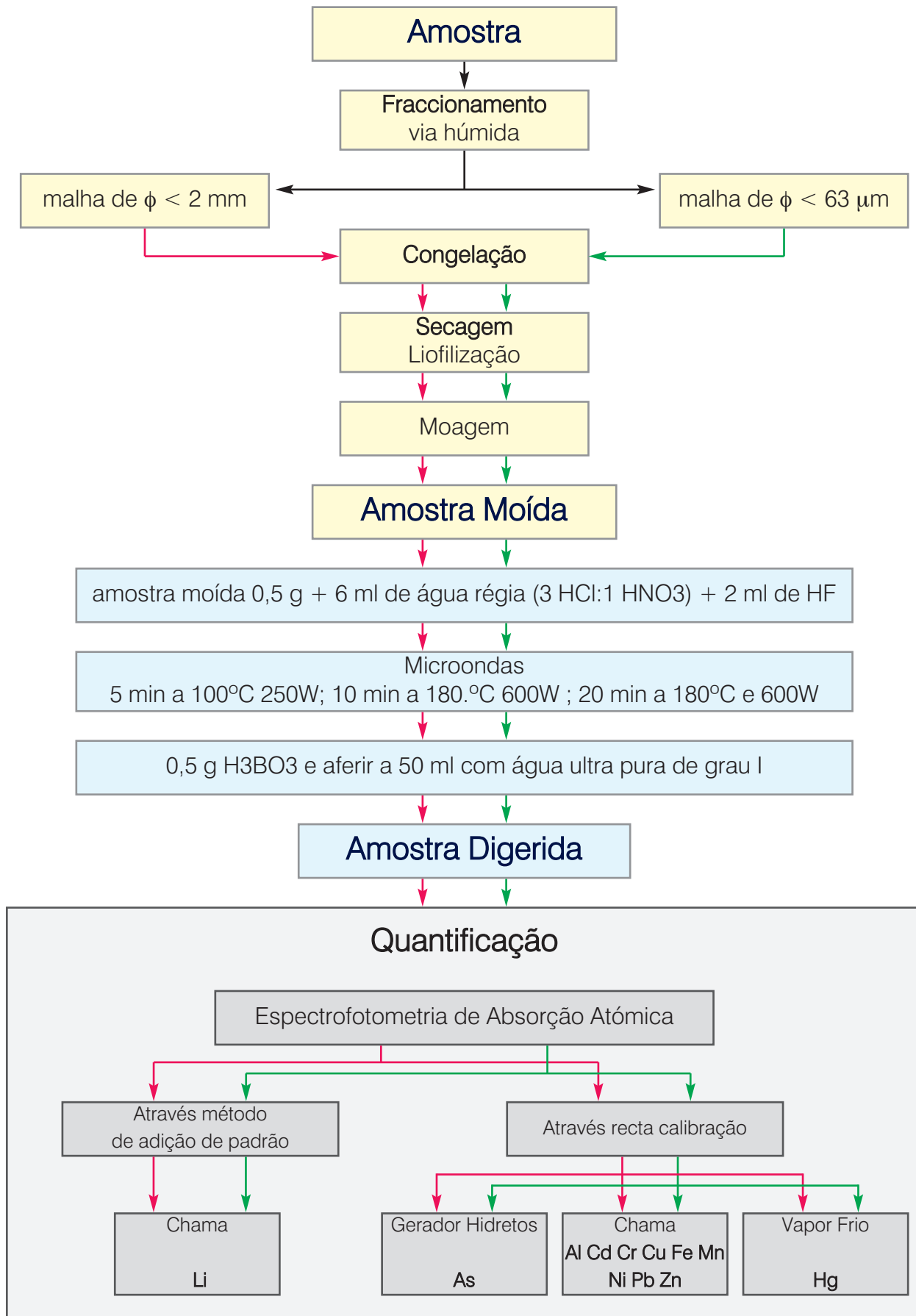


Figura 1 – Diagrama de blocos do método



ao valor médio de todas as análises, valor considerado verdadeiro ( $\mu$ ), assim como as linhas superior e inferior de aviso ( $\mu \pm 2\sigma$ ) e as linhas superior e inferior de controlo ( $\mu \pm 3\sigma$ ). O valor de n representa o número de ensaios que foram efectuados para cada metal. Apresenta-se na Figura 2 os valores de absorvância obtidos para os padrões de controlo referentes aos metais Cr, Cu, Pb e Zn durante um período de 60 meses, entre Julho de 2002 e Dezembro de 2006.

As cartas de controlo apresentadas mostram que os valores de absorvância obtidos com os padrões de controlo se encontram quase sempre dentro dos limites de aviso.

Os materiais de referência são sedimentos cuja composição é descrita nos certificados que os acompanham e cuja análise é efectuada com o mesmo método que está a ser empregue na análise das amostras em rotina. Naquela análise são determinadas percentagens de recuperação dos metais que se sabe comporem o material de referência. Usualmente os materiais de referência utilizados são o sedimento marinho BCR 320 e o sedimento MESS 3. Apresentam-se na Tabela 1 as percentagens de recuperação obtidas para os metais Al, Cr, Cu, Hg, Li, Mn e Zn entre Setembro de 2004 e Outubro de 2006.

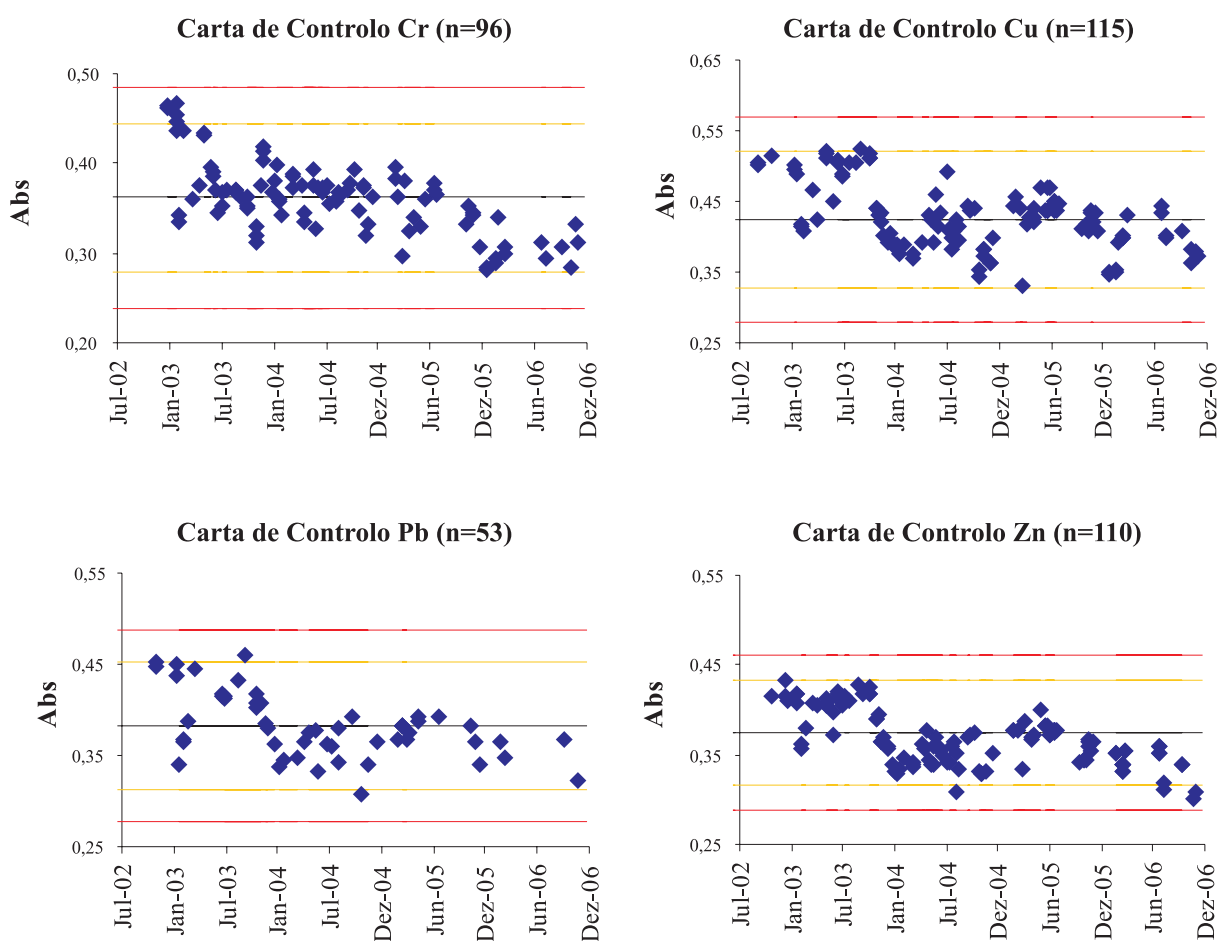


Figura 2 – Cartas de Controlo para os metais Cr, Cu, Pb e Zn (n – n.º de ensaios)

	MESS 3 / BCR 320								
	Set-04	Mar-05	Mar-05	Ago-05	Ago-05	Mar-06	Mar-06	Out-06	Out-06
Al	96	72	-	91	-	95	-	88	-
Cr	101	101	101	95	96	105	100	98	104
Cu	94	95	101	86	91	96	93	100	100
Hg	-	-	-	-	103	-	118	-	105
Li	89	88	-	81	-	96	-	86	-
Mn	79	80	-	73	-	83	-	74	-
Zn	92	93	99	85	90	94	92	93	95

Tabela 1. Recuperação (%) para os materiais de referência BCR 320 e MESS 3

Como se pode verificar pela análise da tabela as recuperações obtidas para o material de referência BCR 320 situam-se entre 90 e 110%, inclusive, com excepção do metal Hg. No que respeita aos metais verifica-se que para as análises aos metais Cr, Cu e Zn as percentagens de recuperação para qualquer dos dois materiais de referência dão boas indicações quanto ao desempenho do método. No que respeita aos metais Al, Li e Mn, somente o material de referência MESS 3 serve para avaliar o desempenho, verificando-se consistentemente valores de recuperação inferiores, na vizinhança de 90%, suscitando indicações que haverá melhorias a introduzir no método. Relativamente ao Hg somente o material de referência BCR 320 serve, verificando-se dois valo-

res consistentes e um que ultrapassa o valor de 110%.

A análise de duplicados permite avaliar a precisão das análises efectuadas. Na análise de duplicados procede-se à análise independente da mesma amostra duas ou mais vezes. Com três ou mais resultados determina-se o coeficiente de variação. Quando este é superior a 10% excluem-se os resultados obtidos. Em rotina são efectuados duplicados a 10% das amostras analisadas. Na Tabela 2 apresenta-se o coeficiente de variação para análises de duplicados realizadas a amostras obtidas no âmbito da participação no programa QUASIMEME, (*Quality Assurance of Information from Marine Environmental Monitoring in Europe*) da União Europeia, entre Outubro de 2003 e Outubro de 2004.

Amostra	Data	N	Coeficiente de Variação (%)								
			Al	As	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn	Ni	Li
QTM061MS	Out. 2003	3	5,0	9,6	2,5	1,1	3,6	3,0	1,9	2,0	2,2
QTM064MS	Out. 2003	6	7,5	7,6	1,5	1,8	7,0	1,5	1,3	1,5	4,4
QTM066MS	Jan. 2004	6	10,6	3,4	2,1	5,0	4,2	1,3	1,5	2,2	2,4
QTM067MS	Jan. 2004	6	2,1	2,6	9,0	6,4	3,2	15,4	2,1	-	4,1
	Out. 2004	3	1,8	21,6	5,2	6,0	-	26,6	2,7	-	5,2
QTM068MS	Out. 2004	8	3,9	17,6	3,2	1,2	0,65	1,8	0,67	7,1	2,8
QTM069MS	Out. 2004	8	2,0	17,1	3,6	3,2	6,8	-	2,1	-	4,6

Tabela 2 – Coeficiente de variação (%) para diferente número de ensaios (N)

Como se pode verificar pela análise da tabela, para os metais Al, Cu, Cr, Hg, Zn, Ni, e Li os valores dos coeficientes de variação são sempre inferiores a 10%, excepto para o Al numa situação. Os valores do coeficiente de variação para o metal Pb são inferiores a 5%, excepto para a amostra QTM067MS, cujo valor de concentração considerado verdadeiro está próximo do limite de quantificação do método.

A participação em ensaios de intercalibração externa no Programa QUASIMEME ocorre desde 1992. Nos ensaios de intercalibração a mesma amostra é distribuída aos laboratórios participantes, os quais analisam aquelas amostras aplicando os seus métodos. Os resultados são enviados ao coordenador do programa, o qual procede ao seu tratamento estatístico adequado, divulgando posteriormente entre todos os laboratórios o valor verdadeiro e os indicadores estatísticos associados. Desta forma cada laboratório pode aferir os seus resultados em função daqueles valores e indicadores estatísticos. O programa QUASIMEME distribui amostras entre os laboratórios participantes duas vezes por ano, correspondendo cada vez a um exercício. O desempenho de cada laboratório é avaliado através de um indicador estatístico (Z-score) para cada parâmetro químico analisado em cada exercício. Quando o valor de Z é inferior a 2 significa que os resultados obtidos pelo laboratório são satisfatórios. Se os valores de Z são entre 2 e 3 significa que os resultados obtidos pelo laboratório são questionáveis. Se os valores de Z são superiores a 3 os resultados obtidos pelo laboratório são não satisfatórios e o laboratório deve elaborar um plano de acção visando determinar as causas para o sucedido e a sua correcção.

Nas Figuras 3 e 4 apresentam-se os resultados obtidos ao longo de vários exercícios. As linhas horizontais a cheio indicam o valor considerado

verdadeiro e as linhas horizontais a tracejado indicam o desvio associado. A amostra QTM067MS foi analisada em dois exercícios (representada a cheio a realizada em Janeiro de 2004 e a vazia a realizada em Outubro de 2004). Na Figura 3 apresentam-se as concentrações obtidas para os metais Al, As, Cr, Cu, Hg, Pb e Zn, cuja quantificação foi efectuada através da recta de calibração. Na Figura 4 apresentam-se os resultados obtidos para os metais Li e Ni pelos dois métodos de quantificação (método da recta de calibração representado por um triângulo e o método da adição padrão representado por um losango).

Como se pode verificar pelas Figuras 3 e 4, os resultados obtidos nas análises aos metais Cu e Zn são bons ao longo de todos os exercícios, encontrando-se o método consolidado. No caso dos metais Al e Hg, verificam-se melhorias significativas nos resultados obtidos ao longo do tempo. As análises ao As apresentam problemas na quantificação que ainda não estão identificados. O Cr apresenta resultados sistematicamente acima do valor considerado verdadeiro e os metais Pb, Ni e Li apresentam sistematicamente valores abaixo do valor considerado verdadeiro, em especial quando as concentrações nesses metais são valores baixos.

A análise dos gráficos da Figura 5, onde está representado o parâmetro estatístico Z, permite concluir que os resultados obtidos no laboratório dos metais do IH são consistentemente satisfatórios quando considerados no universo de laboratórios participantes, com excepção do Pb em 1 exercício e do Ni em 2 exercícios, permitindo concluir que os desvios verificados em relação aos valores considerados verdadeiros também ocorrem na generalidade dos laboratórios participantes.

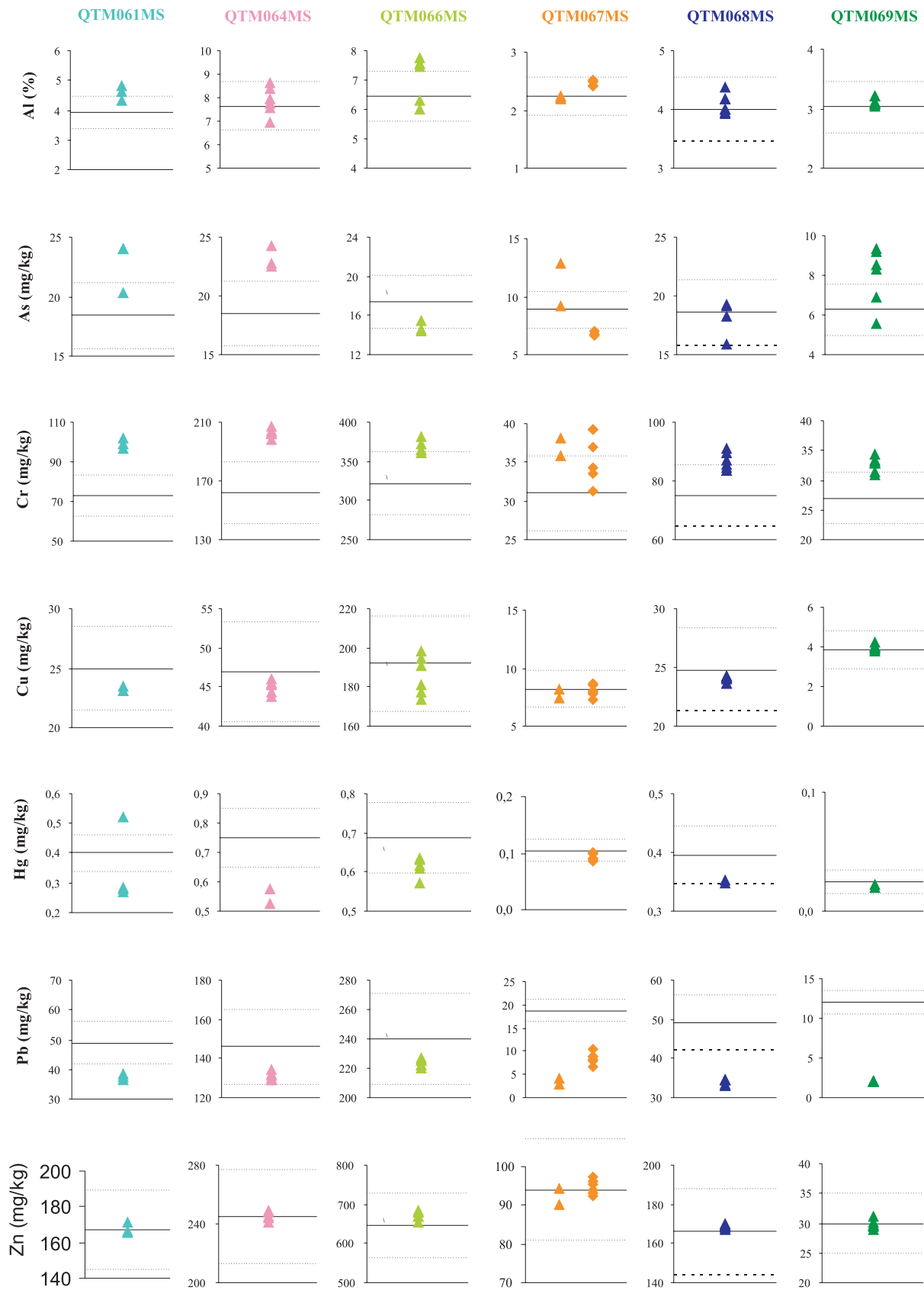


Figura 3 – Concentrações de Al, As, Cr, Cu, Hg, Pb e Zn para cada uma das amostras do programa QUASIMEME assinaladas (QTM061MS, QTM064MS, QTM066MS, QTM067MS, QTM068MS, QTM069MS)

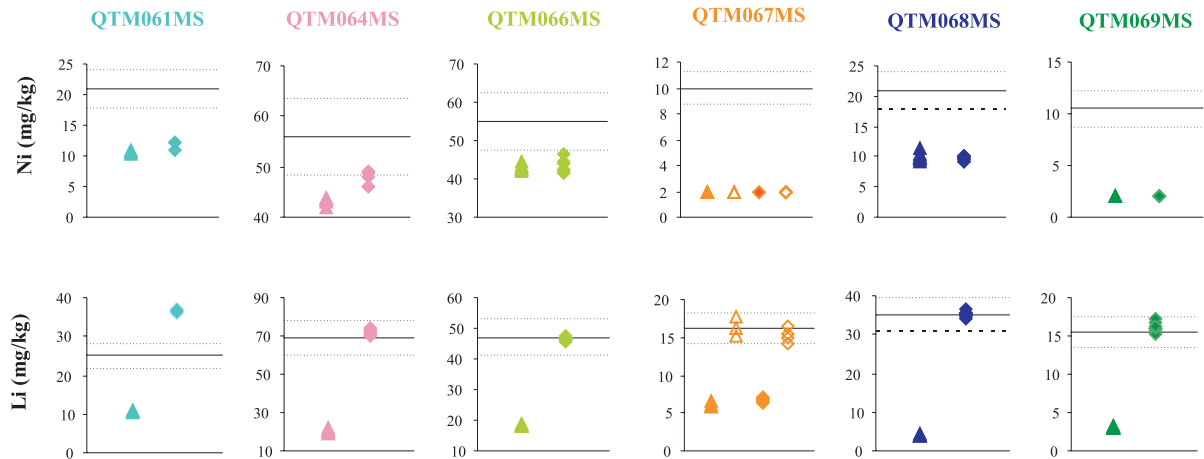


Figura 4 – Concentrações de Ni e Li para cada uma das amostras do programa QUASIMEME assinaladas (QTM061MS, QTM064MS, QTM066MS, QTM067MS, QTM068MS, QTM069MS)

Na Figura 5 apresentam-se os valores de Z obtidos entre Julho de 2003 e Dezembro de 2006 para os metais Cr, Cu, Hg, Zn, Pb, Al, As, Fe, Mn, Li e Ni no programa QUASIMEME.

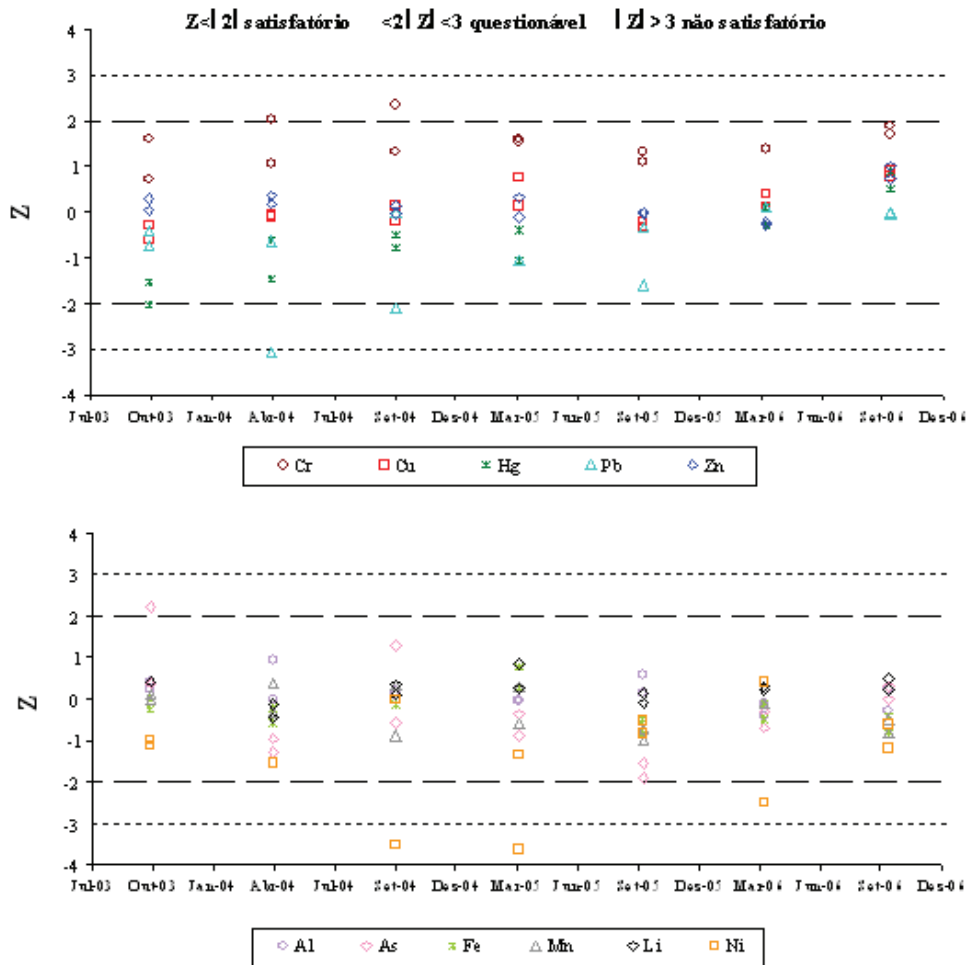


Figura 5 – Valores de Z-score para os metais Cr, Cu, Hg, Zn, Pb, Al, As, Fe, Mn, Li e Ni



## Referências

- Vandecasteele, C., Block, C. B. (1993) – *Modern Methods for Trace Element Determination*. John Wiley and Sons, USA.
- Loring, D. H., Rantala, R.T. T. (1990) – *Techniques in Marine Environmental Sciences* N° 9, Sediments and Suspended particulate matter: Total and partial methods of digestion. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen.
- Palma, C., Valença, M., Smedes, F., Zande, T., (2002) – *Metal contents after digestion with HF in comparison to strong HNO<sub>3</sub>*, poster, Conferência QUASIMEME Measurement in the Marine Environment Challenges and Achievements, Barcelona, Espanha.
- Certificado do material de referência BCR 320*, (1988), Community Bureau of Reference.
- Certificado do material de referência MESS 3*, (2000), National Research Council Canada.
- Relatórios do QUASIMEME *Quasimeme Laboratory Performance Studies*, (1998-2004) dos diferentes ensaios interlaboratoriais.
- Palma, C. M. M., Valença, M., (2004) – *Relatório Técnico Final REL.TF.QP 02/04, Validação Laboratorial – Análise de Metais*, IH, Lisboa.
- Palma, C. M. M., Valença, M., (2006) – *Relatório Técnico Final REL.TF.QP 01/06, Comparação de métodos de extracção de metais em sedimentos*, IH, Lisboa, para publicação.

## Contactos electrónicos

**Carla Palma** – carla.palma@hidrografico.pt

**Manuela Valença** – manuela.valenca@hidrografico.pt



# Automatização dos Procedimentos para as Previsões de Agitação Marítima

Filipe Vieira, Lic. Ciências do Mar, Bolseiro

Sara Almeida, Assessora Principal

Eric Magalhães, Técnico de Informática

**Resumo** A Divisão de Oceanografia do Instituto Hidrográfico produz diariamente previsões de agitação marítima para o Atlântico Norte e para a costa de Portugal Continental, disponíveis ao público através da Internet.

Para o cálculo das previsões de agitação marítima utilizam-se dois modelos numéricos acoplados: o *WAVEWATCH III* que calcula as condições no Atlântico Norte, a 6 dias, e o modelo *SWAN* para a costa de Portugal Continental, até 3 dias.

O processo de automatização deste sistema é complexo e consiste em diversas etapas encaçadas e interdependentes. O funcionamento operacional começa com a aquisição de dados a partir de fontes externas ao Instituto Hidrográfico. Estes dados entram, na rede interna de forma a transitarem entre computadores, que através de módulos de programação os irão processar e preparar para a integração nos modelos de agitação marítima. São os resultados desses modelos que diariamente se disponibilizam em [www.hidrografico.pt](http://www.hidrografico.pt)

**Palavras-chave:** Modelos de agitação marítima; oceanografia operacional; automatização de processos; previsão oceanográfica

**Abstract** *The Oceanographic Division of the Instituto Hidrografico publishes daily on the internet wave forecasts for the North Atlantic and Portuguese Coast.*

*In order to construct the forecasts two nested models are used: WAVEWATCH III for the North Atlantic conditions for 6 days and SWAN for the Portuguese continental coast for 3 days.*

*The automatism of the system is complex and involves several interdependent stages. It all starts with data acquisition from outside sources. This data comes into the intranet, so it can travel through several computers which, with programming modules, will process and prepare for the assimilation by the wave models. The results from these models are daily published at the site [www.hidrografico.pt](http://www.hidrografico.pt)*

**Keywords:** *Wave models; Operational oceanography; Automatism; wave forecasts*

## 1. Introdução

Desde Fevereiro de 2005 que são diariamente divulgadas, nas páginas do sítio do Instituto Hidrográfico, as previsões de agitação marítima para duas áreas: uma oceânica, a do Atlântico Norte e uma regional que corresponde a Portugal Continental.

Os procedimentos que foram implementados para automatizar a transferência de dados/informação e os modos de funcionamento escolhidos serão abordados neste artigo, pretendendo-se, fazer o ponto da situação e documentar a evolução, na perspectiva da informação diária produzida.

## 2. Os modelos de agitação marítima

A produção das previsões de agitação marítima passa pela utilização de dois modelos interligados: o *WAVEWATCH III (WW3)*<sup>[1]</sup> que calcula as condições de agitação marítima no Atlântico Norte e o modelo *Simulating Waves Nearshore (SWAN)*<sup>[2]</sup> para prever, com maior detalhe, as condições na costa de Portugal Continental.

O WW3 é um modelo espectral de terceira geração, utilizado para descrever a geração e propagação da agitação marítima em escalas oceânicas e está implementado no Instituto Hidrográfico para o Atlântico Norte e parte do Mediterrâneo (Latitude: 5° N a 70° N e Longitude: 85° W a 40° E) com uma resolução de 0.5°.

Este modelo WW3 fornece como resultado as características da agitação em todos os pontos do domínio e as condições fronteira necessárias para as simulações de maior resolução próximas da costa de Portugal Continental, efectuadas pelo SWAN, produzindo as previsões com um intervalo temporal de seis horas, para seis dias.

O modelo SWAN está direccionado para regiões costeiras, de águas intermédias a pouco profundas e, permite calcular o espectro bidimensional (frequência e direcção) dadas as condições de vento, correntes e batimetria. No Instituto Hidrográfico está aplicado a uma área que cobre a plataforma continental Portuguesa (Latitude: 35.5°N a 44.5°N e Longitude: 12°W a 5°W), com uma resolução de 0.067°, produzindo as previsões com um intervalo temporal de seis horas, para três dias.

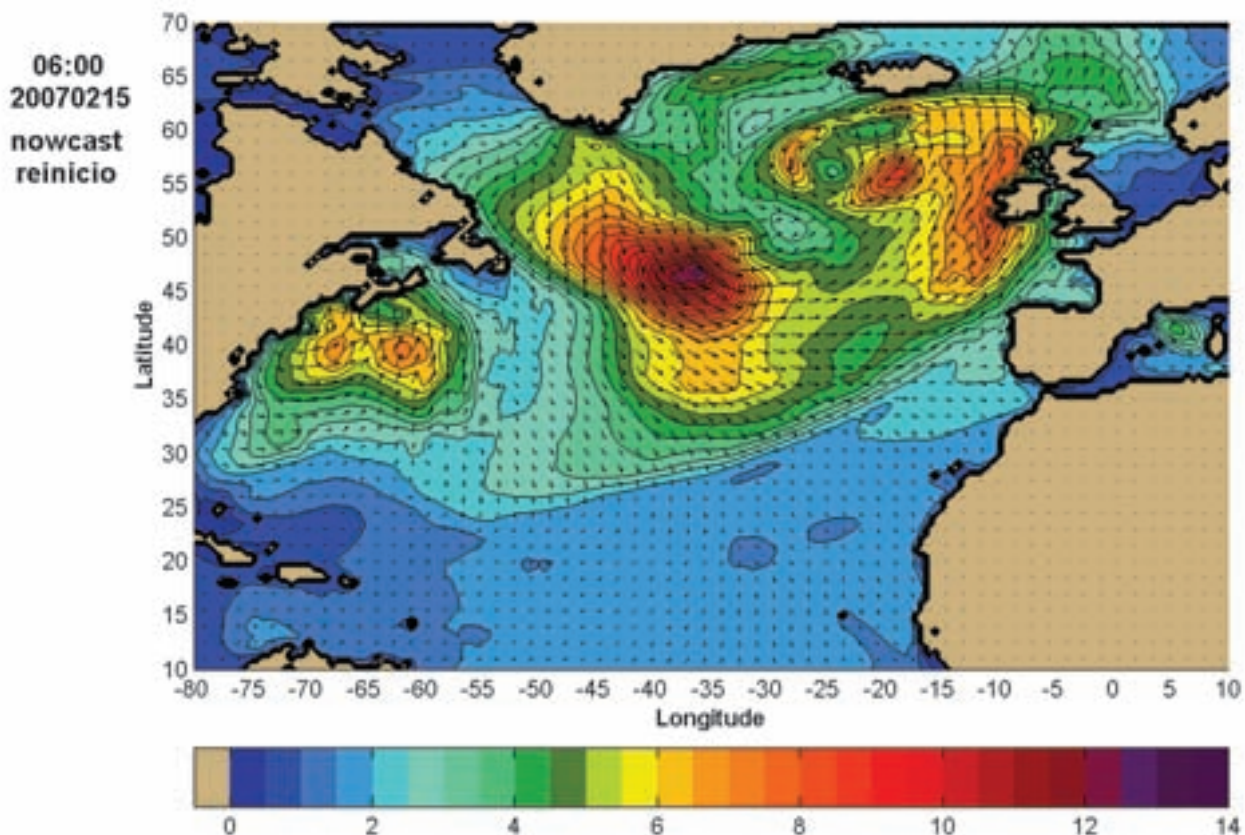


Figura 1 – Exemplo de um dos resultados obtidos pelo modelo WW3 – distribuição espacial de altura de onda significativa e direcção média

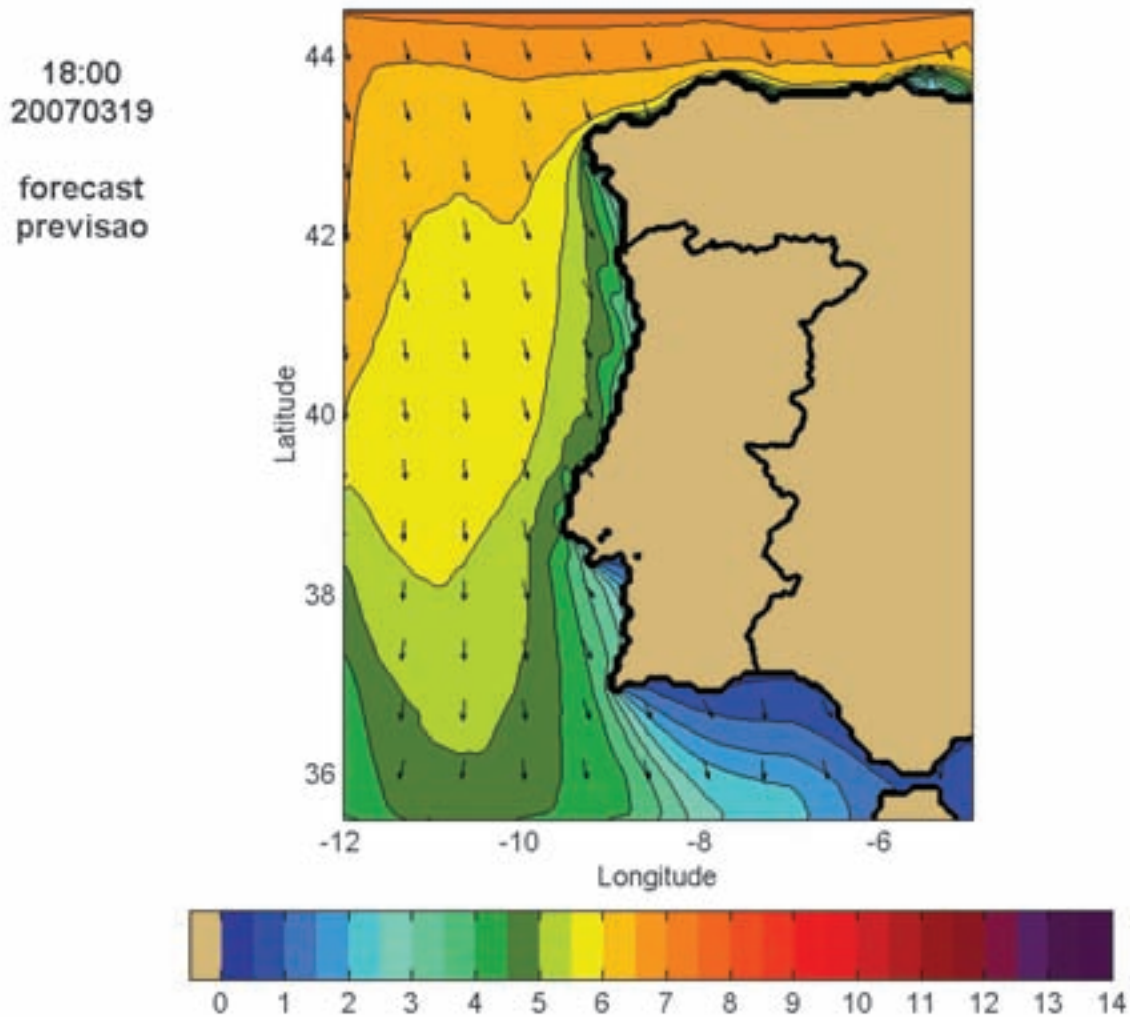


Figura 2 – Exemplo de um dos resultados obtidos pelo modelo SWAN – altura de onda significativa e direcção média.

Para o forçamento destes modelos de agitação recorreremos a duas fontes de dados externas: O Instituto de Meteorologia (IM) de Portugal e *Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center (FNMOC)* dos E.U.A.

O IM, através do Centro de Modelação Numérica, Marítima, Processamento e Arquivo, disponibiliza diariamente dados do modelo *ALADIN*. Este “é um modelo de previsão numérica do tempo ... sob a coordenação da *Météo-France*. ... Em Portugal, a versão operacional do modelo *ALADIN* é executada numa *DEC Alpha*, com período de integração de 48 horas, numa área geográfica de aproximadamente 1050km por 1050km, com 31 níveis verticais e com uma resolução horizontal de 12.7km”<sup>[4]</sup>. Estes dados, com intervalos de espaçamento de seis

horas, cobrem o período até às 48 horas e são disponibilizados para uma grelha quadrada de 0.12.º na área 44.8N a 34.8N e 14.8W a 3.4W. Apesar de dispormos de outros parâmetros meteorológicos, como a pressão atmosférica ao nível médio do mar, a temperatura e humidade relativa do ar a 2 metros, actualmente o modelo *SWAN* está preparado para usar o vento a 10 metros.

Do *FNMOC*, recuperamos dados do modelo meteorológico *NOGAPS*, como a precipitação, a temperatura e a pressão superficial, a temperatura e a humidade relativa a 2 metros, o vento a 10 metros e outros parâmetros de agitação marítima, como a altura significativa, a direcção e período de pico e a direcção e período médios.



O acesso ao servidor do *FNMOC* é realizado duas vezes por dia, a primeira para recuperar os dados da corrida *NOGAPS* das zero horas, e a segunda após o meio-dia, para recuperar a corrida das seis horas.

O modelo *SWAN* é forçado por condições fronteira produzidas pelo modelo *WW3*, que correu com os dados do modelo *NOGAPS* (das 0h às 144h) e pelos dados do vento obtidos do modelo *ALADIN* (das 0h às 48h), completados com os dados do modelo *NOGAPS* (das 48h às 72h).

### 3. Arquitectura do sistema

A organização de todo este sistema compreende vários computadores, uns do tipo *Personal Computer (PC)* com sistemas operativos da *Microsoft*, outros *Workstation (WS)* com sistemas operativos *UNIX*. Todas as unidades estão ligadas, de algum modo, para permitir a comunicação entre elas, permitindo a partilha de dados e de informação.

A aquisição dos dados provenientes do exterior é realizada por um computador que está ligado à *Internet* – o *OC-AUX* da Figura 3 – que comunica com a rede interna para transferência de dados. O sistema dispõe de um segundo computador, que repete as acções do *OC-AUX*, funcionando como

sistema alternativo de salvaguarda, nesta fase.

Nos dois computadores são corridos diariamente os programas de acesso aos servidores das entidades externas, no que diz respeito à aquisição e processamento prévio de dados. Os dados do *IM* são encaminhados para o utilizador *SWAN* para serem reformatados. Os dados do *FNMOC*, como são ficheiros codificados, têm que ser transformados. Para isso, é usado um programa em *C* que permite a descodificação dos dados e a obtenção dos parâmetros em unidades do Sistema Internacional, em ficheiros individualizados do tipo vectorial (9792x1). Segue-se o processamento para obtenção de um ficheiro único contendo as duas componentes do vento, mas geo-referenciado e do tipo matricial (136x72), que é o formato aceite pelo *WW3*.

Para possibilitar a disponibilização para o grupo operacional, o Serviço de Informática libertou uma área de servidor onde são colocados tanto os dados do *ALADIN* como os dados do *NOGAPS*, necessários aos diferentes utilizadores, que irão executar os modelos de agitação *SWAN* e *WW3*.

Após a corrida destes modelos, passa-se à fase do pós-processamento com a geração de imagens para visualização dos resultados. Fase esta que é realizada em *PC*, através de programação desenvolvida em *Matlab*.

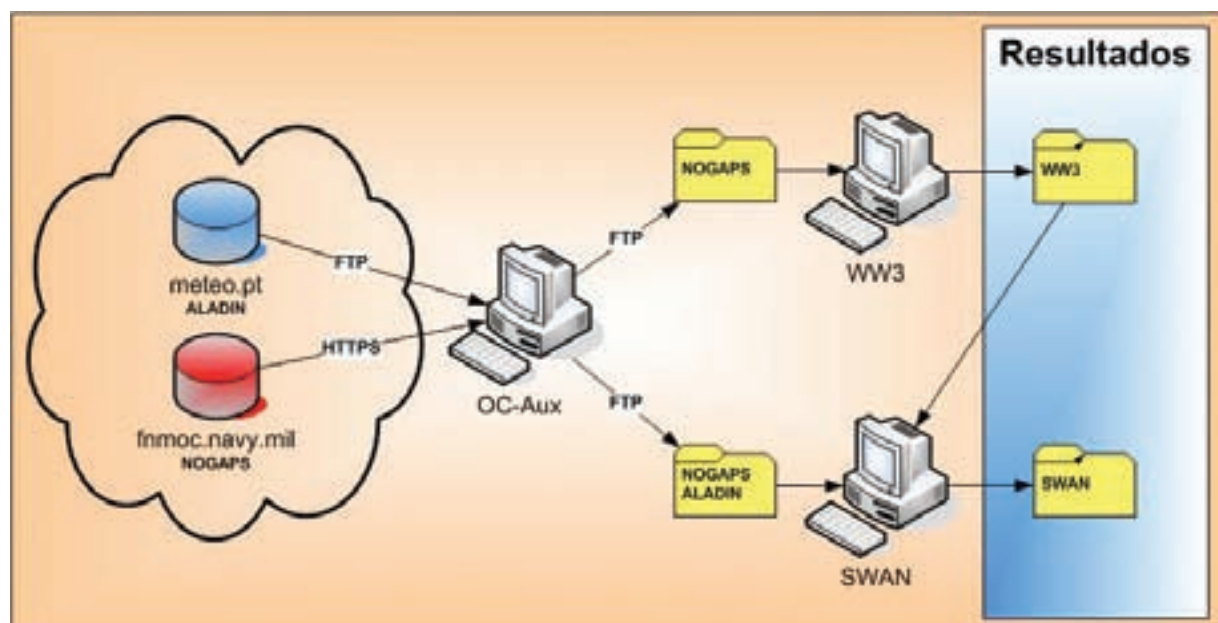


Figura 3 – Esquema de comunicação de dados e de informação

#### 4. Automatização de procedimentos

O manuseamento de um grande volume de dados e a necessidade de repetir as mesmas tarefas duas vezes por dia, motivou a construção de automatismos que substituíam a intervenção humana na realização dessas tarefas.

Para executar as diferentes passagens apresentadas na Figura 3, foram desenvolvidos *scripts*<sup>1</sup>, em *Visual Basic Scripts*, que integram outros programas em linguagens como *Fortran* e *Matlab* e que, de forma encadeada, permitem o fluxo desde o exterior até à formatação final que possibilita a integração nos modelos e a disponibilização dos produtos nas páginas.

O primeiro *script* a correr diariamente permite gerar a data do próprio dia, mas em segundos, essencial para identificar os ficheiros digitalmente. Para a data, desenvolveu-se o *script* que se apresenta na Figura 4.

Por exemplo, o parâmetro temperatura superficial de previsão para as 96 horas, é identificado

com o ficheiro de nome:

```
Ground_Sea_Temp^NOGAPS^3^0^1^0
^0^3^9999^9999^2^0^2^273.1^2825^1
33^1^0.0^1.0^1.0^58^0^58^240^117359
2800^96^96^.grib
```

O que está evidenciado a azul, corresponde à data 11 de Março de 2007 às 0 horas e a maioria dos outros campos separados pelo símbolo ^, mantém-se à excepção das várias horas dos ficheiros de previsão, anotadas a magenta.

A partir do momento em que se conseguem identificar todos os campos do nome, os ficheiros podem ser manipulados automaticamente.

O *script* para descodificar os dados, em que está embebido o programa C referido anteriormente, contém ainda um programa *Fortran* que permite a manipulação das matrizes de valores para a criação dos ficheiros na área do Atlântico Norte. A Figura 5 tem um extracto do programa *Trans\_Metcast\_WW3.f*, que ilustra a geo-referenciação das matrizes e a transferência para valores matriciais.

```
Dim fso, CodigoSegundos, CodigoSegundosEscrita
Const ForReading = 1, ForWriting = 2, ForAppending = 8

Set fso = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
Set CodigoSegundos =
fso.OpenTextFile("CodigoSegundos.dat",ForReading, True)

Dim strZeroHoras, MyInt
strZeroHoras = CodigoSegundos.ReadLine()
strZeroHoras = strZeroHoras + 86400
CodigoSegundos.Close

Set CodigoSegundosEscrita =
fso.OpenTextFile("CodigoSegundos.dat",forWriting, True)
CodigoSegundosEscrita.WriteLine (strZeroHoras)
CodigoSegundosEscrita.Close
```

Figura 4 – *Script* que actualiza o código de segundos

<sup>1</sup> Scripts – são mini-programas, baseados numa determinada linguagem de programação. Contêm conjuntos de procedimentos encadeados para execução de determinadas operações de forma automática.

```

!           geração da matriz (linha) de longitudes
label(1)=longINI
do 9998 mm = 2,i
    label(mm) = label(mm-1) + 1
9998 continue
write(12,120) (label(mm), mm=1,i)
!
!           geração da matriz (coluna) de latitudes
lat(j)=latINI
do 9994 m = j-1,1,-1
    lat(m) = lat(m+1) - 1
9994 continue
!           transferência dos vectores coluna para valores matriciais (72x136)
k = 1
do 9996 n = 1,j
    do 9995 nn = 1,i
        unval(n,nn) = uvalor(k)
        vnval(n,nn) = vvalor(k)
        k=k+1
    9995 continue
9996 continue

```

Figura 5 – Extracto do programa *Fortran* de geo-referenciação

```

%GRÁFICOS++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
%FIGURA HS
figure
h=axes ('Position',[0 0 1 1],'Visible','off');
axes('Position',[.1 .07 0.85 0.85])

%HS
[f,g]=contourf(xn,yn,Hs,(-0.5:0.5:14));
caxis([-5 14]);hold on

%BARRA CORES
colormap(corH)
cbH=colorbar('horiz');set(cbH,'xTick',0:1:14)
set(cbH,'Position',[0.22 .08 .6 .06])

%DIR
%Graficar só setas no mar
for i=1:m
    for j=1:n
        if nu(i,j)~=0
            quiver(xu(i,j),yv(i,j),nu(i,j),nv(i,j),0.25,'k')
        end
    end
end

```

Figura 6 – Extracto do programa *Matlab* de graficação

Actualmente a distribuição das tarefas entre computadores é de certo modo dinâmica, visto que em vários PCs existe a capacidade de gerar as previsões, à excepção do WW3 que, pela sua morosidade, corre sempre em UNIX. Sendo o pós-processamento efectuado em PC.

Para a produção gráfica os scripts contêm troços de programação *Matlab*. A Figura 6 apresenta um extracto de um desses programas.

Todos os passos que envolvem o SWAN, desde o pré até o pós-processamento podem ser corridos em PC. No entanto, apesar dos ajustes de máquinas e das ligeiras alterações de horário, basicamente a metodologia do encadeamento dos processos é a mesma e culmina com a disponibilização das imagens no servidor, para publicação no sítio do Instituto Hidrográfico.

Como em todos os processos automáticos, tem de existir um controle sobre a sua execução. Pois, caso não ocorra algum dos passos da automatização será necessário a inspecção, a identificação do problema e a sua resolução através da intervenção humana.

## 5. Produtos diários

Actualmente são disponibilizados, nas páginas da Intranet e Internet do Instituto Hidrográfico, os mapas de distribuição espacial de altura de onda significativa e direcção média, para os domínios Atlântico Norte e Portugal Continental.

Está em curso a modificação da página para que, além dos parâmetros atrás referidos, sejam também apresentados os mapas de distribuição espacial do período médio da agitação para as mesmas áreas. Na Figura 7 apresenta-se um exemplo dos resultados relativos à distribuição do período médio, para o Atlântico Norte.

Pretende-se também apresentar um outro tipo de imagem, com as previsões das características de agitação para os pontos da costa de Portugal Continental onde se localizam as bóias ondógrafo. Estes dados são actualmente gerados pelo SWAN, sendo utilizados apenas para comparações entre resultados do modelo com os dados das bóias ondógrafo. Na Figura 8 apresenta-se um exemplo dos resultados a disponibilizar futuramente, para o local correspondente à bóia ondógrafo de Leixões.

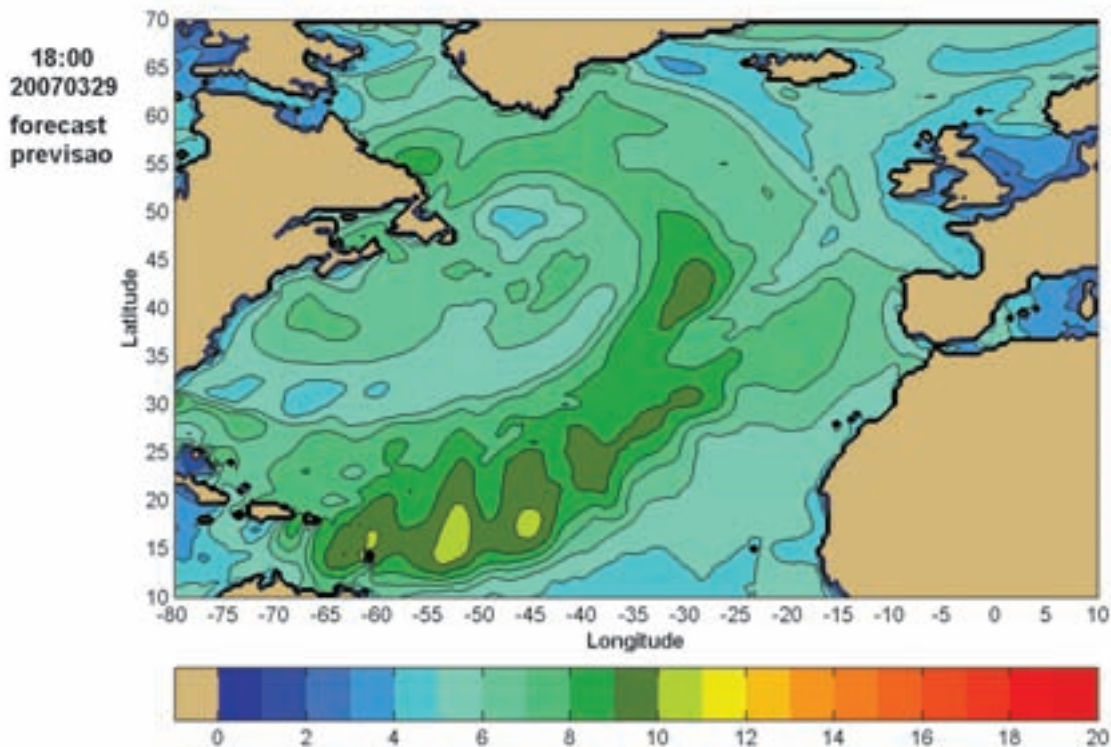


Figura 7 – Distribuição espacial do período médio (em segundos), para o Atlântico Norte.

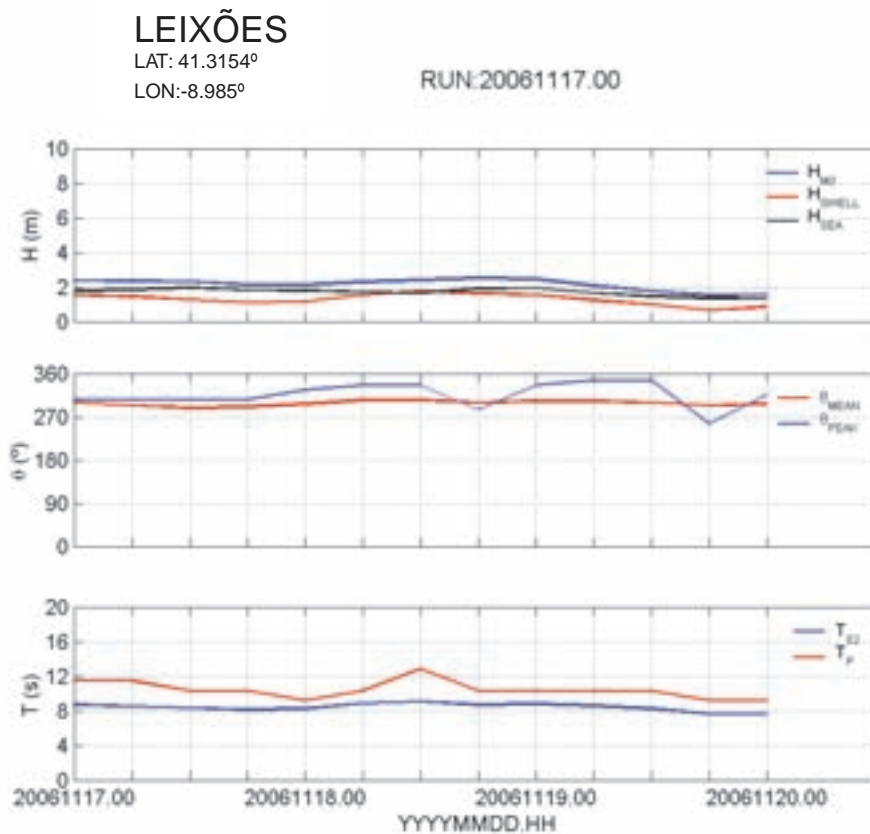


Figura 8 – Previsão das características de agitação marítima no local da bóia ondógrafo de Leixões.

## 6. Conclusões

A escolha de automatização permitiu que todos os *scripts* fossem desenvolvidos de forma a não necessitarem de intervenção humana, tornando assim possível a poupança de recursos humanos e a execução de corridas dos modelos inclusivamente aos fins de semanas e feriados.

Dessa opção, também beneficia o produto final, pois sendo todo o processamento automático, a introdução de erros é minimizada e a rapidez de produção é otimizada.



## Referências

- [1] Tolman, H.L. (1999) – *User manual and system documentation of WAVEWATCH III* version 1.18. Tech. Note 166, NOAA/NWS/NCEP/OMB.
- [2] Booji, N., Ris, R.C. and Holthuijsen, L.H. (1999) – *A third-generation wave model for coastal regions – 1. Model description and validation*. Journal of Geophysical Research, 104, 7649 - 7666.
- [3] Bernardino, Mariana, Pinto, J., Almeida, Sara e Vieira, Filipe (2005) – *A metodologia de previsão operacional de agitação marítima na costa portuguesa implementada no Instituto Hidrográfico*. Actas das 4as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Angra do Heroísmo.
- [4] Instituto de Meteorologia (2007, 21 de Fevereiro), <http://web.meteo.pt/pt/numerica/>
- [5] Anonymous (2006) – *User's Manual for the Metcast Client Segment, release 1.7.0.3*, FNMOC and CSC. Monterey.
- [6] Press, William, Teukolsky, Saul, Vetterling, William, Flannery, Brian (1992) – *Numerical Recipes in Fortran. The Art of Scientific Computing (2nd edition)*. New York. Cambridge University Press.
- [7] Chapman, Stephen (1998) – *Introduction to Fortran 90/95*. New York. McGraw-Hill International Editions. ISBN 0-07-115896-0.
- [8] Almeida, Sara, Vieira, Filipe e Magalhães, Eric (2006) – *A gestão de dados e informação relativa aos modelos de agitação marítima*. REL.PT-OC-07/06.

## Contactos electrónicos

**Filipe Vieira** – [filipe.vieira@hidrografico.pt](mailto:filipe.vieira@hidrografico.pt)

**Sara Almeida** – [sara.almeida@hidrografico.pt](mailto:sara.almeida@hidrografico.pt)

**Eric Magalhães** – [eric.magalhaes@hidrografico.pt](mailto:eric.magalhaes@hidrografico.pt)



# Relação Turbidez *versus* Concentração nos Rios Douro e Minho

## Calibração dos sensores de turbidez dos correntómetros RCM9

Maria Balsinha, Geóloga, Bolseira

Ana Santos, Técnica Superior

Anabela Oliveira, Investigadora

**Resumo** A turbidez é uma medição indirecta da concentração de sólidos em suspensão, a qual depende de muitos factores, como por exemplo: da composição mineralógica dos sedimentos em suspensão, da sua granulometria e da forma das partículas. Este facto assume particular importância, uma vez que obriga a um processo prévio de calibração dos equipamentos com amostras de água, para o estabelecimento de uma correlação real entre turbidez e MPS. Neste artigo apresentam-se alguns resultados relacionados com a metodologia utilizada na calibração dos dados de turbidez dos correntómetros RCM9, obtidos durante as campanhas do Projecto ECOIS de Setembro/Octubre de 2005 (campanha de referência, baixo escoamento) e de Fevereiro de 2006 (campanha de elevado escoamento).

Os dados colhidos permitiram determinar a relação existente entre os valores de concentração de matéria particulada em suspensão (MPS), obtidos da colheita de águas ao longo da coluna de água, e os dados de turbidez adquiridos por um OBS (*optical backscatter*) associada a um correntómetro RCM9 da Aanderaa. Pretendeu-se, desta forma, reconstruir os perfis de turbidez, transformando as suas unidades de origem (NTUs) em concentrações (mg/l). Constatou-se que existe uma boa correlação linear entre estas duas grandezas, embora existam algumas diferenças entre os declives das rectas encontrados para os dados colhidos à superfície e no fundo e, em particular, entre o período de marés-mortas (MM) e marés-vivas (MV). Isto deve-se, essencialmente, às variações das características granulométricas e composicionais do material em suspensão.

**Palavras-chave:** Dinâmica Sedimentar, calibração, turbidez, concentração, rios Douro e Minho.

**Abstract** *Turbidity is an indirect measure of the suspended solids concentration that depends on many factors, such as mineralogical composition of suspended sediments, particles grain size and shape. This issue is of extreme importance since it requires a previous calibration process with water samples to establish a real correlation between turbidity and suspended particulate matter concentration (SPM).*

*This work shows some results related to the methods used in turbidity calibration data of RCM9 currentmeter, collected in September/October 2005 and February 2006 campaigns for ECOIS project. The collected data allowed to establish the relation between SPM, obtained by water sampling along the water column, and the turbidity data acquired by an optical backscatter (OBS) attached to an Aanderaa RCM 9.*

*The purpose was to reconstruct turbidity profiles changing the original units (NTUs) to concentra-*

tions (mg/l). A good linear correlation was found between these two units measures. However, there are still some correlation line slopes differences between surface and bottom data, mainly among low-waters and high-waters. This was essentially due to grain-size and compositional characteristics variations of suspended matter.

**Keywords:** Sedimentary Dynamics, calibration, turbidity, concentration, Douro and Minho rivers.

## 1. Introdução

Este trabalho integra-se nos objectivos do projecto ECOIS que visa avaliar de que forma a variabilidade no escoamento fluvial do rio Douro e do rio Minho influencia a dinâmica costeira regional, e entender como se processam os fluxos entre estes sistemas e a plataforma continental adjacente. Neste projecto procurou-se obter informações de base sobre os dois estuários, no que concerne às correntes e às marés, sedimentos de fundo, parâmetros biológicos (fitoplâncton) e químicos em situações contrastantes (Rel. FCT, 2006).

Neste artigo, pretende-se, determinar a relação existente entre a concentração de matéria particulada em suspensão (MPS) e os dados de turbidez adquiridos por um OBS (*optical backscatter*) associada a um correntómetro RCM9 da Aanderaa.

## 2. Trabalhos de campo

Foram realizadas duas campanhas (Tabela 1) nos estuários dos rios Minho e Douro que envolveram equipas multidisciplinares da Divisão de Geologia Marinha (GM) e da Divisão de Oceanografia (OC) do Instituto Hidrográfico (IH), trabalhando em estreita colaboração com outras equipas técnico-científicas do INIAP/IPIMAR (Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas/Instituto de Investigação das Pescas e do Mar), CIIMAR e Universidade do Minho, parceiras nos dois projectos anteriormente referidos (ECOIS e NICC).

A 1.<sup>a</sup> campanha do projecto ECOIS decorreu de 8 Setembro a 10 de Outubro de 2005, em situação de caudal reduzido (estiagem), e a segunda cam-

Na tabela 1, apresenta-se os períodos de observação das campanhas hidro-sedimentológicas realizadas.

Estação Fixa		Campanha hidro-sedimentológica (Setembro)	Campanha hidro-sedimentológica (Fevereiro-Março)
Estuário do Douro (MV)	Início Fim	13:00h 17 de Setembro de 2005 19:00h 18 de Setembro de 2005	19:00h 28 de Fevereiro de 2005 09:00h 1 de Março de 2005
Estuário do Douro (MM)	Início Fim	05:00h 24 de Setembro de 2005 11:00h 25 de Setembro de 2005	18:00h 7 de Março de 2005 08:00h 8 de Março de 2005
Estuário do Minho (MV)	Início Fim	06:00h 19 de Setembro de 2005 19:00h 20 de Setembro de 2005	07:00h 2 de Março de 2005 21:00h 2 de Março de 2005
Estuário do Minho (MM)	Início Fim	06:00h 26 de Setembro de 2005 12:00h 27 de Setembro de 2005	07:00h 9 de Março de 2005 20:00h 9 de Março de 2005

Tabela 1: Campanhas hidro-sedimentológicas realizadas em Setembro de 2005 e Fevereiro de 2006.

panha, em condições de caudal elevado (Inverno), de 20 de Fevereiro a 19 de Março de 2006.

Para este trabalho utilizaram-se os dados obtidos em duas estações fixas hidro-sedimentológicas – uma em cada estuário, durante um período de 30 horas na 1.<sup>a</sup> campanha e de 15 horas na 2.<sup>a</sup> campanha.

Em ambos os casos foi possível monitorizar e caracterizar períodos de marés-vivas (MV) e marés-mortas (MM), através da realização de perfis correntométricos e hidrológicos e de colheitas de água para determinação de matéria particulada em suspensão (MPS), clorofila a, oxigénio dissolvido, salinidades e fitoplâncton.

As Figuras 1 e 2 ilustram os locais de amostragem nos rios Douro e Minho, nas campanhas de Setembro/Octubro de 2005 e Fevereiro/Março de 2006.

No estuário do rio Minho a estação fixa foi posicionada junto à "Pedra das Oliveiras", num local a jusante da travessia do *ferry* de Caminha. Para o efeito foi utilizada a embarcação hidrográfica UAM "Azinheira", pertencente ao IH especialmente deslocada para o local (Figura 3).

No estuário do rio Douro as observações nesta estação fixa realizaram-se a bordo da embarcação "Boa Nova", gentilmente cedida pela Administração do Porto do Douro e Leixões (APDL).



Figura 1 – Posicionamento das observações da estação fixa hidro-sedimentológica, realizadas no estuário do rio Douro durante a campanha ECOIS 2005-09/10 e ECOIS 2006-02/03.

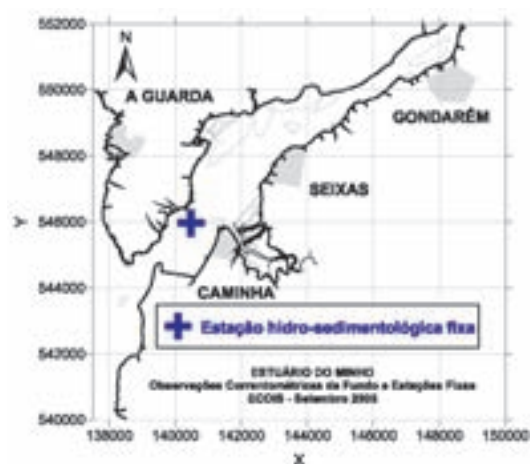


Figura 2 – Posicionamento das observações da estação fixa hidro-sedimentológica, realizadas no estuário do Minho durante a campanha ECOIS 2005-09/10 e ECOIS 2006-02/03.





Figura 3 – Posição da estação fixa hidro-sedimentológica no estuário do rio Minho - "Pedra das Oliveiras", assinalada pela embarcação UAM "Azinheira" (na fotografia é a embarcação cor-de-laranja, de menores dimensões), na qual se realizaram as observações. Em primeiro plano pode ver-se o NRP Rio Minho, a bordo da qual se realizaram as restantes observações hidrológicas ao longo de todo o estuário.

### 3. Dispersão óptica dos feixes do OBS do correntómetro RCM9

O OBS (*optical backscatter*) é um equipamento que mede a turbidez da água através da dispersão da radiação infravermelha pelas partículas em suspensão. Os valores registados pelo OBS variam com o índice de refração, dimensões das partículas e também com a concentração.

Desde há várias décadas que estes instrumentos ópticos têm sido usados para estudos de dinâmica sedimentar (Sutherland *et al.*, 2000). Contudo sem uma eficiente calibração, o cálculo da MPS poderá ser inválido, com implicações graves na interpretação dos processos e fluxos sedimentares. Os factores que têm um impacto significativo na resposta do equipamento no que diz respeito à medição do parâmetro turbidez, são a: variação da dimensão das partículas, a floculação de partículas finas que diminui a resposta do equipamento, e a presença de organismos em suspensão (fito e zooplâncton). O material em suspensão pode conter uma maior

ou menor percentagem de matéria orgânica/organismos (com elevado conteúdo em água), que não dispersa a luz, impedindo a medição correcta do parâmetro turbidez pelo sensor. Assim, quanto maior for a quantidade de matéria orgânica presente nas amostras, normalmente piores são as correlações encontrada entre concentrações de MPS e turbidez.

### 4. Métodos

Nas estações fixas foram realizados perfis hidro-lógicos/correntométricos utilizando correntómetros Aanderaa RCM9, dotados de sensores adicionais de temperatura, condutividade, pressão, turbidez (sensor óptico do tipo *backscatter*, com um comprimento de onda da ordem dos 880 nm, e com um intervalo de observação entre 0-20 NTU – *nephelometric turbidity units*) e oxigénio dissolvido, configurados com intervalos de amostragem de 1 minuto.

Desta forma, foi possível obter sequências sistemáticas de observações de pelo menos três minutos a cada nível, para garantir significância estatística.

Os perfis foram executados a intervalos de 1 hora,

com início ao minuto zero de cada hora, excepto quando as condições técnicas não o permitiram. Foram assim realizados aproximadamente 30 perfis em períodos de MM e MV nos estuários dos rios Douro e do Minho, em Setembro/Outubro 2005 e 15 perfis em Fevereiro/Março de 2006.

Simultaneamente à realização dos perfis, foram efectuadas colheitas de sedimentos em suspensão junto à superfície e perto do fundo, utilizando um sistema de bombagem e filtração directo, por pressão. A bombagem directa é realizada quando a profundidade da coluna de água não ultrapassa os 10 m, utilizando uma mesa de filtração (Figura 4) dotada de porta-filtros e fluxómetros, com resolução de 1 ml.

Um correntómetro Aanderaa RCM9 foi também acoplado à ponta da mangueira para garantir a profundidade de colheita. Deste modo, por inspecção dos registos do sensor de pressão do correntómetro, foi possível monitorizar o nível de colheita dos sedimentos em suspensão, evitando assim erros associados à inclinação da mangueira devido à força da corrente. Nestes mesmos níveis, e utilizando o sistema de filtração directa, foram colhidas a horas pré-determinadas amostras de água para determinação de clorofila  $\alpha$ , fitoplâncton e salinidade.

A determinação da concentração de MPS é realizada por filtração de amostras da coluna de água através de membranas, previamente pesadas em laboratório, com porosidade de  $0,45 \mu\text{m}$  e diâmetro 47mm.

O processo de pré-pesagem é complexo e moroso, sendo necessário que os filtros se encontrem completamente secos e à temperatura ambiente. Para isso os filtros são colocados na estufa a uma temperatura de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  durante um período de 24 horas. Posteriormente, são deixados a arrefecer dentro de um excicador, para que não absorvam humidade, durante cerca de 1 hora. Após o seu arrefecimento, os filtros são pesados numa balança de alta precisão (até à centésima de milésima do grama), em sequências de 10 filtros. Após pesagem do décimo filtro, o primeiro é pesado novamente de maneira a verificar qual a redundância das pesagens. São efectuadas três pesagens para cada filtro, visto que para esta precisão os valores oscilam ligeiramente. O valor adoptado corresponde à média dos três pesos registados, se esses valores se mantiverem dentro da margem de erro aceite



Figura 4 – Sistema de filtração directa de sedimentos em suspensão e colheita de água a bordo da embarcação *Boa Nova* durante as observações na estação fixa hidro-sedimentológica do estuário do rio Douro.

para cada sessão de pesagens (aproximadamente  $10^{-5}$  g). Todos os filtros pesados são numerados sequencialmente e registados os seus números e pesos.

Em laboratório, os filtros colhidos durante a campanha, foram posteriormente sujeitos a secagem até peso constante e submetidos ao processo descrito anteriormente. Os teores finais resultam do quociente entre a massa total de sedimentos filtrados e do volume total de água submetido a filtração.

As amostras de MPS são posteriormente, utilizadas para se construírem relações entre os valores de concentração (mg/l) e os valores de turbidez (NTU) observados pelo correntómetro perfilador. Utilizando essas correlações torna-se, então, possível chegar a uma distribuição contínua no espaço e no tempo da concentração de sedimentos em suspensão na coluna de água, inferida dos valores de turbidez.

Esta correlação é feita através de uma média de um conjunto de valores dados pelo correntómetro, que mais se aproxima do valor da sonda medida na altura da filtração. Este método é utilizado para todos os patamares de medição, quer para MV, quer para MM em ambos os estuários.

Futuramente estas amostras de MPS serão também analisadas quanto à sua composição mineralógica (utilizando a metodologia de difracção de raios-X) e quanto à sua distribuição granulométrica,

sendo possível, desta forma conhecer, não só a estrutura sedimentológica do estuário em termos quantitativos, mas também em termos qualitativos.

### 5. Resultados e discussão

#### 5.1. Rio Douro – Estação fixa (Setembro 2005 e Fevereiro/Março 2006)

Pela observação das figuras 5 a 8 verifica-se que em ambas as campanhas a variação temporal das concentrações de MPS e da turbidez são bastante semelhantes para os mesmos níveis de profundidade.

As relações entre os valores de concentração de

MPS e turbidez foram determinadas, independentemente, à superfície e no fundo para cada um dos períodos de observação. Esta separação deve-se ao turbidímetro acoplado ao correntómetro perfilador, que apresenta diferentes respostas consoante o material observado, assim, será normal que as relações observadas à superfície, onde dominam as massas de água de natureza estuarina, se obtenha uma relação concentração/turbidez diferente da do fundo onde domina o material oceânico e resultante de ressuspensão de fundo.

Através do software *Grapher 4*, foram calculados os parâmetros estatísticos para cada situação e realizadas as correlações com a recta a passar na origem.

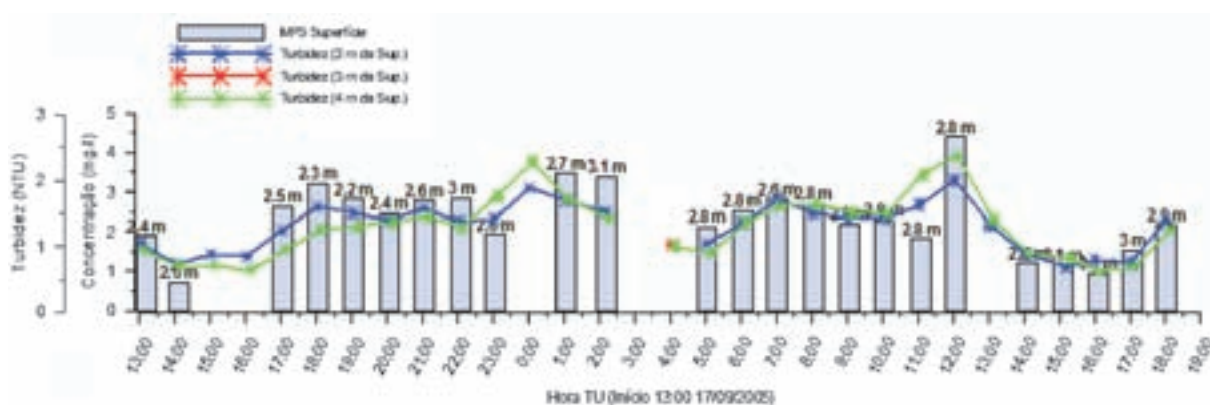


Figura 5 – Relação entre a concentração de MPS nas amostras colhidas junto à superfície (os números acima das barras indicam a profundidade real da colheita) e a turbidez nos níveis mais superficiais do perfil, durante o período de marés-vivas no estuário do rio Douro (Setembro 2005).

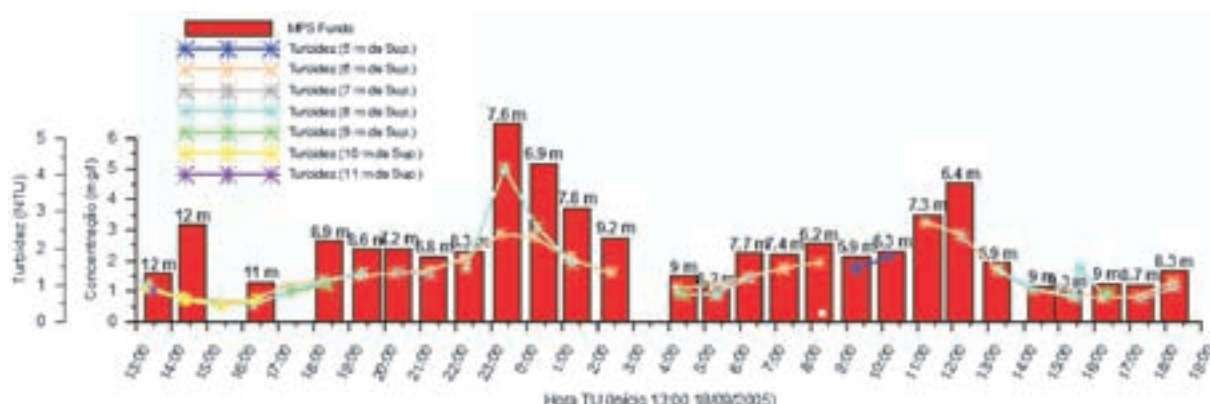


Figura 6 – Relação entre a concentração de MPS nas amostras colhidas junto ao fundo (os números acima das barras indicam a profundidade real da colheita) e a turbidez nos níveis mais profundos do perfil, durante o período de marés-vivas no estuário do rio Douro (Setembro 2005)

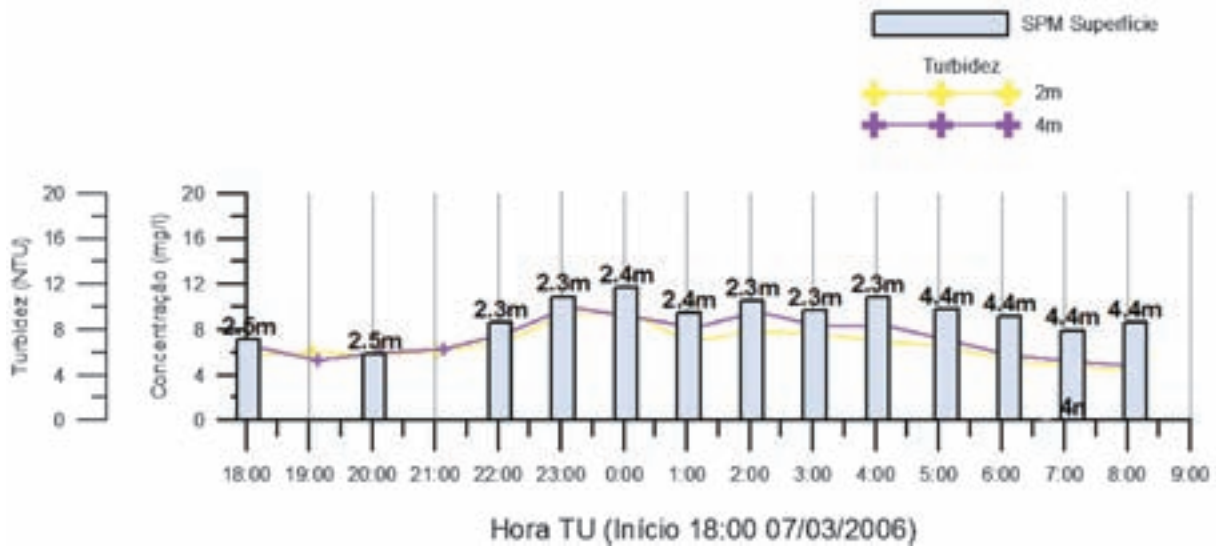


Figura 7 – Relação entre a concentração de MPS nas amostras colhidas junto à superfície (os números acima das barras indicam a profundidade real da colheita) e a turbidez nos níveis mais superficiais do perfil, durante o período de marés-mortas no estuário do rio Douro (Março 2006).

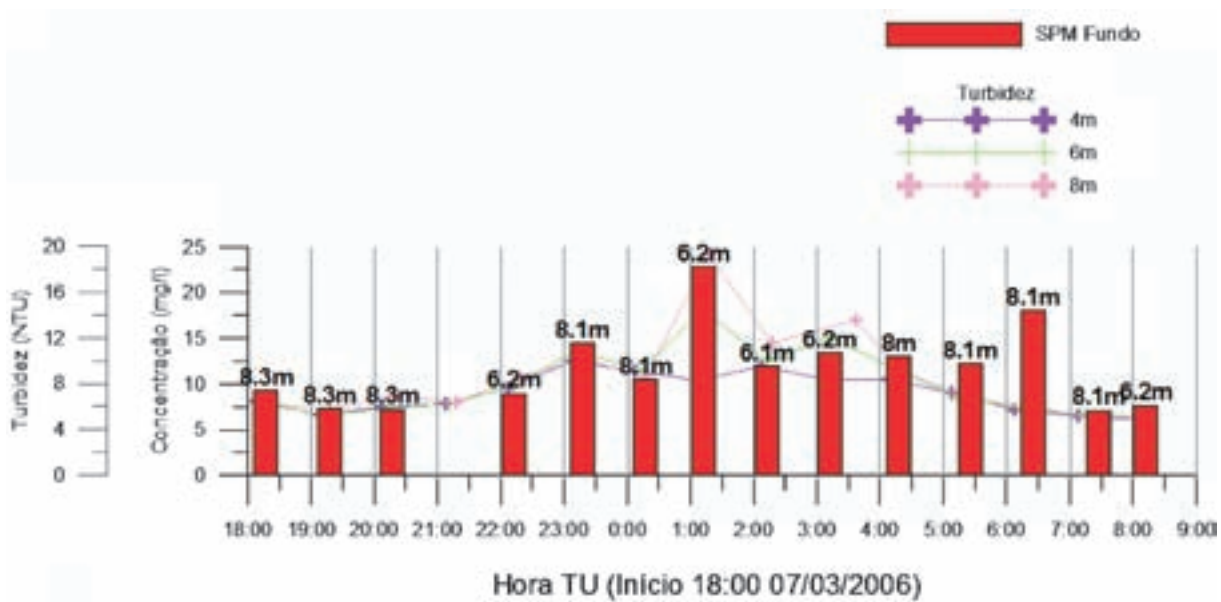


Figura 8 – Relação entre a concentração de MPS nas amostras colhidas junto ao fundo (os números acima das barras indicam a profundidade real da colheita) e a turbidez nos níveis mais profundos do perfil, durante o período de marés-mortas no estuário do rio Douro (Março 2006).

Os parâmetros estatísticos no geral mostram também grande variabilidade de valores de concentração e turbidez (Tabelas 2 e 3) observados ao longo do ciclo de maré. A variância foi máxima na campanha de Fevereiro de 2006, em MV e na proximidade do fundo (Tabela 3), onde os valores de

concentração e turbidez foram também os mais elevados (média de 13 mg/l). Esta variação pode dever-se ao elevado caudal e velocidades de correntes variáveis junto ao fundo, que influenciam os processos de ressuspensão e floculação das partículas em suspensão.



Concentrações (mg/l)	Douro MV		Douro MM	
	Sup	Fund	Sup	Fund
Mínimo	0.71	1.01	0.36	0.59
Máximo	4.40	6.46	2.44	2.00
Média	2.31	2.48	1.41	1.16
Variância	0.74	1.72	0.21	0.09
Desvio Padrão	0.86	1.31	0.46	0.30

Turbidez (NTU)	Douro MV		Douro MM	
	Sup	Fund	Sup	Fund
Mínimo	0.63	0.61	0.92	0.49
Máximo	2.00	4.18	1.54	1.22
Média	1.29	1.40	1.15	0.83
Variância	0.13	0.62	0.03	0.03
Desvio Padrão	0.36	0.79	0.18	0.18

Tabela 2 – Parâmetros estatísticos dos valores de concentração de MPS e turbidez da estação fixa do estuário do rio Douro (T = turbidez, em NTU, C = concentração, em mg/l, MV = marés-vivas, MM = marés-mortas), para Setembro 2005.

Concentrações (mg/l)	Douro MV		Douro MM	
	Sup	Fund	Sup	Fund
Mínimo	3.08	6.62	5.87	7.12
Máximo	11.73	30.02	11.70	22.82
Média	6.65	13.367	9.24	11.71
Variância	6.00	40.55	2.66	20.65
Desvio Padrão	2.45	6.37	1.63	4.54

Turbidez (NTU)	Douro MV		Douro MM	
	Sup	Fund	Sup	Fund
Mínimo	2.54	2.77	4.83	4.76
Máximo	8.47	19.68	9.68	14.53
Média	4.29	7.18	6.75	8.15
Variância	3.11	19.18	2.33	7.97
Desvio Padrão	1.76	4.38	1.53	2.82

Tabela 3 – Parâmetros estatísticos dos valores de concentração de MPS e turbidez da estação fixa do estuário do rio Douro (T = turbidez, em NTU, C = concentração, em mg/l, MV = marés-vivas, MM = marés-mortas), para Fevereiro 2006.

Verificou-se que todas as relações encontradas apresentam bons coeficientes de correlação linear, na ordem dos 0,94 a 0,98 (Figura 9 e Tabelas 2 e 3). Conforme o esperado, existem algumas diferenças entre os declives das rectas encontrados à superfície e no fundo e, mais significativamente, entre o

período de MM e MV.

No estuário do Douro, em período de MV, não foram realizadas quaisquer observações às 03:00 (fuso 0) de dia 20 de Setembro, devido a dificuldades em manter a embarcação fixa no local de amostragem durante a viragem da maré.



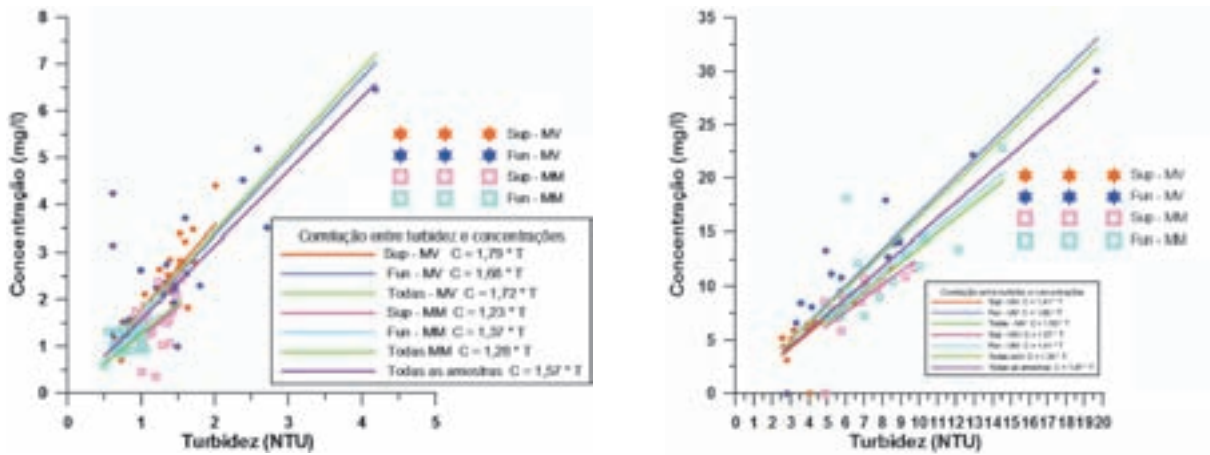


Figura 9 – Correlações lineares entre os valores de concentração de MPS obtidos das amostras colhidas durante as observações em estação fixa e os valores de turbidez medidos no correntómetro perfilador, para Setembro 2005 e Fevereiro 2006.

### 5. Rio Minho – Estação fixa (Setembro 2005 e Fevereiro 2006)

À semelhança do que ocorre no rio Douro, os parâmetros estatísticos mostram a grande variabilidade dos valores de concentração e turbidez encontrados. A variância também foi máxima na campanha de Fevereiro de 2006, em MV e na proximidade do fundo (Tabela 5), onde os valores de concentração variaram entre 3.9 mg/l e 14.5 mg/l.

No rio Minho a variação das concentrações de MPS possui uma boa correlação com os valores de turbidez (Figuras 11 a 15), excepção feita a dois valores máximos de concentração encontrados à

superfície, durante o período de MM (17:00 do dia 26 e 08:00 do dia 27 em Setembro de 2005) figura 11. Estas duas amostras foram colhidas, aproximadamente, durante a mesma fase de maré (baixa-mar e início de enchente) e coincidem aproximadamente com a máxima expressão da assinatura estuarina durante o período de MM. Conclui-se assim que os valores elevados de concentração de MPS encontrados nestas amostras, sem reflexo nos valores registados pelo turbidímetro (que reflecte as partículas terrígenas e é “cego” à matéria orgânica, com grande quantidade de água) resultam da presença de matéria orgânica de origem estuarina.



Figura 10 – Relação entre a concentração de MPS nas amostras colhidas junto à superfície (os números acima das barras indicam a profundidade real da colheita) e a turbidez nos níveis mais superficiais do perfil, durante o período de marés-mortas no estuário do rio Minho (Setembro 2005).



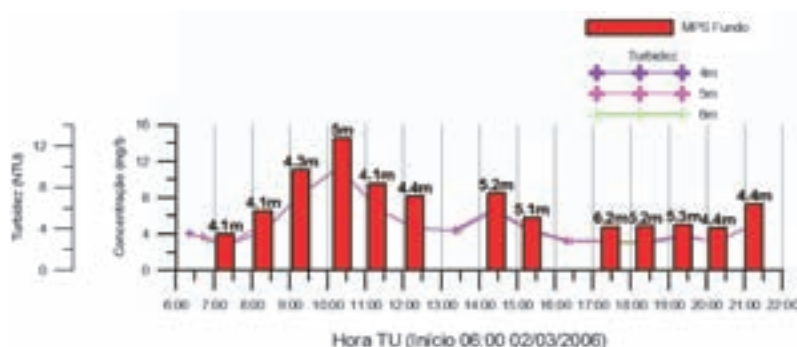


Figura 15 – Relação entre a concentração de MPS nas amostras colhidas junto ao fundo (os números acima das barras indicam a profundidade real da colheita) e a turbidez nos níveis mais profundos do perfil, durante o período de marés-vivas no estuário do rio Minho (Fevereiro de 2006).

De acordo com o esperado, também aqui se observam algumas diferenças nas relações MPS/turbidez encontradas nos diferentes períodos de observação à superfície e no fundo.

Durante o período de MV as relações encontradas nos dois níveis são bastante próximas, o que está de acordo com a homogeneidade vertical que marca o estuário durante esta fase do ciclo. No período de MM a variação do declive da recta encontrada entre a superfície e o fundo evidencia, à semelhança do observado no estuário do rio Douro, a presença de massas de água distintas aos dois níveis (Figura 15 e Tabela 4)

Na 2.<sup>a</sup> campanha no rio Minho, em período de MM (9 de Fevereiro 2006), a partir das 09:00, a colheita de águas, passou a ser unicamente efectuada à superfície, com o auxílio de uma garrafa de Niskin (dispositivo idealizado na OC), devido a uma avaria na bomba de transfega. As amostras de água foram armazenadas em garrafas de 1,5 l, tendo sido posteriormente filtradas no laboratório do INIAP/IPIMAR, de Matosinhos.

Também à semelhança do que se verificou no estuário do rio Douro, para a construção de uma variação temporal de concentração de MPS, contínua na vertical, inferida dos valores medidos pelo

Concentrações (mg/l)	Minho MV		Minho MM	
	Sup	Fund	Sup	Fund
Mínimo	0.34	0.32	1.22	1.49
Máximo	4.74	4.31	9.68	5.56
Média	1.46	1.42	2.77	2.54
Variância	1.98	1.96	4.40	0.89
Desvio Padrão	1.40	1.40	2.10	0.94

Turbidez (NTU)	Minho MV		Minho MM	
	Sup	Fund	Sup	Fund
Mínimo	0.28	0.28	0.78	0.51
Máximo	2.84	2.54	3.41	6.69
Média	0.98	0.98	1.68	1.89
Variância	0.60	0.58	0.66	1.63
Desvio Padrão	0.77	0.76	0.81	1.28

Tabela 4 – Parâmetros estatísticos dos valores de concentração de MPS e turbidez da estação fixa do estuário do rio Minho (T = turbidez, em NTU, C = concentração, em mg/l, MV = marés-vivas, MM = marés-mortas), para Setembro 2005.

turbidímetro, optou-se por utilizar uma equação que engloba todas as amostras recolhidas nas duas observações, por possuir maior significância estatística, devido ao maior número de pontos de correlação utilizados, maior gama de valores abrangidos e um coeficiente R de cerca de 0,89, aceitável para o efeito.

Em Fevereiro de 2006, no rio Minho, em período de MM, as correlações obtidas só para a superfície não foram consideradas devido à sua pouca representatividade (poucos valores). Em MV à superfície obtiveram-se também boas correlações (Figura 15 e Tabela 5).

Concentrações (mg/l)	Minho MV	
	Sup	Fund
Mínimo	3.28	3.98
Máximo	10.60	14.49
Média	6.17	7.28
Intervalo de confiança 95%	1.35	1.84
Variância	5.98	9.25
Desvio Padrão	2.45	3.04

Turbidez (NTU)	Minho MV	
	Sup	Fund
Mínimo	2.15	2.40
Máximo	7.32	11.16
Média	3.84	4.67
Intervalo de confiança 95%	0.83	1.47
Variância	2.27	5.95
Desvio Padrão	1.51	2.44

Tabela 5 – Parâmetros estatísticos dos valores de concentração de MPS e turbidez da estação fixa do estuário do rio Minho (T = turbidez, em NTU, C = concentração, em mg/l, MV = marés-vivas), em Fevereiro de 2006.

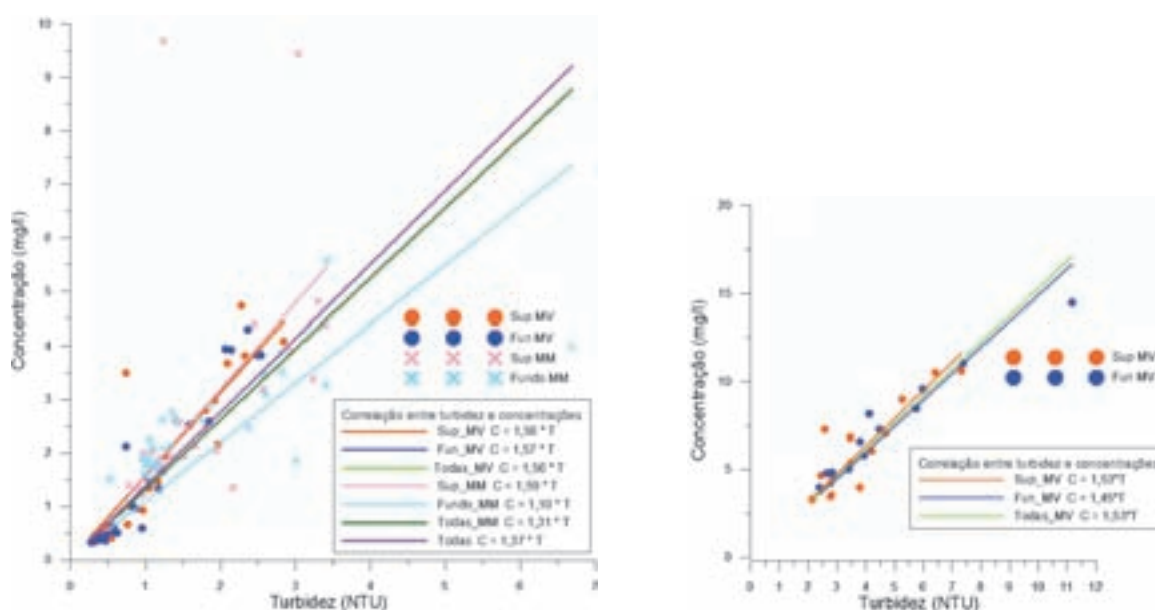


Figura 15 – Correlações lineares entre os valores de concentração de MPS obtidos das amostras colhidas durante as observações em estação fixa e os valores de turbidez medidos no correntómetro perfilador, para Setembro 2005 e Fevereiro 2006.

## 6. Considerações finais

Os valores de turbidez medidos em estação fixa nos estuários do Douro e Minho revelaram uma boa correlação com os valores de concentração de MPS determinados no mesmo ponto. A utilização dos valores de turbidez parece desta forma funcionar correctamente como *proxy* da quantidade de material suspenso na coluna de água. As diferentes correlações e equações encontradas foram apontadas como resultado de diferenças estruturais do material em suspensão e da maior ou menor concentração parcial de matéria orgânica. Contudo, como os ambientes marinhos são muito variáveis e complexos, e a concentração de MPS e características das partículas variam com as marés (MM, MV),

velocidades das correntes e épocas do ano, esta calibração com amostras de água do local (ou sedimentos) é sempre necessário fazer, durante a realização das campanhas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração inestimável das guarnições do NRP Rio Minho, UAM Fisália, e “Azinheira” e da administração da APDL por disponibilizarem o uso da lancha *Boa Nova*. Ao Eng.º António Jorge da Silva pela cedência dos dados do correntómetro RCM9, indispensáveis à realização deste artigo, aos revisores Doutora Aurora Bizarro, Dr.<sup>a</sup> Alexandra Morgado e 2TEN Quaresma dos Santos, pelas críticas construtivas.

## Referências

*Relatório de progresso do projecto ECOIS (Estuarine contribution to inner shelf dynamic)* 1.º ano – (2006). Fundação para a Ciência e Tecnologia.

Sutherland, T.F., Lane, P.M., Amos, C.L., Downing, J. (2000) – *The calibration of optical backscatter sensors for suspended sediment of varying darkness levels*. Marine Geology, 162, 587-597.

## Contactos electrónicos

**Maria Balsinha** – maria.balsinha@hidrografico.pt

**Ana Santos** – ana.santos@hidrografico.pt

**Anabela Oliveira** – anabela.oliveira@hidrografico.pt





# Os Enigmáticos Canhões Submarinos da Plataforma Continental Portuguesa

Resultados preliminares do projecto científico DEEPCO  
(Deep Sedimentary Conduits of the West-Iberian Margin)

Catarina Guerreiro, Geóloga, Bolseira  
Aurora Bizarro, Investigador Auxiliar  
João Duarte, Técnico Superior Principal  
Rui Taborda, Professor Auxiliar na FC-UL

**Resumo** O que é um canhão submarino?

Trata-se de um vale submarino encaixado, geralmente embutido numa margem continental, o qual, à semelhança do que acontece num rio em domínio subaéreo, também é alvo da passagem de correntes, transporte de sedimentos e fenómenos erosivos. Contudo, tudo isto acontece debaixo de água, pelo que a sua dinâmica é, por isso mesmo, diferente...

Os canhões submarinos funcionam como condutas sedimentares, ao longo das quais há intensificação dos processos de transporte de partículas entre a zona costeira e o domínio profundo. Estão presentes em praticamente todas as margens continentais e assumem, muitas vezes, dimensões impressionantes (e.g. Canhão da Nazaré, W de Portugal; Canhão de Monterey, W da Califórnia, E.U.A.).

O projecto DEEPCO (*Deep Sedimentary Conduits of the West-Iberian Margin*), presentemente em desenvolvimento na Divisão de Geologia Marinha do Instituto Hidrográfico (IH), pretende estudar as características geomorfológicas, geofísicas, sedimentares e micropaleontológicas dos vales submarinos que sobressaem da fisiografia do sector NW da Plataforma Continental Portuguesa: canhões submarinos do Porto, Aveiro e Nazaré.

O primeiro trabalho desenvolvido no âmbito do projecto DEEPCO baseou-se no estudo do padrão geral de variação granulométrica da cobertura sedimentar de fundo da plataforma setentrional, com base na distribuição longilitoral (N – S) dos valores percentuais das principais classes dimensionais do sedimento (cascalho, areia, silte e argila). Os primeiros resultados já foram apresentados em Guerreiro *et al.* (2006c) e Guerreiro *et al.* (*subm.*) e permitiram estabelecer algumas relações entre a variação da profundidade e as características texturais dos sedimentos superficiais de fundo, principalmente nos sectores da plataforma onde estão localizados os canhões submarinos do Porto, Aveiro e Nazaré. Os resultados sugerem que a morfologia e o grau de escavamento dos canhões submarinos, bem como a sua distância à costa, estão relacionados com os fenómenos que estiveram na sua origem e evolução geológica, revelando-se como determinantes para a dinâmica sedimentar dos canhões e respectivas zonas de influência.

**Palavras-chave:** Canhão submarino; plataforma continental; dinâmica sedimentar.

**Abstract** *What is a submarine canyon? It consists on a carved submarine valley, usually imprinted within the continental margins, which, just like a river under sub aerial conditions, is affected by*

*currents, sediment transport and erosion phenomenon. However, all these processes occur under water and, therefore, their dynamics is different...*

*Submarine canyons act as sedimentary conduits through which there is a magnification of particle transport processes between the coastal zone and the deep oceanic domain. They are present in nearly all continental margins, often presenting impressive dimensions (e.g. Nazaré Submarine Canyon, W off Portugal; Monterey Submarine Canyon, W off California, USA).*

*DEEPCO scientific project (Deep Sedimentary Conduits of the West-Iberian Margin), currently in process at the Marine Geology department of the Instituto Hidrográfico (IH) aims to study the geomorphological, geophysical, sedimentological and micropaleontological characteristics of the three submarine canyons of the northern Portuguese Continental Shelf: Oporto, Aveiro and Nazaré Submarine Canyons.*

*The first study performed intended to study the general grain-size variation pattern of the northern shelf's bottom sediment cover, based on the coast parallel (N-S) distribution of the percentage values of the main textural classes (gravel, sand, silt and clay). Preliminary results have already been reported in Guerreiro et al. (2006c) and Guerreiro et al. (subm.) and allowed the establishment of some relations between depth variation and the textural characteristics of the superficial sedimentary cover, mainly in the sectors where the Oporto, Aveiro and Nazaré submarine canyons are located. Results suggest that the morphology, the incision degree and the distance towards the coastline of the canyon's heads have an important role in their origin and geological evolution, and revealed to be determinant in the sedimentary dynamics of these submarine canyons and respective adjacent zones.*

**Keywords:** *submarine canyon, continental shelf, sedimentary dynamics*

## 1. Introdução

Os canhões submarinos embutidos na margem continental funcionam como vias de drenagem de materiais do continente para a planície abissal, e a sua eficácia depende, entre outros factores, da distância ao litoral a que estão definidas as suas cabeceiras e da área de plataforma que os influenciam directamente (Magalhães, 2001) (Figura 1). Este tipo de incisões está frequentemente associado a diversos condicionalismos energéticos (e.g. correntes de *coastal upwelling*, acumulação de energia das ondas internas, correntes turbidíticas, etc.) com capacidade de transferir os sedimentos acumulados na plataforma, bordo e vertente continental superior para a planície abissal. No caso de canhões cuja cabeceira esteja muito próxima da orla litoral, vários estudos têm demonstrado que tais acidentes fisiográficos têm uma influência significativa sobre os processos costeiros, como a hidrodinâmica da zona costeira e o transporte sedimentar (e.g. Canhão Submarino da Nazaré, Duarte et al., 2000).

Embora vários autores já tenham estudado estes importantes acidentes morfológicos, as causas da sua origem e da sua evolução, bem como o tipo de depósitos sedimentares que lhes estão associados, ainda não são bem conhecidos. A presença de canhões submarinos afecta fortemente a circulação e a produtividade oceânica, bem como a distribuição da cobertura sedimentar de fundo, sendo estas estruturas um dos principais mecanismos de transferência de massa, entre a zona costeira e o oceano profundo (e.g. grandes transferências catastróficas de massa são despoletadas, por exemplo, pela actividade neotectónica, sendo que estas depressões submarinas tendem a guiar as correntes de massa descendentes até às planícies abissais).

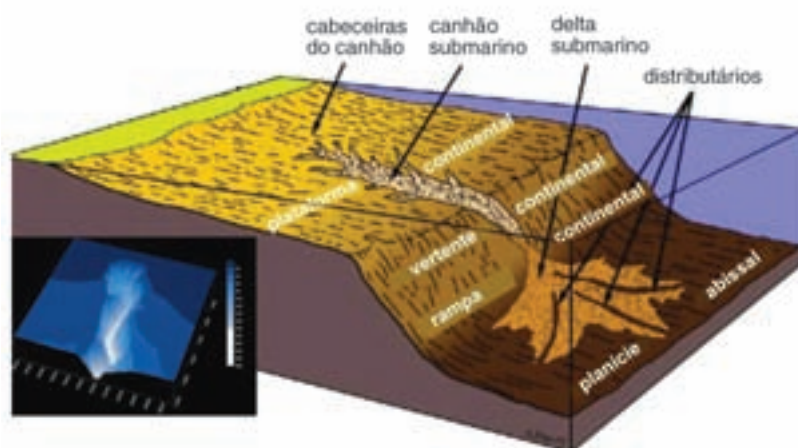


Figura 1 – Representação esquemática de um canhão submarino (Dias, J.A. in <http://w3.ualg.pt/~jdias/oceangeol/>). Cabeceira do Canhão da Nazaré (Duarte, J. in prep.).

Para a sua origem, apontam-se quatro hipóteses principais: 1) terão sido escavados a partir da zona terminal dos rios, numa altura em que o nível do mar estava mais baixo e, conseqüentemente, estes teriam maior capacidade erosiva e de transporte de sedimentos para a plataforma; 2) terão sido escavados através de processos erosivos exclusivamente submarinos, relacionados com a ocorrência de correntes turbidíticas e/ou com captura do material sedimentar que se encontra em trânsito ao longo da costa (deriva litoral *sensu lato*); (3) dado que a localização dos canhões está frequentemente associada à presença de lineamentos estruturais, a sua origem e evolução poderá ter estado fortemente relacionada com a reactivação destas estruturas; e (4) terão resultado da combinação da ocorrência de processos erosivos e tectónicos.

É com o objectivo de aprofundar o conhecimento sobre estas estruturas submarinas que se encontra presentemente em curso na Divisão de Geologia Marinha do Instituto Hidrográfico, o projecto DEEPCO (*Deep Sedimentary Conduits of the West-Iberian Margin*). Pretende-se estudar as características geomorfológicas, geofísicas, sedimentares e micropaleontológicas dos vales submarinos que sobressaem da fisiografia submarina da plataforma continental portuguesa setentrional: canhões submarinos do Porto, Aveiro e Nazaré. Os resultados que se prevêem obter no âmbito do DEEPCO deverão contribuir para o conhecimento dos processos sedimentares que ocorrem na Margem Oeste-Ibérica.

## 2. Enquadramento da área de estudo

### 2.1. Oceanografia

A circulação oceanográfica da Plataforma Continental Portuguesa setentrional é fortemente influenciada pelas suas características meteorológicas, as quais são controladas pelo Sistema de Altas Pressões dos Açores e pelo Sistema de Baixas Pressões da Islândia (Wooster *et al.*, 1976). No Verão, os ventos provenientes de N – NW são favoráveis à ocorrência de *coastal upwelling* nesta região (Fiúza, 1983; Vitorino, 1989) os quais induzem uma circulação superficial dirigida para o equador na plataforma continental ao largo da costa Oeste de Portugal (Fiúza, 1983; Vitorino, 1989). No Inverno, a ocorrência de ventos fortes com uma componente de Sul leva ao estabelecimento de um regime de *downwelling* sobre a plataforma, com uma circulação associada dirigida para o pólo, a qual pode ocupar toda a coluna de água sobre a plataforma continental (Vitorino *et al.*, 2002).

A ondulação de Inverno na plataforma caracteriza-se por ondas de NW e SW com alturas significativas de 3 a 4 metros. Em períodos de temporal as alturas significativas podem exceder os 5m (Vitorino *et al.*, 2002). O Verão caracteriza-se por uma ondulação de baixa energia, com alturas significativas médias inferiores a 2m (Vitorino *et al.*, 2002; Pires, 1985). Estudos feitos sobre o impacto da ondulação na Plataforma Continental Portuguesa

indicam que esta tem capacidade de promover a remobilização dos sedimentos de fundo, principalmente na plataforma média e interna (Taborda, 1999; Vitorino *et al.*, 2002).

Também a ocorrência de ondas internas não-lineares (OINL) foi identificada como mecanismo oceanográfico com possível impacto na cobertura sedimentar. É o caso das OINL identificadas por Quaresma *et al.* (no prelo) na plataforma continental portuguesa, geradas durante o verão, no bordo da plataforma e no Canhão da Nazaré, com propagação para a plataforma interna.

Para além das condições meteorológicas, a circulação oceanográfica da plataforma é também fortemente condicionada pela morfologia costeira e pela batimetria da plataforma. A presença de vales e canhões submarinos pode conduzir à criação de condições oceanográficas particulares, localizadas, intrinsecamente relacionadas com a morfologia de fundo local. Por outro lado, o padrão de distribuição da cobertura sedimentar não-consolidada é forte-

mente condicionada pela natureza e magnitude dos processos responsáveis pela distribuição das partículas (Magalhães, 2001). No fundo, os dois factores interagem continuamente: anomalias morfológicas vão alterar o padrão geral de circulação e, por sua vez, os mecanismos oceanográficos vigentes vão influenciar/determinar a dinâmica sedimentar associada a estas anomalias morfológicas.

## 2.2. Canhões Submarinos do Porto, Aveiro e Nazaré: estado actual dos conhecimentos

Apesar da Plataforma Continental Portuguesa setentrional apresentar uma morfologia, em geral, suave e regular, com as batimétricas uniformemente espaçadas e paralelas à costa, a sua topografia é marcada pela presença de três importantes incisões: os canhões submarinos do Porto, Aveiro e Nazaré (Figura 2).

Dos três, o Canhão da Nazaré é o único que tem vindo a ser mais detalhadamente observado, nome-

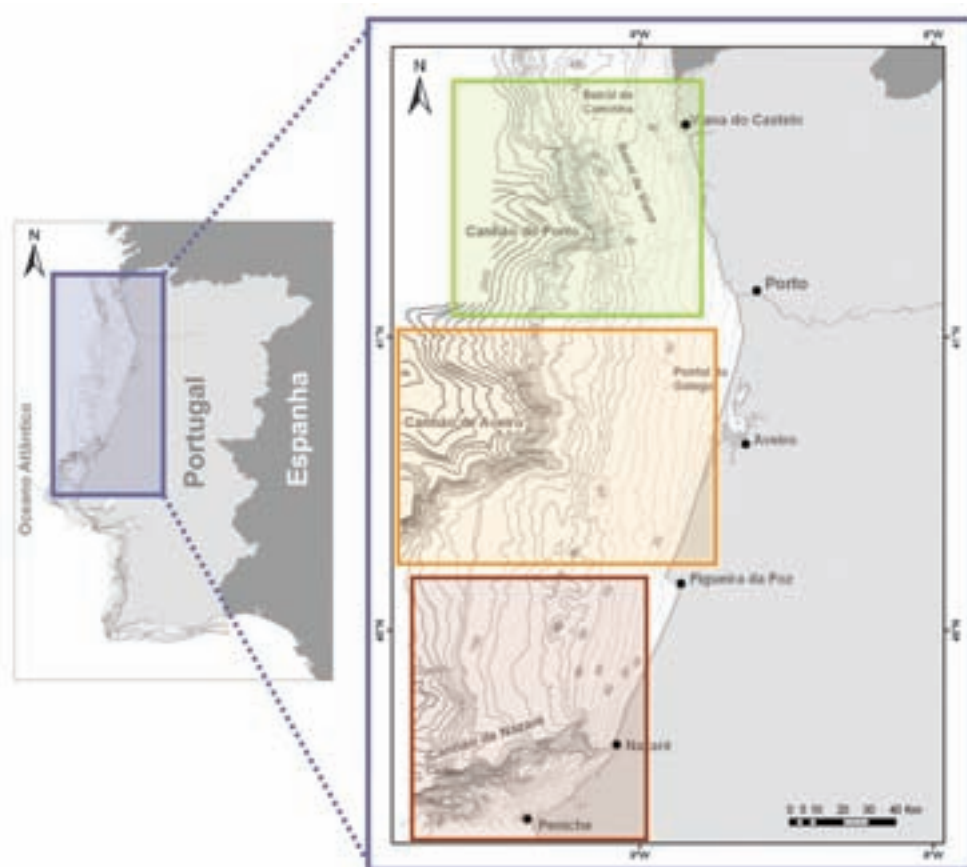


Figura 2 – Localização geográfica da Plataforma Continental Setentrional Portuguesa e dos canhões submarinos em estudo: Porto (verde), Aveiro (vermelho) e Nazaré (laranja).



adamente no que respeita à sua dinâmica sedimentar (actividade) actual (Duarte *et al.*, 2000; Duarte & Taborda, 2003; Oliveira *et al.*, no prelo), às suas características dinâmicas (Quaresma *et al.*, no prelo), hidrológicas (Oliveira *et al.*, 2003), sedimentares (Duarte, 2002; Pombo, 2004; Oliveira *et al.*, 2003; Oliveira *et al.*, no prelo, de Stigter *et al.*, no prelo) e micropaleontológicas (Rosa, 2004; Guerreiro, 2005; Guerreiro *et al.*, 2006a,b). Todos estes trabalhos foram desenvolvidos pelo Instituto Hidrográfico, no âmbito do Programa SEPLAT<sup>1</sup> e dos projectos europeus de investigação científica EUROSTRATAFORM<sup>2</sup> e HERMES<sup>3</sup>.

Os canhões do Porto e de Aveiro são incisões mais afastadas da costa e encontram-se menos bem documentados relativamente à sua dinâmica actual. No caso do Canhão do Porto, a sua influência nas características oceanográficas da plataforma continental já foi focada em trabalhos realizados no âmbito do projecto europeu OMEX<sup>4</sup> (Oliveira *et al.*, 2002; Vitorino *et al.*, 2002).

A areia é a classe textural dominante não só na plataforma continental setentrional como na vertente continental superior, ao contrário do que foi observado a nível mundial, em que predominam os lodos (Bouma, 1979), sugerindo que a plataforma continental portuguesa é particularmente energética. Os sectores onde esta fracção está menos presente correspondem aos depósitos lodosos da plataforma média e externa, e aos sedimentos ricos em cascalho observados na plataforma média e na plataforma externa (Magalhães, 2001).

Dias (1987), Magalhães (2001) e Pombo (2004) descrevem a ocorrência da fracção cascalho em duas faixas grosseiramente paralelas à costa, localização que parece estar relacionada com as paleo-desembocaduras de rios e respectivos deltas de vazante, e com paleolitorais (uma faixa mais larga e bem definida, entre 30m e 90m de profundidade; outra, menos bem definida, na plataforma externa).

A fracção fina (silte + argila) não é abundante na plataforma setentrional, sendo o sector a norte do paralelo 41.º e a vertente continental superior as zonas mais ricas em silte e argila. Este aspecto

pode estar relacionado com a importância e o maior número de rios localizados a norte (Minho, Lima, Cavado, Ave e Douro) (Magalhães, 2001). Segundo este autor, há tendência para os sedimentos de fundo se tornarem progressivamente mais finos à medida que a profundidade aumenta, principalmente a partir dos 80-100m. Destacam-se os depósitos lodosos da plataforma média como zonas particularmente ricas em silte e argila: (1) frente à desembocadura do rio Minho; (2) nas vizinhanças da cabeceira do Canhão do Porto; (3) nas margens norte e sul do Canhão da Nazaré.

### 2.2.1. Canhão Submarino do Porto

O Canhão do Porto é do tipo *Nouvelle-Angleterre* (devido ao ravinamento das suas cabeceiras e à sua forma; Vanney & Mougénot, 1981) e está localizado a cerca de 25km a W da Póvoa de Varzim, abaixo dos 110m de profundidade (Figura 3). Apresenta mais de 100km de comprimento e prolonga-se até à Planície Abissal Ibérica. A sua morfologia é essencialmente influenciada pela ocorrência de movimentos de massa, não apresentando relação de dependência evidente com rios actuais (Rodrigues, 2001). Vários autores já associaram a origem do canhão a uma estrutura tardi-varisca reactivada durante a abertura do Atlântico Norte, a qual terá desempenhado um importante papel na evolução tectono-sedimentar da plataforma continental minhota (e.g. Auxietre & Dunand, 1978; Mougénot, 1989; Rodrigues *et al.*, 1993) (Figura 6).

### 2.2.2. Canhão Submarino de Aveiro

Dos três vales submarinos, o Canhão de Aveiro é a forma de relevo mais discreta, caracterizada por um perfil transversal bastante largo e amplo, e um troço superior em forma de semi-círculo (“anfiteatro”) com cerca de 10km de diâmetro (Rodrigues, 2001) (Figura 4). Este canhão está definido abaixo dos 110m de profundidade, a cerca de 30km da linha de costa, e desenvolve-se segundo a direcção ESE–WNW, unindo-se ao Canhão do Porto na

<sup>1</sup> SEPLAT – Carta dos Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental Portuguesa (Programa interno, financiado pelo MDN)

<sup>2</sup> EUROSTRATAFORM – *European Strata Formation* (EVK3–CT–2002–00079)

<sup>3</sup> HERMES – *Hotspot Ecosystem Research on the Margins of the European Seas* (GOCE–CT–2005–511234)

<sup>4</sup> OMEX – *Ocean Margin Exchange*

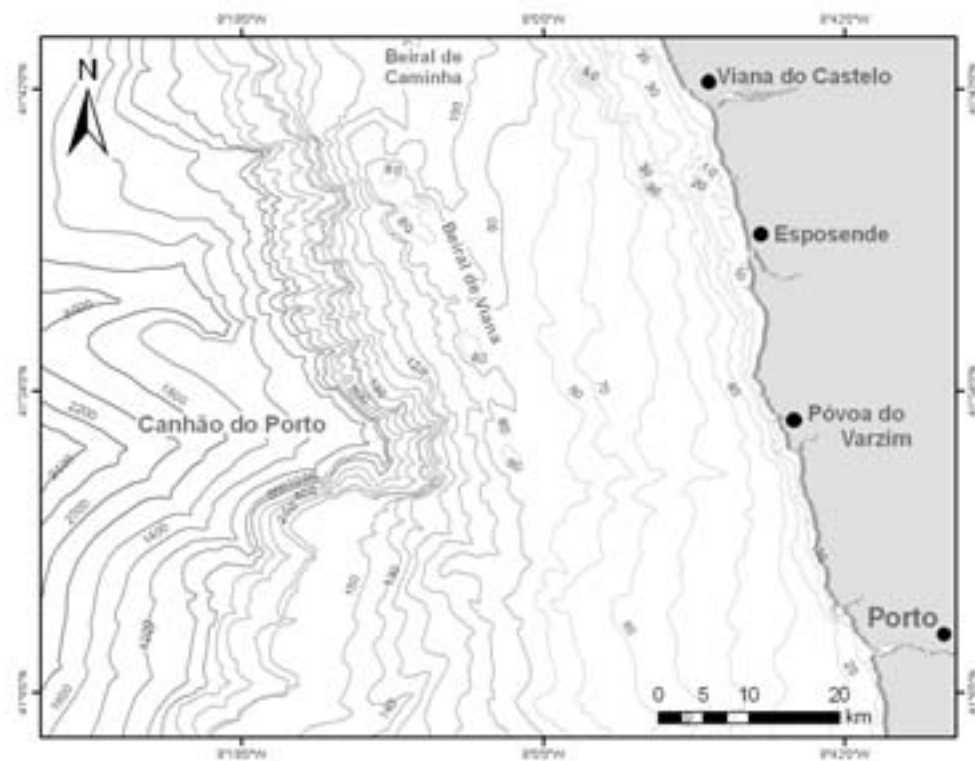


Figura 3 – Carta batimétrica de pormenor do Canhão Submarino do Porto (adaptado de Vanney & Mougnot, 1981).

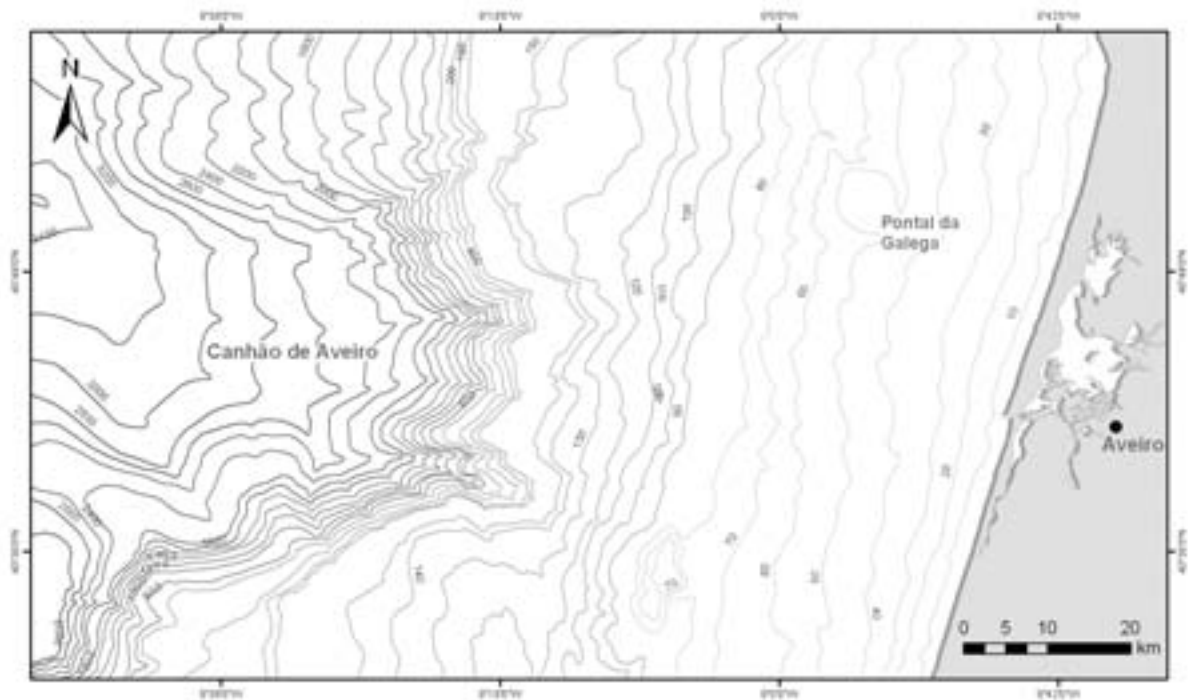


Figura 4 – Carta batimétrica de pormenor do Canhão Submarino de Aveiro (adaptado de Vanney & Mougnot, 1981)

Depressão Valle-Inclan, antes de atingir a Planície Abissal Ibérica. Tal como no caso do Canhão do Porto, não parece estar relacionado com nenhum curso fluvial actual, mas a sua origem e posição parecem ter estreita relação com uma falha de desligamento direito orientada WNW – ESSE, cartografada por Rodrigues (2001) (Figura 6).

### 2.2.3. Canhão Submarino da Nazaré

O Canhão da Nazaré é o mais longo da Europa, com um comprimento total superior a 200km, entre a batimétrica dos 50m (a cerca de 500m da costa) e a Planície Abissal Ibérica (Vanney & Mougénot, 1981) (Figura 5). Este canhão rasga completamente a plataforma continental, individualizando dois domínios, norte e sul, com comportamentos tectónicos e sedimentares distintos (Rodrigues, 2001). Apresenta as características de um canhão do tipo gouf, nomeadamente as suas grandes dimensões, o declive longitudinal baixo (entre 10 a 20%) e a cabeceira profundamente entalhada na orla costeira (Shepard

& Drill, 1966; Vanney & Mougénot, 1981; 1990).

O seu talvegue principal tem uma orientação geral E–W e uma secção transversal em “V” apertado. O eixo principal é composto por 4 troços rectilíneos, unidos por curvas bruscas, acentuados pela presença de vários tributários e ravinas tributárias (Vanney & Mougénot, 1981). O principal é o tributário de Vitória, de orientação NE – SW, ligado ao talvegue principal (margem norte) perto da batimétrica dos 600m. A vertente sul é mais complexa, intersectada por numerosos pequenos afluentes, por vezes instalados em zonas de fractura (Dias, 1987).

A cabeceira do Canhão da Nazaré tem uma nítida expressão na enseada da Nazaré e está associada ao limite norte da unidade fisiográfica litoral definida pelo troço costeiro entre a Nazaré e Peniche (NE–SW) (Duarte *et al.*, 2000) através de um promontório onde tem origem a entrada de material da deriva litoral pela cabeceira (Oliveira *et al.*, 1982, in Duarte *et al.*, 2000; Taborda, 1993). Este sector do canhão é palco de inúmeros fenómenos hidrodinâmicos e sedimentares, responsáveis pelo

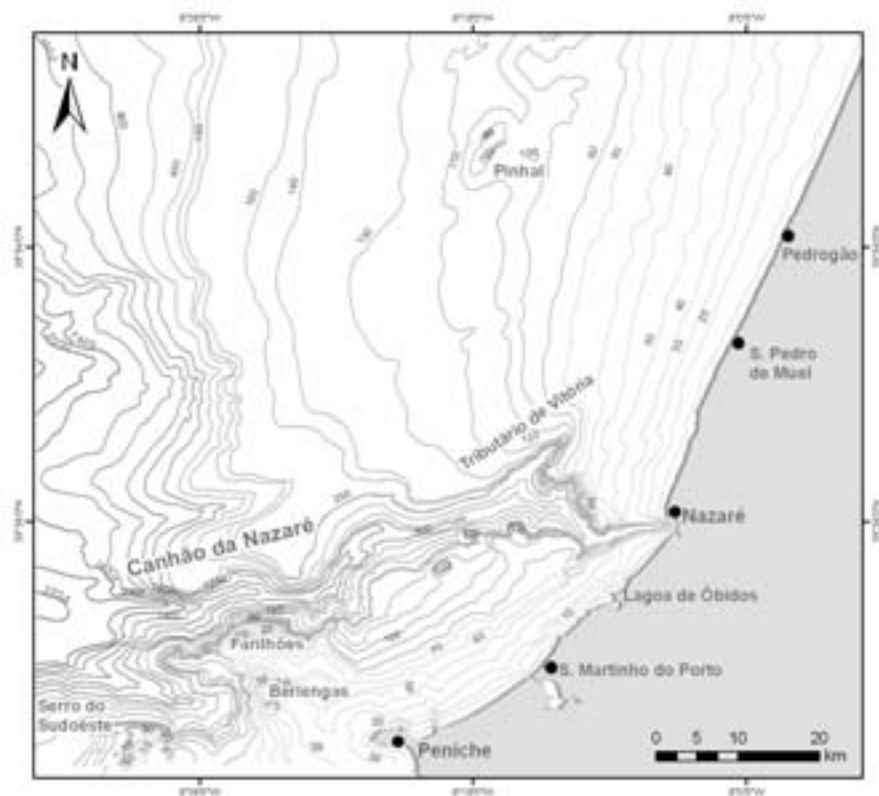


Figura 5 – Carta batimétrica de pormenor do Canhão Submarino da Nazaré (adaptado de Vanney & Mougénot, 1981)

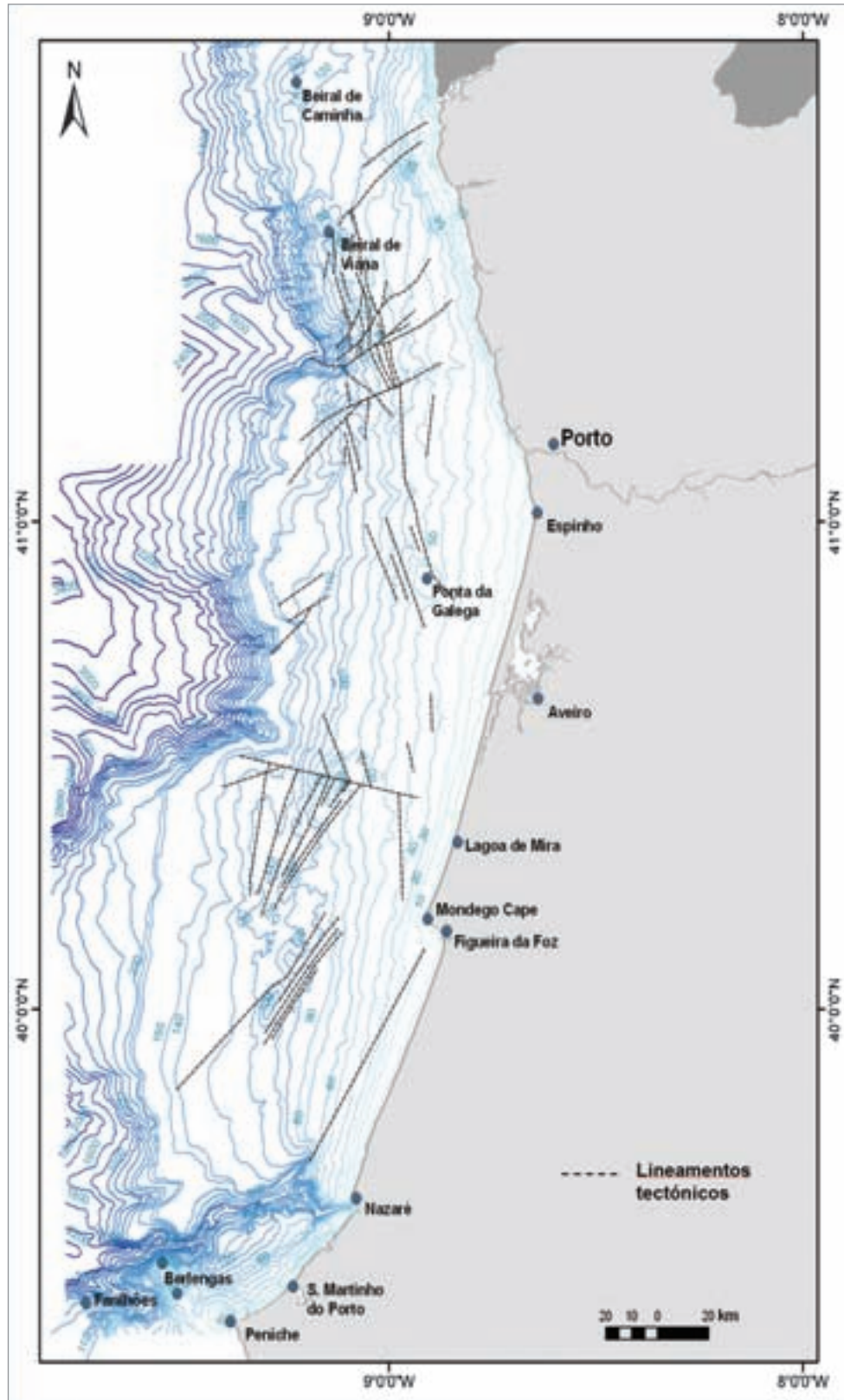


Figura 6 – Localização (a) das estruturas tardi-variscas possivelmente associadas à origem dos canhões submarinos do Porto e Aveiro, e (b) da Falha da Nazaré, estrutura tardi-varisca possivelmente associada à origem do Canhão Submarino da Nazaré (adaptado de Cabral, 1993).



seu carácter erosivo e, por conseguinte, pelo seu profundo entalhe na orla litoral.

Vários autores defendem que o Canhão da Nazaré esteja geneticamente relacionado com um dos grandes acidentes tardi-variscos, a Falha da Nazaré (Lallemand & Sibuet, 1986; Moreira, 1985; Ribeiro *et al.*, 1990), desenvolvida nas fases tardias da orogenia Varisca, tendo funcionado como falha transformante durante a abertura do Atlântico. Apresenta movimentação esquerda e tem-se mantido activa durante o Meso-Cenozóico (Moreira, 1985), afectando as formações mais recentes (Figura 6). De acordo com Rodrigues (2001) será este controlo estrutural que está na origem da amplitude e de algumas das suas características morfológicas (e.g. a sua secção em “V” apertado; a existência de dois ângulos quase rectos ao longo do seu curso). A Falha da Nazaré prolonga-se, provavelmente, pelo domínio profundo através do Canhão Submarino da Nazaré e faz parte de uma estrutura mais ampla, a falha de Seia-Lousã (Rodrigues, 2001). Este prolongamento oceânico desempenhou um papel determinante na morfologia e evolução do canhão, bem como de toda a margem oeste-ibérica, na medida em que foram os seus sucessivos episódios de reactivação que estiveram na origem do afundamento de toda a plataforma setentrional e, por conseguinte, da posterior edificação dos espessos mantos sedimentários terciários (Rodrigues, 2001).

Estudos de natureza paleoambiental feitos por Rosa (2004), Guerreiro (2005) e Guerreiro *et al.* (2006a) permitiram “cartografar” a sedimentação marinha subactual na região do Canhão da Nazaré com base no registo em Foraminíferos e em Nanoplâncton calcário. Estes trabalhos permitiram delimitar os domínios em que a dinâmica litoral e os mecanismos dinâmicos intrínsecos ao canhão têm maior influência. Os resultados preliminares deste estudo sugerem que o Canhão da Nazaré não parece estar a servir de entrada preferencial de Nanoplâncton calcário do domínio oceânico para o domínio nerítico, dadas as suas associações/abundâncias serem típicas de plataforma. No entanto, a presença de elevadas concentrações de nanólitos, mesmo em sectores de elevado hidrodinamismo da plataforma interna, sugere a ocorrência de produtividade *in loco*, provavelmente relacionada com as características oceanográficas particulares desta região

(e.g. *coastal upwelling*, ondas internas) (Guerreiro, 2005; Guerreiro *et al.*, 2006a,b).

De acordo com Quaresma *et al.* (no prelo), as ondas internas geradas no sector superior do Canhão da Nazaré parecem ter capacidade de provocar ressuspensão local de sedimentos do fundo. Dado que estas ondas sofrem refacção para NE, a ressuspensão que lhe está associada poderá estar a contribuir para a maior concentração de partículas e nutrientes na coluna de água, em sectores de menor profundidade da plataforma interna, impulsionando a ocorrência de produtividade local de Nanoplâncton calcário nesses sectores. Este mecanismo ocorre essencialmente durante a Primavera/Verão (enquanto há estratificação bem definida da coluna de água) mas parece ser suficientemente persistente para promover a existência de condições ecologicamente favoráveis à produtividade deste grupo de organismos (Guerreiro *et al.*, 2006b). Contudo, o transporte do material (e.g. nutrientes) na coluna de água deverá estar grandemente associado à própria circulação (residual) do *coastal upwelling* (correntes dirigidas para Sul, para a zona a Norte do canhão da Nazaré) (comunicação pessoal de Vitorino, 2007)

Este trabalho será futuramente aprofundado através do estudo de sondagens e de uma amostragem mais cerrada, de modo a aferir a consistência destes resultados preliminares.

### 3. DEEPCO e SEPLAT: Criação e validação de uma base de dados geográfica (SIG)

O Programa SEPLAT constitui um programa de cartografia do fundo do mar, nomeadamente no que respeita à identificação do tipo de sedimentos superficiais existentes e definição de zonas de afloramento rochoso. Este programa, financiado pela Marinha, teve início em 1974 e, dado o volume de informação e amostras que contempla, tem-se vindo a prolongar até aos nossos dias. Embora o objectivo principal deste programa seja a elaboração e publicação da “Carta dos Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental Portuguesa” à escala de 1:150 000, os sedimentos colhidos ao longo de mais de três décadas, bem como os resultados da sua análise, têm sido rentabilizados para diversos trabalhos de investigação e acções de



formação. A compilação/organização deste enorme volume de dados sedimentológicos (mais de 12 600 amostras de sedimento colhidas no decurso de cerca de 30 cruzeiros oceanográficos) representa um processo moroso, na medida em que grande parte dos dados e informação estão, ainda, em formato analógico.

De forma a rentabilizar os recursos existentes, foram utilizados dados obtidos no âmbito deste programa para a construção da base de dados, na qual se alicerçou o primeiro trabalho de investigação do projecto DEEPCO. Esta base de dados contempla 721 amostras superficiais de fundo da Plataforma Continental Portuguesa setentrional

(Folhas Sedimentológicas SED1, SED2 e SED3) seleccionadas de acordo com a batimetria (perfis  $60\pm 5m$ ,  $100\pm 5$ ,  $150\pm 5m$ ,  $200\pm 20m$ ,  $300\pm 20m$ ,  $400\pm 20m$  e  $\geq 480m$ ). A sua construção implicou um longo processo de compilação e conversão dos dados (código da amostra, coordenadas, cruzeiro, profundidade e valores percentuais de cascalho, areia, silte e argila) para formato digital, tendo a sua posterior validação conduzido, nalguns casos, à realização de correcções (e.g. correcção da maré nos valores de profundidade). Os sete perfis longilitorais foram implantados num Sistema de Informação Geográfica (Figura 7).

Os sedimentos superficiais de fundo foram anali-

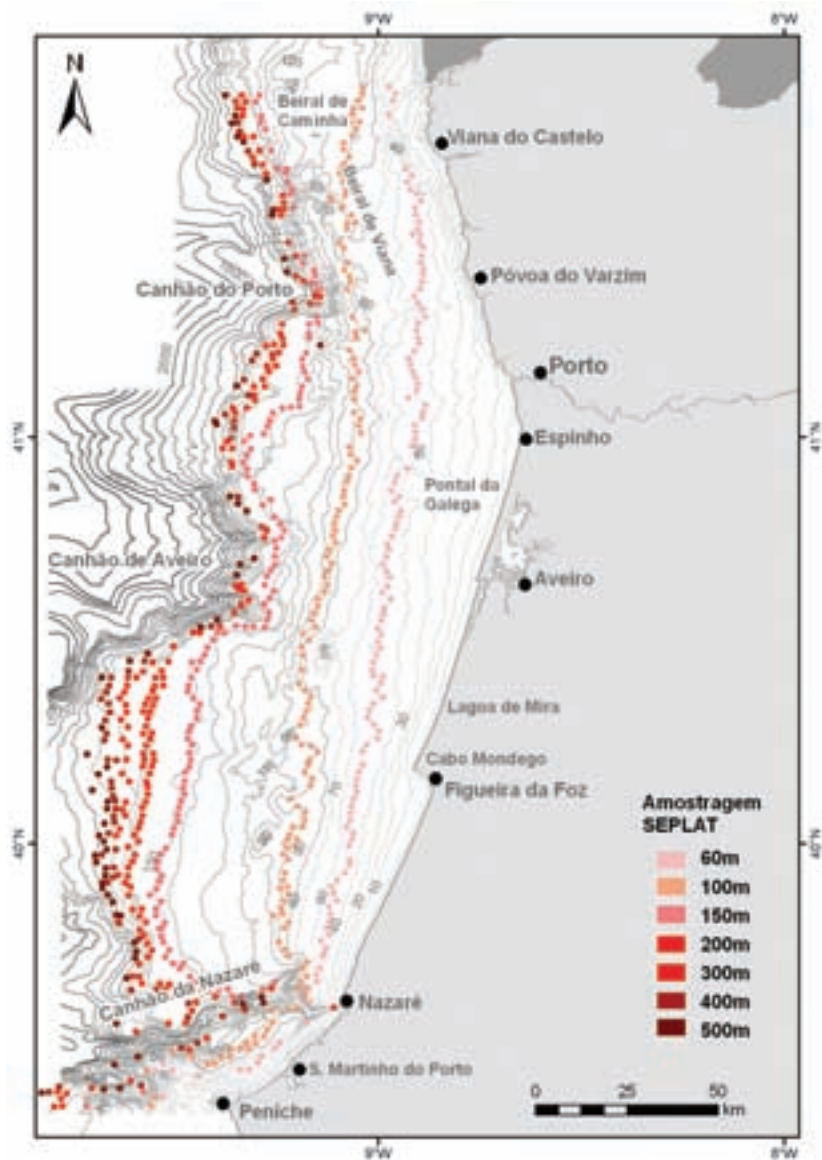


Figura 7 – Localização geográfica dos sete perfis longilitorais, com base na selecção de 721 amostras superficiais de fundo (SEPLAT) (Guerreiro *et al.*, *subm.*)

sados em laboratório, tendo sido realizada a análise granulométrica completa. Utilizou-se o método da crivagem para as fracções superiores a 63µm, e a pipetagem para a separação das fracções inferiores a 63µm. A classificação das fracções granulométricas teve em consideração os limites definidos pela escala phi ( $\phi$ ) (Friedman & Sanders, 1978).

**4. Variação longilitoral da cobertura sedimentar de fundo da Plataforma Continental Setentrional Portuguesa: resultados preliminares**

Com base nas amostras seleccionadas foi efectuada uma avaliação preliminar do tipo de influência que estes canhões submarinos têm na distribuição da cobertura sedimentar de fundo, potencialmente indicadores da sua dinâmica (sedimentar e/ou hidrodinâmica) e da sua evolução ao longo do tempo.

A zona do Canhão do Porto apresenta elevada variabilidade granulométrica; a areia e o cascalho são as fracções dominantes nas profundidades inferiores a 100m, contudo, nas regiões adjacentes, a curva de variação granulométrica do silte chega a atingir valores da ordem de 75% perto do depósito silto-argiloso do Douro, na cabeceira do canhão. Aos 150m e 200m de profundidade a fracção grosseira mantém-se como classe textural dominante (essencialmente, a areia) apresentando um registo tendencialmente mais regular e monótono para sul. A 300m, 400m e 500m de profundidade, a fracção silto-argilosa tende a aumentar na zona do Canhão do Porto (Figuras 8 e 9).

Os sedimentos de fundo da zona do Canhão de Aveiro são, em geral, mais grosseiros e homogéneos, dominados pela areia (a todas as profundidades) e pelo cascalho (aos 60m e 150m de profundidade).

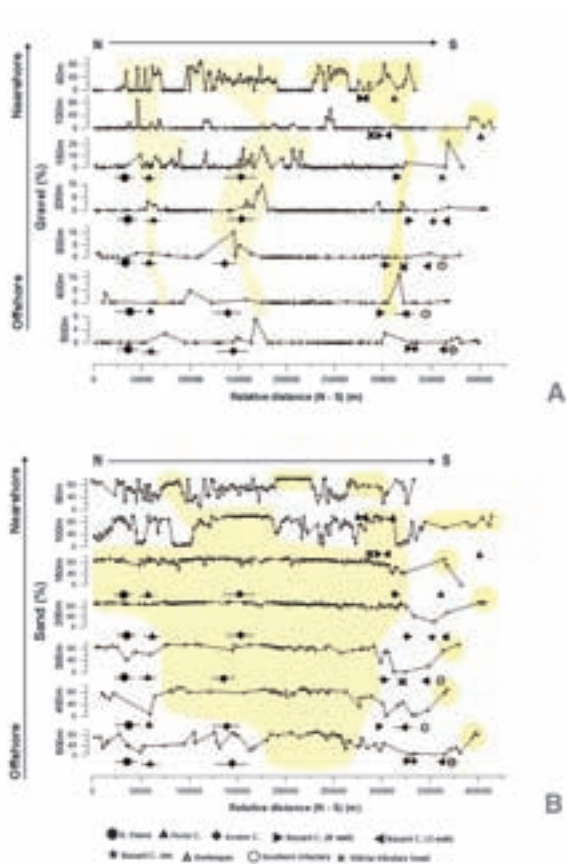


Figura 8 – Curvas de variação longilitoral (N – S) do cascalho (%) (A) e da areia (%) (B) às profundidades de 60m, 100m, 150m, 200m, 300m, 400m e 500m. Distância relativa entre pontos de amostragem começa no paralelo 41.º 51´ 51.5’’ (Guerreiro *et al.*, 2006c; *subm.*).

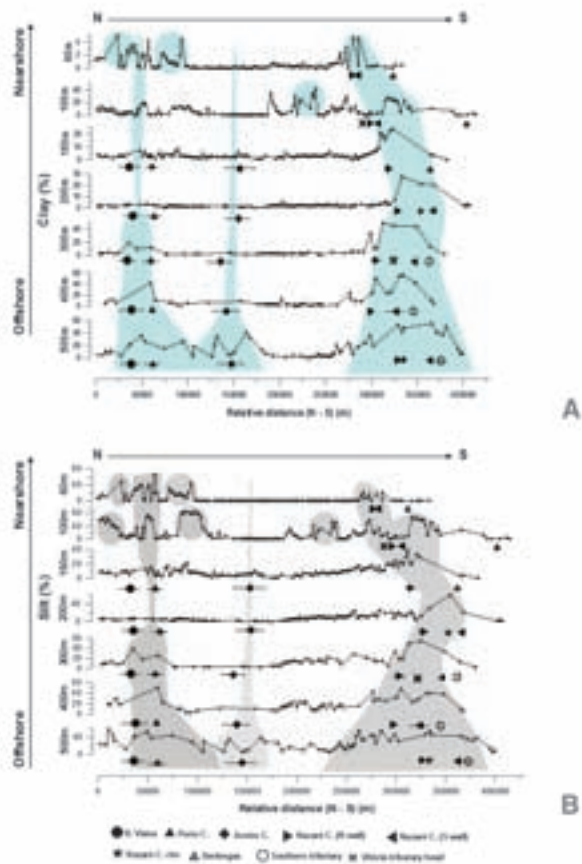


Figura 9 – Curvas de variação longilitoral (N – S) da argila (%) (A) e do silte (%) (B) às profundidades de 60m, 100m, 150m, 200m, 300m, 400m e 500m. Distância relativa entre pontos de amostragem começa no paralelo 41.º 51´ 51.5’’ (Guerreiro *et al.*, 2006c; *subm.*).

Aos 300m e 400m de profundidade a fracção silto-argilosa tende a aumentar, atingindo localmente, a profundidades superiores a 480m, valores percentuais da ordem dos 45% (Figuras 8 e 9).

A zona do Canhão da Nazaré é a mais rica em sedimentos silto-argilosos a todas as profundidades, mas principalmente a partir dos 150m. Aos 60m de profundidade, este sector apresenta um padrão granulométrico bastante diversificado, no qual a areia e o cascalho são as fracções dominantes, mas denunciando, localmente, sectores favoráveis à sedimentação de partículas silto-argilosas, nomeadamente ao longo das vertentes do canhão. Aos 100m de profundidade a curva de variação do silte e da argila registam importantes valores percentuais nas margens norte e sul do canhão, onde estão localizados os dois depósitos lodosos descritos por Duarte (2002) (Figuras 8 e 9).

Os resultados obtidos já foram expostos em Guerreiro *et al.* (2006c) e Guerreiro *et al.* (*subm.*) e permitiram estabelecer algumas relações entre a variação da profundidade e as características texturais dos sedimentos superficiais de fundo, nomeadamente:

a) à medida que a profundidade aumenta, a cobertura sedimentar de fundo tende a ficar enriquecida em partículas mais finas (argila e silte) (Figuras 9A e 9B) e empobrecida nas fracções mais grosseiras (principalmente o cascalho, mas também a areia) (Figuras 8A e 8B), sendo este facto particularmente visível nas zonas de influência dos canhões;

b) dos três canhões submarinos considerados, o Canhão da Nazaré (o mais escavado e mais próximo da costa) revelou os mais elevados valores percentuais de silte e argila, persistentes a todas as profundidades; pelo contrário, o Canhão de Aveiro (de morfologia mais ampla, localizado no bordo da plataforma) revelou o carácter mais grosseiro (e.g. areia) mesmo a elevadas profundidades (<400m);

Tendo em conta as características físicas e geográficas dos três canhões (e.g. o Canhão da Nazaré é o único que corta toda a plataforma continental, até à linha de costa; os canhões do Porto e de Aveiro, pelo contrário, estão circunscritos à zona do bordo da plataforma continental. Vide ponto 2.2.), os resultados sugerem que a morfologia, o grau de escavamento e a distância à costa são factores determinantes para a dinâmica sedimentar destes

canhões submarinos, e isso reflecte-se nas características texturais da cobertura sedimentar de fundo das suas zonas de influência (Guerreiro *et al.*, 2006c; *subm.*). Por outro lado, os processos oceanográficos gerados por esta conjuntura de factores terão também grande influência na dinâmica sedimentar de um canhão submarino, bem como nas suas zonas adjacentes. Assim o comprova um estudo recente realizado no Canhão da Nazaré (Oliveira *et al.*, no prelo) de acordo com o qual, a distribuição da cobertura sedimentar de fundo parece estar fortemente relacionada com a ocorrência de ressuspensão/transporte de partículas, gerada pelo *coastal upwelling* (Verão) e pelo *downwelling* (Inverno) neste sector da plataforma.

## 5. Considerações finais

Este trabalho permitiu fazer uma análise preliminar da variação Norte-Sul e Este-Oeste das principais fracções granulométricas da cobertura sedimentar de fundo da plataforma continental Portuguesa setentrional. Os resultados permitiram consolidar a cartografia sedimentológica realizada por Dias (1987), Magalhães (2001), Abrantes (2005) e Pombo (2004), bem como relacionar as principais características da cobertura sedimentar com a profundidade, nomeadamente no que respeita às principais diferenças entre os canhões do Porto, Aveiro e Nazaré.

No entanto, surgem algumas novas questões, as quais serão abordadas no âmbito do Projecto DEEPCO, nomeadamente: (1) De que forma um canhão submarino interage com os processos oceanográficos para haver deposição de finos nas áreas adjacentes? (2) Estará o grau de incisão de um canhão submarino directamente relacionado com a respectiva capacidade de remobilização/transporte sedimentar? (3) Qual é a relação entre a distância das cabeceiras dos canhões à linha de costa e a capacidade de erosão/não-deposição dos canhões submarinos do Porto, Aveiro e Nazaré?

O estudo mais detalhado de amostras de sedimento (análise composicional, mineralógica e micropaleontológica) seleccionadas das suas zonas de cabeceira, vertente e margens, permitirá responder a estas questões, desenvolver as hipóteses agora colocadas, e obter mais informações relativamente

à história evolutiva dos três canhões. O conhecimento sedimentológico será posteriormente complementado com o estudo das suas características estruturais e geomorfológicas, com base em dados de geofísica e de multifeixe de alta resolução.

### Agradecimentos

O presente estudo foi realizado no âmbito do projecto DEEPCO – Deep Sedimentary Conduits of

the West-Iberian Margin (POCTI/CTA/46367/2002) financiado pela FCT. A primeira autora beneficia de uma bolsa de investigação do Instituto Hidrográfico (IH). Os autores agradecem à equipa técnica do IH, em particular a Fernanda Dias, Aida Seabra e Julieta Vieira por terem assegurado todo o tratamento laboratorial. À Alexandra Morgado pela formação e apoio em ArcGIS.

O texto final beneficiou da revisão de Alexandra Morgado, Anabela Oliveira e João Vitorino.

### Referências

- Abrantes, I. (2005) – *Os sedimentos superficiais da margem continental, sector Espinho – Cabo Mondego: a utilização das fracções finas como traçadores de dinâmica sedimentar actual*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Univ. de Aveiro, 239 pp. (não publicado).
- Auxietre, J. & Dunand, J. (1978) – *Geologie de la marge ouest-ibérique (au nord de 40°N): le banc de Galice, les montagnes de Vigo, de Vasco da Gama et de Porto. Relation avec l'ouverture de l'Atlantique Nord. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle*. Universidade de Paris, VI, 215 pp. (unpublished).
- Bouma, A. (1979) – *Continental slopes*. In Doyle, L.J. & Pilkey, O.H. (eds.): *Geology of continental slopes*, Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists, Spec. Publication, 27, pp. 1-15.
- Cabral, J. (1993) – *Neotectónica de Portugal Continental*. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 345 pp. (não publicado).
- De Stigter, H., Boer, W., Jesus Mendes, P., Jesus, C., Thomsen, L., van der Bergh, G. & van Weering, T. (no prelo) – *Recent sediment transport and deposition in Nazaré Canyon, Portuguese continental margin*. *Marine Geology*.
- Dias, J. (1987) – *Dinâmica sedimentar e evolução recente da plataforma continental portuguesa setentrional*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Univ. de Lisboa, 384 pp.
- Duarte, F. (2002) – *Distribuição espacial dos sedimentos da Nazaré e plataforma adjacente*. *Proceedings of the 3.<sup>a</sup> Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, Espanha, 477 pp.
- Duarte, J., Dias, J.A. & Taborda, R. (2000) – *Cabeceira do canhão da Nazaré: erosão versus sedimentação*. In: Dias, J., Ferreira, O. (eds) 3.<sup>o</sup> Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica, Faro, pp. 227-228.
- Duarte, J. & Taborda, R. (2003) – *Multibeam analysis of Nazaré Canyon Head*. 4th Symposium on the Iberian Atlantic Margin, Vigo, pp. 45-46.
- Fiúza, A (1983) – *Upwelling patterns off Portugal*. In E. Suess & J. Thie (eds.), *Coastal Upwelling: Its sediment Record*, Plenum New York: pp. 85-98.
- Friedman, G. & Sanders, J. (1978) – *Principles of sedimentology*. John Wiley and Sons, New York, 792 pp.
- Guerreiro, C. (2005) – *Nanoplâncton calcário como traçador da sedimentação marinha em domínio nerítico e parálico (NW Portugal). Sector NE da Plataforma média Portuguesa. Canhão Submarino da Nazaré. Estuários do Minho, Coura e Douro*. Tese de Mestrado, FCUL, 193 pp. (não publicado).
- Guerreiro, C., Cachão, M., Oliveira, A., & Rodrigues, A. (2006a) – *Calcareous nannoplankton as a proxy of sedimentary dynamics in Nazaré Submarine Canyon (West off Portugal)*. 11th International Nannoplankton Association Conference, Lincoln, Nebraska, E.U.A., pp. 46-48.
- Guerreiro, C., Cachão, M., Oliveira, A. & Rodrigues, A. (2006b) – *Local productivity versus taphonomy of Calcareous nannoplankton in the Nazaré Submarine Canyon (W Off Portugal)*. 5th Symposium on the Iberian Atlantic Margin, Aveiro, pp. 89-90.
- Guerreiro, C., Duarte, J., Rodrigues, A. & Taborda, R. (2006c) – *Bottom sediment signature associated with the Oporto, Aveiro and Nazaré submarine canyons (NW off Portugal)*. 5th Symposium on the Iberian Atlantic Margin, Aveiro, pp. 91-92.
- Guerreiro, C., Rodrigues, A., Duarte, J., Oliveira, A. & Taborda, R. (subm.) – *Bottom sediment signature associated with the Oporto, Aveiro and Nazaré submarine canyons (NW off Portugal)*. *Thalassas*.



- Lallemand, S. & Sibuet, J.-C. (1986) – *Tectonic implications of canyon directions over northeast Atlantic continental margin*. *Tectonics*, 5 (7), pp. 1125-1143.
- Magalhães, F. (2001) – *Os sedimentos da Plataforma Continental Portuguesa: contrastes espaciais, perspectiva temporal, potencialidades económicas*. Tese Doutoramento, Universidade de Lisboa, Doc. Técn. do Instituto Hidrográfico, 287 pp.
- Moreira, V. (1985) – *Seismotectonics of Portugal and its adjacent area in the Atlantic*. *Tectonophysics*, 117: pp. 85-96.
- Mougenot, D. (1989) – *Geologia da margem Portuguesa*. Docs. Técnicos Inst. Hidrográfico, 32, 259 pp.
- Oliveira, A., Vitorino, J., & Rodrigues, A. (2003) – *Turbidez das massas de água do canhão submarino da Nazaré (Portugal)*. *Ciências da Terra (U.N.L.)*, Lisboa, n.º esp. V, CD-ROM, pp. L32-L36.
- Oliveira, A., Santos, A.I., Rodrigues, A. & Vitorino, J. (no prelo) – *Sedimentary particle distribution and dynamics on the Nazaré canyon system and adjacent shelf (Portugal)*. *Marine Geology*.
- Oliveira, A., Vitorino, J., Rodrigues, A., Jouanneau, J.M., Dias, J.A. & Weber, O. (2002) – *Nepheloid layer dynamics in the northern Portuguese shelf*. *Progress in Oceanography*, 52, pp. 195-213.
- Oliveira, I., Valle, A. & Miranda, F. (1982) – *Littoral problems in the Portuguese West Coast*. *Proc. Coastal Engr. Conf.*, pp. 1950-1969.
- Pires, H. (1985) – *Alguns aspectos do clima de agitação marítima de interesse para a navegação na costa de Portugal*. *O clima de Portugal*, 37(2), 34 pp.
- Pombo, J. (2004) – *Sedimentos superficiais da plataforma continental portuguesa entre o Cabo Mondego e S. Martinho do Porto*. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências da Univ. de Coimbra, 185 pp. (não publicado).
- Quaresma L.S., Vitorino J., Oliveira A. (no prelo) – *Evidence of sediment resuspension by nonlinear internal waves on the western Portuguese mid shelf*. *Marine Geology*.
- Ribeiro, A., Kulberg, M.C., Kulberg, J.C., Manupella, A. & Phipps, S. (1990) – *A review of Alpine Tectonics in Portugal: foreland detachment in basement and cover rocks*. *Tectonophysics*, 184, pp. 357-366.
- Rodrigues, A. (2001) – *Tectono-Estratigrafia da Plataforma Continental Setentrional Portuguesa*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Univ. Lisboa, 244 pp. (não publicado).
- Rodrigues, A., Lourenço, N., Dias, J.M.A. & Matos, M. (1993) – *plataforma continental adjacente ao delta do Tejo: caracterização tectono-sedimentar*. 3.ª Reunião do Quaternário Ibérico, volume de resumos, 102.
- Rosa, F. (2004) – *Análise micropaleontológica (Foraminífera) em sedimentos superficiais da plataforma continental Portuguesa*. Programa Seplat, IH, estágio no âmbito concurso público. N.º 1/3.2/Prodep/2003 (não publicado).
- Shepard, F. & Drill, R. (1966) – *Submarine canyons and other sea valleys*. Rand McNally, Chicago, 381 pp.
- Taborda, R. (1993) – *Modelação da dinâmica sedimentar induzida pela ondulação na Plataforma Continental Portuguesa*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre, Faculdade de Ciências da Univ. de Lisboa, 126 pp. (não publicado).
- Taborda, R. (1999) – *Modelação da dinâmica sedimentar na plataforma continental portuguesa*. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 366 pp. (não publicado).
- Vanney, J. & Mougenot, D. (1981) – *La plate-forme continentale du Portugal et les provinces adjacentes: Analyse Géomorphologique*. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, 28, 145 pp.
- Vanney, J. & Mougenot, D. (1990) – *Un canyon sous-marin du type "gouf": le Canhão da Nazaré (Portugal)*. *Oceanologica Acta*, 13, pp. 13-14.
- Vitorino, J. (1989) – *Circulação residual ao largo da costa NW de Portugal durante o afloramento de 1987*. *Anais Instituto Hidrográfico*, 10, pp. 25-37 (relatório não publicado).
- Vitorino, J., Oliveira, A., Jouanneau, J.M. & Drago, T. (2002) – *Winter dynamics on the northern Portuguese shelf. Part 2: bottom boundary layers and sediment dispersal*. *Progress in Oceanography*, 52, pp. 155-170.
- Woster, W.S., Bakun, A., McLain, D.R. (1976) – *The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic*. *J. Mar. Res.* 34, pp. 131-141.

## Contactos electrónicos

Catarina Guerreiro – catarina.guerreiro@hidrografico.pt

Aurora Bizarro – aurora.bizarro@hidrografico.pt

João Duarte – joao.duarte@hidrografico.pt

Rui Taborda – rtaborda@fc.ul.pt



# O Direito à Informação e o Direito da Informação

Raquel Poucochinho, Técnica Superior

**Resumo** A revolução liberal trouxe consigo uma transformação profunda no domínio dos direitos ao proteger interesses e poderes sob a forma de liberdades individuais: liberdades civis como a intimidade da vida privada e a liberdade de contratar; liberdades políticas, como a liberdade de expressão e de informação; liberdades económicas, como a liberdade de comércio e de indústria. Estas liberdades apoiavam-se no direito fundamental da propriedade privada.

No século XVIII e XIX, a propriedade privada foi pensada como uma condição essencial da realização plena dos direitos e liberdades individuais. Considerada pelos juristas como um direito sagrado e pelos economistas como o único capaz de garantir a ordem social e facilitar o desenvolvimento das poupanças e do investimento industrial, fundamento da prosperidade e da riqueza, a propriedade era a sede de todas as liberdades.

Em virtude do seu carácter difuso, à informação não era atribuído um valor económico. Contudo, com o tempo e o progresso das técnicas, a informação susceptível de ser utilizada ao serviço da generalidade das actividades económicas e sócio-culturais passa a assumir outras formas para além das criações intelectuais ou dos inventos técnicos, que implicam não necessariamente uma criação, mas tão só um esforço de ordem intelectual e/ou um investimento individual (trabalho) ou empresarial.

A mesma doutrina liberal que proclamara então a liberdade de circulação da informação vem, pois, aceitar a legitimidade do reconhecimento de direitos aos autores dos novos produtos de informação, assentes, seja na atribuição de exclusivos de utilização e exploração dessa informação, seja na protecção do seu segredo (*know how*). Com efeito, e de acordo com a perspectiva clássica, na ausência de direitos de propriedade sobre a informação, o mercado não produziria o fluxo de informação óptimo pois desapareceria o incentivo de investir na produção de algo que os outros poderiam utilizar livremente.

A relevância económica e social que passam a ter os meios de informação e os investimentos na sua recolha e tratamento transfere em parte a questão da liberdade de informação das tradicionais esferas política e pública para a esfera económica, do mercado.

De sujeitos activos da comunicação e da informação os cidadãos tendem a ser representados, neste novo contexto, como consumidores desta. Transita-se assim de um princípio de liberdade de informação concebido como liberdade do cidadão para um princípio de liberdade de informação entendido sobretudo como liberdade económica, assente naturalmente no direito de propriedade. O desenvolvimento das tecnologias da informação e das comunicações e a expansão das indústrias da informação baseadas na oferta de produtos de informação tem contribuído largamente para reforçar o valor económico da informação e, em consequência, a pressão sobre o legislador para proteger esses produtos como exclusivos de quem os cria ou produz tem-se intensificado.

**Palavras-chave:** acesso à informação, valor da informação.

**Abstract** *Property, ownership, liberation and information are concepts that have been in constant evolution since their perception changed in the modern society.*

*The once prevailing idea that we all should be able to access information as a free good is now under discussion and is no longer defensible.*

*The increasing value of information is an asset that can be commercialized, and this raises important issues that we ought to explore.*

*The so called information society and its new informational market demands innovative products and services from the technology industry that needs new sources of data and information.*

*As qualified information owners, public entities are now under surveillance as they become the next data's source.*

**Keywords:** *information access, information value.*

## 1. Introdução

Numa Sociedade onde os valores surgem cada vez mais esbatidos face aos interesses económicos presentes no mercado, o Estado é confrontado com novos desafios que passam pela redefinição do seu papel enquanto agente propulsor das mudanças sociais. A variável aduzida a esta equação é talvez a velocidade. A velocidade da mudança/revolução, da adaptação social das novas gerações à imaterialidade, ao virtual, à intemporalidade, ao difuso, ao éter. A livre circulação e o livre consumo, como postulados de uma Europa sem fronteiras, desencadeou um processo irreversível de integração, obrigando os Estados periféricos, como Portugal, a adoptar políticas de reestruturação das suas vias de comunicação, aliando o cimento, o asfalto e a fibra óptica num esforço de reeducação sócio-económica das populações.

Originariamente informação significa dar forma a alguma coisa que assim se torna cognoscível e, como tal, transmissível. Informação designa simultaneamente o processo de formulação e transmissão de objectos de conhecimento e estes últimos como conteúdos (informações). Neste sentido, liga-se a todo o processo de criação, conservação e comunicação do conhecimento humano. Nesta óptica, a informação pode ser entendida como um processo de troca entre o sistema e o seu meio.

Etimologicamente, a noção de informação abrange tanto um sentido substancial, como um sentido instrumental, ou seja, a informação tanto consiste nos dados ou conhecimentos obtidos por intermédio de uma actividade de investigação, da instrução ou de qualquer outro meio, como na comunicação ou transmissão desses dados ou conhecimentos. Com

efeito, a informação, uma vez produzida, circula instantaneamente, pode ser recebida, tratada, incorporada em esquemas lógicos, científicos, transformada em conhecimento pessoal, em acréscimo de compreensão, de sabedoria de autoformação, em valor acrescentado para o mercado ou para a sociedade – a informação supõe comunicação.

A conectividade entre tecnologia e informação, aliada à possibilidade de criar produtos novos e diferenciados a partir da mesma fonte, através da junção ao produto de um serviço, abrem novos horizontes ao mercado. A informação, enquanto fonte inesgotável de possibilidades, surge agora como o bem mais valioso, e como tal passível de apropriação.

Neste paradigma, que alguns denominam de terceira vaga, surgem novas questões de índole jurídica (propriedade), social (acesso), económica (valor), financeira (investimento), e cultural (educação) revelando fragilidades da sociedade global. A panóplia dos vários interesses reunidos sobre os augúrios da sociedade *informacional* justifica *per si* uma reflexão atenta.

## 2. A liberdade de informação e o princípio da Administração Aberta

A liberdade de informação tem sido genericamente descrita como a liberdade que protege um todo constituído pelo direito a ser informado, a formar a sua opinião com base nessa informação e a exprimir a sua opinião a outrem. Originariamente, este princípio era entendido como parte integrante da liberdade de expressão proclamada como direito

fundamental nas Constituições dos países ocidentais a partir dos finais do século XVIII. Como tal, a liberdade de informação foi legalmente explicitada e protegida como uma condição de participação política dos cidadãos nas sociedades democráticas. A participação política era tida por inseparável do acesso à informação com base na qual o exercício do governo pelas autoridades públicas podia ser avaliado e controlado. Na óptica do liberalismo, só se a informação pudesse ser tornada pública sem impedimentos, se veria a verdade. O liberalismo partia de um conceito abstracto e virtualmente absoluto dos princípios de liberdade, mas a própria filosofia liberal antevia a necessidade de restrições à liberdade de informação quando estivessem em causa valores como a segurança do Estado, o bom nome, a reputação ou a ordem pública, cabendo aos poderes públicos definir democraticamente, os limites dessa liberdade.

Com o tempo e o progresso das técnicas, a informação susceptível de ser utilizada ao serviço da generalidade das actividades económicas e sócio-culturais passou a assumir outras formas para além das criações intelectuais ou dos inventos técnicos, implicando não necessariamente uma criação, mas tão só um esforço de ordem intelectual e/ou um investimento individual (trabalho) ou empresarial. A mesma doutrina liberal que proclamara o princípio da livre circulação da informação vem depois aceitar a legitimidade do reconhecimento de direitos aos “autores” dos novos produtos informacionais, assentes, seja na atribuição de exclusivos de utilização e exploração dessa informação, seja na protecção do seu segredo.

No que respeita à informação relevante para a actividade económica não apareceu inicialmente formulado, de modo explícito, um princípio com expressão legal. Com efeito, a teoria económica clássica partia do pressuposto de que a informação constituía por natureza um bem público (*public good*), livremente disponível e acessível (*free flow*). A característica essencial do bem público é que o seu uso por uma pessoa não impede o seu uso por outras. Acresce que, em virtude do seu carácter difuso, a informação não podia ter um valor económico, não tendo sido inicialmente uma liberdade individual propriamente dita, susceptível de protecção jurídica mas antes a livre circulação como princípio

objectivo. A única excepção, juridicamente protegida, à aplicação deste princípio de livre circulação da informação era representada pela protecção do evento técnico entendido como uma forma de informação técnica.

Para certas informações, nomeadamente aquelas que são o resultado das actividades de investigação e desenvolvimento ou de actividades equivalentes, a exclusividade da sua posse faz parte do seu valor de uso numa economia de mercado concorrencial. Com efeito, de acordo com a perspectiva clássica, na ausência de direitos de propriedade sobre a informação, o mercado não produzirá o fluxo de informação óptimo, pois desaparece o incentivo em investir na produção de algo que os outros podem utilizar livremente. Se a colectividade deseja encorajar a produção de informação, então deverá prever-se alguma forma de protecção de carácter proprietário. Por força deste processo, a informação adquire realidade própria, deixando de representar simplesmente a ideia, o conhecimento ou a opinião que se associam à qualidade de ser humano racional, para passar a ser considerada como um bem em si mesmo, imaterial sim, mas autónomo e anterior aos serviços de que constitui objecto. O desenvolvimento das tecnologias da informação e das comunicações e expansão das indústrias da informação baseadas na oferta de produtos de informação e de programas de tratamento de informação vêm contribuir para reforçar o valor económico da informação.

A propriedade estatal das redes de uso público e a exploração e gestão, em regime de exclusividade, dos meios de comunicação convencionais têm cedido lugar, no que se refere aos novos serviços de comunicação, à propriedade e à exploração privadas, com o resultado de processo de privatização e de liberalização lançados em diversos países, designadamente no mundo ocidental. A introdução de meios de informação e comunicação técnica e organizacionalmente mais evoluídos e implicando investimentos avultados afecta as circunstâncias reais do acesso à informação e à comunicação por parte dos cidadãos e das organizações. A relevância que passam a ter os meios de informação e os investimentos na sua recolha e tratamento transfere, assim, a questão da liberdade de informação das esferas política e pública para a esfera económica,

do mercado. Toda a filosofia do direito actual dos países ocidentais revela uma preocupação clara de estimular o investimento, sobretudo privado, nas novas actividades tornadas possíveis pelo desenvolvimento tecnológico, acabando com eventuais monopólios e abusos de posição dominante dos Estados em certos sectores nevrálgicos para a economia e há muito cobiçados pelo sector privado (por exemplo, o sector da energia, as telecomunicações).

Uma das preocupações subjacentes às legislações tradicionais da propriedade intelectual é precisamente a procura de um equilíbrio razoável entre a protecção dos interesses dos criadores e a liberdade de circulação da informação. É verdade que a informação é produzida, de certo modo, por aquele que lhe dá forma, o que sugere uma relação de apropriação, mas a informação, diferentemente das coisas materiais, é comunicável, reproduzível e sujeita a múltiplos usos. Não se esgota. Os bens materiais são transmissíveis, alienáveis, mas a materialidade que os caracteriza garante a possibilidade de apropriação e controlo físicos, e é nisso que reside a diferença essencial face aos fenómenos da comunicação e da informação.

Com a extensão da intervenção do Estado e dos aparelhos administrativos aos domínios económico e social, foi crescendo a quantidade de dados e informação, de vária natureza, recolhidos pelo Estado para e no desempenho das suas missões, e alargou-se o âmbito da informação relevante para efeito do controlo social da actividade governativa. Com a expansão do intervencionismo estatal os regimes democráticos foram reconhecendo aos cidadãos o direito a tomarem conhecimento dos documentos e da informação detidos pelas administrações públicas, tendo mesmo alguns Estados consagrado, constitucional ou legalmente, os princípios da administração aberta e do livre acesso aos documentos administrativos.

No que se refere à informação do sector público, a sociedade da informação, com a disseminação das tecnologias de informação e comunicação, tem vindo a permitir ganhos de eficiência na recolha, tratamento e utilização de dados e informação, pelas administrações públicas e ao mesmo tempo oportunidades inexploradas de uso desses dados e informação, seja para fins de serviço público seja

para fins privados. As políticas de valorização económica da informação do Estado, aliadas ao movimento de privatização de serviços públicos, estão a afectar a esfera dentro da qual se tem exercido a liberdade de informação, na sua vertente de liberdade de acesso à documentação e informação administrativa.

Em razão das funções que desempenham, os órgãos públicos surgem como uma das principais fontes de informação, gerando e armazenando dados dos diversos sectores de intervenção da Administração Pública. Com efeito, o sector público tem sido apresentado como o maior recurso de conteúdos informativos para a criação de serviços de valor acrescentado. Trata-se de informação político-estadual, informação jurídica, perfis de empresas, informação sobre patentes, mas também, dados e informação técnico-científica.

O conceito de *informação administrativa* abrange os dados e a informação recolhidos e/ou tratados pelo Governo e pelas Administrações Públicas, em virtude de, e tendo em vista o exercício das respectivas missões. Dados estatísticos, dados económicos mas também dados de carácter pessoal, contidos nos registos da população (decorrentes dos censos), no registo civil, ficheiros de nomes e moradas dos funcionários públicos, dos beneficiários da segurança social, das empresas inscritas no registo das pessoas colectivas, entre muitos outros, constituem um manancial importante de informação susceptível de interessar a nova indústria de informação.

Um estudo realizado para a Comissão da Comunidade Europeia sobre as condições de acesso à informação detida pelo sector público, bem como à sua exploração comercial revela a importância da informação em posse das autoridades públicas para o mercado interno dos serviços de informação e a necessidade de uma abordagem a nível comunitário.

Em alguns ordenamentos jurídicos, o tradicional princípio da liberdade de informação tem sido prolongado pelo reconhecimento de um direito de acesso à informação administrativa, ou seja, à documentação e informação detida pelas autoridades públicas ao abrigo de uma nova filosofia de "administração aberta". O sentido essencial deste princípio é o de reconhecer aos cidadãos o direito de serem informados sobre as políticas e actuação do Estado/

Administração, por constituírem uma das expressões mais importantes da governação. O processo de informatização veio, por seu turno, permitir o registo, tratamento e transmissão da informação administrativa, fazendo dela um objecto com potencial interesse do mercado. Contudo, alguma dessa informação é sensível, quer pelo seu valor intrínseco, quer pela sua aplicação, colocando-se a questão de saber quais as restrições e condicionamentos que deverão ser impostos ao seu acesso e sua eventual comercialização. Se a garantia da liberdade de acesso acompanhou a transição das políticas e das culturas da administração, num percurso que tendeu do segredo para a abertura, já os *direitos de acesso* são um produto recente do Direito da Informação.

Em Portugal, o acesso aos documentos da administração é regulado, desde 1987, pelo princípio da administração aberta, nos termos do qual o acesso dos cidadãos aos documentos administrativos é assegurado pela Administração Pública de acordo com os princípios da publicidade, da transparência, da igualdade, da justiça e da imparcialidade. Trata-se, por outras palavras, do princípio do acesso universal à informação do sector público contida nos documentos da administração os quais estão sujeitos a um regime legal específico estabelecido na Lei do acesso a documentos administrativos. O direito de acesso aos documentos administrativos abrange não apenas o direito de obter a sua reprodução, mas também o direito de ser informado sobre a sua existência e conteúdo.

### 3. Acesso e disponibilização

O problema do acesso e exploração da informação dos organismos públicos foi em tempo tratado no Livro Verde da Comissão relativo à informação do Sector Público na Sociedade da Informação. O Livro Verde partiu dos resultados de um processo de consulta iniciado em 1996 e que contou com a participação de representantes de Estados Membros, de grupos de cidadãos, de utilizadores e do sector privado, em especial as indústrias da informação. O objectivo do Livro Verde foi levar a cabo uma ampla consulta pública a todos os interessados, em ordem a analisar as principais questões de interesse comum e lançar uma discussão política a nível europeu.

A informação produzida pelo sector público foi, então, considerada fundamental para o bom funcionamento do mercado interno, por constituir um recurso essencial para a Europa. Nesse sentido, os Estados-membros decidiram tornar a informação já existente mais clara e acessível para os potenciais utilizadores. Em conformidade, o Governo português prescreveu, por um lado, a obrigatoriedade dos organismos públicos se dotarem de um endereço de correio electrónico para efeitos de contacto por parte dos cidadãos e de entidades públicas e privadas. De igual modo, o Governo determinou que à correspondência trocada por via electrónica deve ser atribuído o mesmo valor e tratamento do que à trocada em suporte de papel. Além disso, tornou obrigatório para as Direcções-gerais e serviços equiparados, e Institutos Públicos, a disponibilização em formato digital na Internet, a título oneroso ou gratuito, de toda a informação que seja objecto de publicação em papel.

A esta medida seguiu-se a iniciativa INTERNET Portugal digital aprovada em 2000 que estabeleceu, no respectivo plano de acção, que todos os serviços públicos deveriam estar *online* até 2005, prevendo-se para o efeito, entre outras medidas, a digitalização e disponibilização livre sistemática de conteúdos públicos, designadamente de bibliotecas, museus e arquivos e de instituições públicas de ensino, investigação ou formação, assim como de instituições do sistema estatístico nacional (Resolução do Conselho de Ministros n.º 110/2000).

Associada à questão da disponibilização da informação, surge a questão da responsabilidade sobre a informação disponibilizada, levantando questões pertinentes como a qualidade da informação e a sua actualidade. O Livro Verde da Comissão pronuncia-se em sentido favorável à responsabilização dos organismos públicos. Com efeito, sustenta-se que se o organismo público facultar informação directamente a alguém que a solicite, esse organismo deverá ser responsável, de acordo com as respectivas leis nacionais, por quaisquer danos causados ao cidadão em questão. A responsabilização dos organismos públicos fornecedores de informação é justificada de modo a induzir o sector público a praticar uma política de informação mais cautelosa. A clarificação dos termos de responsabilidade dos prestadores de informação do sector público poderá



projectar-se em sede de preços, justificando a inclusão dos custos de revisão no preço de fornecimento da informação. É, contudo, possível limitar contratualmente a responsabilidade pelos danos causados pela informação deficiente, quando tenha concedido a sua exploração a uma empresa de conteúdos.

#### 4. A confidencialidade democrática

O princípio da liberdade de acesso é formulado em termos amplos e traduz-se na consagração de um direito de acesso em favor de todos os cidadãos indiscriminadamente. Porém, não se trata de um direito ilimitado, incondicional ou automático. Existem limites de vária natureza que constituem excepções legais a esta liberdade de acesso e consequentemente não permitem a consulta de certos tipos de informação. O acesso a documentos da Administração pode ser recusado, por exemplo, por razões de segurança interna e externa, por razões de segredo de justiça, ou por razões de segredo empresarial. Outro aspecto de relevo é o direito consagrado de todos à informação ser aplicável apenas relativamente ao acesso a documentos administrativos de carácter não nominativo ou seja, os que não têm dados pessoais. A distinção é da máxima importância na medida em que o direito de acesso de todos vale apenas para os documentos administrativos não nominativos, uma vez que aos documentos nominativos só podem ter acesso a pessoa a quem os dados digam respeito, ou a terceiros desde que devidamente autorizados por escrito, ou que demonstrem interesse directo, pessoal e legítimo nessa consulta.

O acesso a documentos constantes de processos não concluídos ou documentos preparatórios de uma decisão também pode ser indeferido até à tomada da decisão, ao arquivamento do processo ou ao decurso de um ano após a sua elaboração.

Nem toda a informação pode, pois, ser considerada de livre acesso. O seu carácter confidencial pode justificar excepções ao direito de acesso à informação do sector público.

Entende-se por informação secreta ou confidencial aquela que não é do domínio público ou do conhecimento público. Em rigor, qualquer tipo de informação pode ser classificada como segredo,

mas este tende a caber, normalmente, numa das seguintes categorias: informação relativa à vida privada, segredo profissional, segredos de fabrico ou de comércio e segredos governamentais, de justiça ou de Estado. Os interesses subjacentes são, pois, muito diversos: ora individuais, ora de empresas privadas, ora das autoridades públicas.

A classificação de uma informação como secreta comporta uma obrigação de confidencialidade. Quem tem acesso a essa informação fica sujeito ao dever de utilizar a informação apenas para o fim para o qual foi eventualmente autorizado e, caso a divulgue com qualquer outro fim, poderá incorrer em abuso de confiança, em responsabilidade civil ou criminal. A protecção do segredo da informação pode assentar, seja numa base contratual – quando uma pessoa aceita tratar como confidencial determinada informação ou categoria de informações e utilizá-las somente com vista ao fim estipulado no contrato – seja numa base legal, em obediência a opções de política pública.

Contudo, em certas circunstâncias, as políticas de confidencialidade da informação são contrariadas pela defesa do interesse público. Este justifica, inclusivamente, que informações em princípio confidenciais devam ser divulgadas, quer ao público em geral (por exemplo por imperativos de funcionamento do regime democrático e da realização da liberdade de imprensa ou dos restantes meios de comunicação social), quer a determinadas autoridades, como a polícia ou os Tribunais, por razões que se prendem com a prossecução da justiça e a repressão da criminalidade.

Mesmo no contexto da sociedade da informação e dentro do princípio geral da livre circulação da informação, existem motivos susceptíveis de justificar que seja mantida confidencial a informação relativa a assuntos de Estado e isso implica a atribuição a certos órgãos do poder de classificar como tal determinadas informações. Em domínios como as relações externas e a defesa nacional, a necessidade de segredo reveste-se ainda de maior importância pelas consequências possíveis da divulgação de determinadas informações para a própria segurança e defesa das nações.

O segredo de Estado fundamenta a qualificação de certas informações como confidenciais, em termos de ser legítimo determinar o círculo de pessoas que

podem ter acesso a essa informação. Na sua base estarão razões de segurança nacional. Como fundamento da exclusão ou limitação do acesso à informação por parte dos cidadãos, o segredo de Estado deve entender-se como excepcional. Numa sociedade livre e democrática deve haver uma presunção em favor da transparência da Administração, dos seus processos de actuação e decisões. Precisamente porque se traduz em restrições aos direitos fundamentais da pessoa, o segredo de Estado só é constitucionalmente legítimo desde que explicitado em Lei.

A definição precisa das matérias passíveis de serem classificadas como segredo de Estado bem como das entidades que têm autoridade para classificar como tal documentos ou informações e das garantias e procedimentos de controlo dessas actuações, constitui, naturalmente, um imperativo da salvaguarda dos direitos individuais eventualmente implicados.

Em 1994 foi aprovada em Portugal uma Lei Geral no domínio do segredo de Estado. Os trabalhos preparatórios desta Lei colocaram em evidência a sensibilidade do tema. Parte da controvérsia criada à sua volta residiu precisamente na extensão das matérias passíveis de serem classificadas como secretas. Ficou bem documentada a preocupação de delimitar os contornos do Segredo de Estado. Este deve obedecer, designadamente, aos princípios de excepcionalidade, da subsidiariedade, da proporcionalidade e ao dever de fundamentação, todos eles de molde a restringir as circunstâncias da classificação de informações. Quanto às matérias que podem ser objecto dessa classificação, elas concentram-se, essencialmente, em duas categorias: as que prendem com objectivos de segurança e defesa militar ou com as relações externas do País.

Outra forma de protecção da confidencialidade da informação consiste no segredo profissional. É geralmente aceite o princípio que o empregado público ou privado não deve divulgar informação de que tomou conhecimento no exercício da sua actividade profissional e que é relevante para a mesma. A violação deste princípio encontra-se prevista no Código Penal português que pune quem, sem justa causa e sem consentimento de quem de direito, revelar ou se aproveitar de um segredo de que

tenha conhecimento em razão do seu estado, ofício ou emprego, profissão ou arte se essa revelação ou aproveitamento puder causar prejuízo ao Estado ou a terceiros.

Embora o segredo empresarial possa integrar a informação do sector público, o direito de acesso não deverá ter lugar neste domínio. Isso mesmo resultava já antes da lei, dispondo que os interessados não têm o direito de consultar processos que contenham documentos classificados ou que revelem segredo comercial ou industrial ou segredo relativo à propriedade literária, artística ou científica.

A protecção de reserva de intimidade, ou de um modo mais geral, a tutela da privacidade, também justificam a confidencialidade de informação produzida por organismos do sector público. Trata-se da excepção de segredo pessoal. Nesse sentido, o acesso a informação do sector público que contenha dados pessoais deverá respeitar, nos quadros da constituição, os termos da Lei da Protecção de Dados Pessoais complementada pela Lei da Privacidade nas Telecomunicações e certos regimes especiais. Com efeito, grande parte da informação contida nas bases de dados dos órgãos públicos refere-se ou permite a identificação de indivíduos, isto é, a informação das bases de dados de órgãos públicos abrange muitos e diversos tipos de dados pessoais. Tenham-se em mente, por exemplo, os dados demográficos e geográficos, contas bancárias, registos de veículos e crédito, informações médicas, emprego, segurança social, etc.

## 5. O Direito da Informação

A categoria informação está a assumir uma importância vital enquanto factor económico de direito próprio e, apesar de não estar a suplantar a propriedade como chave na estrutura social das sociedades modernas, tem vindo a afirmar-se como elemento crucial na nossa percepção das relações sociais.

Entendida como recurso económico estratégico, a informação é largamente determinada pela sua *função*, isto é, não se trata apenas de informar e de comunicar, mas de informar e comunicar no exercício de uma actividade económico-social e no quadro de relações de mercado. Neste contexto, a noção de informação pressupõe um trabalho de recolha, tratamento, organização, ou comunicação da infor-

mação e a gestão das actividades económico-sociais que os enquadram.

A evolução recente dos regimes jurídicos que incidem sobre as utilizações da tecnologia da informação e das telecomunicações confere razão à procura de um estatuto jurídico do novo bem que é a informação. Este estatuto assentaria, quer na atribuição de exclusivos da detenção e utilização ou exploração da informação, quer nas regras que definem as condições e termos da acessibilidade, utilização e comunicação (ou comercialização) da informação.

É, no entanto, legítimo que o enquadramento situacional do *bem informação* leve o legislador a procurar um paralelo coerente que ofereça alguma orientação. Neste sentido, o direito da economia oferece, em certa medida, um quadro de referência para o estudo do novo quadro jurídico da informação. A fusão de elementos do público e do privado, a dialéctica entre liberdades e direitos económicos e regulação pública, entre poderes públicos e poderes privados, a redução da carga impositiva da lei em favor da remissão para instâncias de auto regulação, revelam aspectos característicos do direito económico que se podem identificar no direito da informação.

Por força do seu domínio de acção, volatilidade e actualidade, o Direito da Informação incorpora normas e princípios jurídicos cujo objecto são as relações jurídicas geradas em torno da utilização das novas tecnologias da informação e da comunicação para a recolha, o processamento e/ou a transmissão da informação. Os domínios cobertos são potencialmente vastos: eles estendem-se dos regimes da propriedade intelectual sobre programas informáticos (meios de tratamento da informação), bases de dados ou produtos multimédia (informação propriamente dita) ou de um modo mais geral as criações intelectuais produzidas em rede como a Internet, aos regimes aplicáveis à recolha, utilização e circulação de diferentes categorias de informação (pessoal, administrativa ou outras), e envolvem ainda o quadro regulador da comunicação nas redes globais.

No direito da informação a vertente internacional assume especial relevância. Os motivos centram-se no facto da informação, por definição, não conhecer fronteiras e no contexto competitivo e de interna-

cionalização das economias, que simultaneamente estimulam e são estimulados pelo desenvolvimento das tecnologias da informação, e, na preocupação generalizada de harmonizar as regras jurídicas aplicáveis às utilizações da informática e da telemática e da informação por estas serem a base de actividades económicas transnacionais, o que requer a garantia de condições de concorrência efectivas para o seu bom exercício. Estes são imperativos particularmente fortes no quadro da União Europeia, atendendo ao objectivo central desta de instituir um mercado interno assente na liberdade da circulação dos factores de produção e na aplicação rigorosa da política e regras da concorrência.

No contexto comunitário actual, a evolução do direito da informação permite detectar, para já, duas tendências: um movimento no sentido da consagração de formas de protecção legal da informação e dos produtos desta (criação de um direito sobre a informação); e um movimento no sentido da regulação da informação, da sujeição do acesso e comunicação de determinadas categorias de informação a regras e medidas de controlo jurídico-administrativo.

É decorrente do direito de acesso aberto a todos, que as legislações correntes não garantem a exclusividade a que aspiram os agentes económicos interessados em rentabilizar comercialmente a informação, uma vez que a eventual cedência de informação da Administração a entidades privadas em regime de exclusividade pode afectar não só o exercício de missões públicas, como, em última análise, o próprio direito individual de acesso. A garantia do direito de acesso não se coaduna com qualquer forma de exclusividade na cedência de informação ao sector privado.

O direito à informação implica, pois, uma mudança no conceito de liberdade, que passa a considerar-se não um dado estritamente individual a preservar, mas antes uma capacidade de realização de outros direitos de cidadania.

## 6. Conclusão

A tendência das medidas políticas adoptadas na última década, aponta para uma maior canalização dos fluxos informativos via digital, o que inclui o acesso à documentação/informação da Administração. No entanto, esta disponibilização pode ser feita

a título gratuito ou oneroso, e deverá ser efectuada em respeito pelos direitos de propriedade intelectual. Além disso, prescreve um dever de implementação de mecanismos de pesquisa de fácil utilização, de modo a que a informação seja apresentada de forma clara e possa ser facilmente acedida e consultada. No que respeita à utilização da informação pelo público, dispõe que, em princípio, a informação disponibilizada poderá ser livremente utilizada pelo público, desde que se faça menção da respectiva fonte.

Estas medidas apontam no sentido da universalidade do acesso à informação do sector público no ambiente digital em rede. Porém, trata-se de normas especiais em face do regime geral do acesso aos documentos da administração. Além disso, constituem directrizes de carácter geral, que necessitam de maior densificação, para que se criem parâmetros de classificação da informação detida pelos órgãos públicos, permitindo a definição de políticas institucionais de disponibilização e cedência de informação.

A informação atrai, por um lado, interesses que se satisfazem na exclusividade e, por outro lado, suscita outros interesses, contraditórios com os primeiros, que se exprimem em pretensões de acesso e de utilização ou exploração. Ao direito de alguns sobre a informação contrapõe-se assim o direito de todos à informação. De sujeitos activos da comunicação e da informação, os cidadãos são transformados em consumidores desta. De bem público, a informação passa em larga medida a ser tomada como bem privado, isto é, susceptível de ser apropriado.

A privatização e conseqüente mercantilização do conhecimento (saber-fazer), através da compra e venda de dados e de informação, contradiz sobremaneira princípios imanentes da sociedade da informação, colocando barreiras à difusão do conhecimento e à liberdade de informação.

Da falta de regulamentação própria sobre o valor comercial de certo tipo de informação proveniente e na posse da Administração, nasce a necessidade cada vez maior de se verem estabelecidos e implementados critérios objectivos de classificação dessa informação. Em sentido formal, todos os documentos provenientes da Administração são documentos administrativos, mas num sentido material é possível distinguir conteúdos/dados de cariz essencialmente administrativo, político, técnico-científico, financeiro, etc, que importa distinguir numa lógica de utilização e aplicação eventual por terceiros (industriais, académicos, empresariais, comerciais, etc). O valor da informação depende pois da sua utilização e impacto sócio-económico.

Cabe ao Direito a função de garantir, quer os interesses dos actores económicos, quer os valores democráticos. O seu papel é o de facilitar as actividades económicas emergentes e a utilização das novas tecnologias, garantindo a segurança das comunicações e das relações que se estabelecem em rede, protegendo os interesses dos cidadãos e regulando os usos da informação para prevenir ou reprimir práticas abusivas. Cabe ao legislador ditar as determinações parlamentares e governativas no sentido de equilibrar estas duas forças conflituantes: o poder económico e o poder social.

## Referências

- A Informação do sector Público na Sociedade da Informação*, Livro Verde da Comissão, COM (98) 585 final, 20.1.1999.
- Acórdão n.º 458/93 de 17 de Setembro publicado no DR I Série-A, n.º 219.
- Ascensão, José de Oliveira – *A Sociedade da Informação* in *Direito da Sociedade da Informação*, Vol. I, Coimbra Editora, 1999.
- Ascensão, José de Oliveira – *Direito de Autor e Direitos Conexos*, Coimbra Editora, 1992.
- Bell, Daniel (1976)– *The Coming of post-industrial Society: a Venture* in Social Forecasting, Nova Iorque: Basic Books, 2.ª edição.
- Castells, Manuel – *A Era da Informação: Economia, Sociedade e Cultura, Volume I – A Sociedade em Rede*, Edição Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2002.
- Cardoso, Gustavo, António Firmino da Costa, Cristina Palma Conceição e Maria do Carmo Gomes – *A Sociedade em Rede em Portugal*, Campo das Letras, Porto, 2005.
- Carvalho, Raquel (1999) – *O Direito à Informação Administrativa Procedimental*, Porto, Universidade Católica.
- Carrascão, José – *Sistemas de informação para as organizações – a informação chave para a tomada de Decisão*, Instituto Politécnico de Setúbal, Sílabo.
- Caupers, João (2002) – *Acesso a documentos nominativos: direito à informação ou reserva da intimidade?*, Cadernos de Justiça Administrativa, n.º 31, Janeiro/Fevereiro.
- Directiva 2003/98/CE – Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de Novembro de 2003, relativa à reutilização de informações do sector público* – Jornal Oficial n.º L 345, de 31/12/2003, pp. 0090-0096.
- General Access to Information Legislation*, Publaw, Subject Report, resp. H. Burket, EEC, Luxembourg, January 1991, p. 8); e ainda *Report on the Workshop on Synergy between the Public Sector and the Private Sector* in the Information Market, Legal Advisory Board (LAB), File 93/1, 1993.
- Gonçalves, Maria Eduarda – *Direito da Informação – Novos Direitos e formas de Regulação na Sociedade da Informação*, Almedina, Coimbra, 2003.
- Lyon, David (1992) – *A Sociedade da informação. Questões e ilusões*. Oeiras, Celta Editora.
- Missão Para a Sociedade da Informação*, Livro Verde Para a Sociedade da Informação em Portugal, MSI, 1997.
- Pereira, Alexandre Dias – *Informática, Direito de Autor e Propriedade Tecnológica*, Universidade de Coimbra, Coimbra Editora, 2001.
- Pereira, Alexandre Dia, – *Bases de dados de órgãos públicos: o problema do acesso e exploração da informação do sector público na Sociedade da Informação* in “Direito da Sociedade da Informação III”, FDUL/APDI, Coimbra Editora.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 60/98.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 95/99.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 110/2000.
- Tese de Mestrado subordinada ao tema *O acesso a dados técnico-científicos de entidades públicas e a sua disponibilização a terceiros* de Raquel Reis Poucochinho, ISCTE, 2005.

## Contactos electrónicos

Raquel Poucochinho –  
raquel.poucochinho@hidrografico.pt





www.hidrografico.pt

OCEANO ATLÂNTICO NORTE  
**COSTA SUL DE PORTUGAL**

ENTRE OS CABOS DE S. VICENTE E S.<sup>a</sup> MARIA

TRABALHO DA QUINTA CAMPAHA

MISSÃO HIDROGRÁFICA DA COSTA DE PORTUGAL  
 ANO DE 1824

SONDAS EM RETEUS, REFERIDAS AO PLANO DO MÁXIMO BAIXA-MAR  
 DE AGUAS VIVAS, 2.<sup>o</sup> DE ABRIL DO MEIO ANO DE 1824

Fund. - 1/2 mil de escala horizontal. Escala vertical de profundidade de 1:10000

Paralelos - A escala de 1/2 mil de escala horizontal. Escala vertical de profundidade de 1:10000

Estabelecimento de porto em S. 11°  
 Tachado de observação ... 17°0'

Tabela de conversão de fathoms para metros

Fathoms	Meters	Fathoms	Meters
1	0.9144	11	20.1168
2	1.8288	12	21.9462
3	2.7432	13	23.7756
4	3.6576	14	25.6050
5	4.5720	15	27.4344
6	5.4864	16	29.2638
7	6.4008	17	31.0932
8	7.3152	18	32.9226
9	8.2296	19	34.7520
10	9.1440	20	36.5814
11	10.0584	21	38.4108
12	10.9728	22	40.2402
13	11.8872	23	42.0696
14	12.8016	24	43.8990
15	13.7160	25	45.7284
16	14.6304	26	47.5578
17	15.5448	27	49.3872
18	16.4592	28	51.2166
19	17.3736	29	53.0460
20	18.2880	30	54.8754



**NOTA**

A topografia interior foi extraída de cartas topográficas de parte, feitas pela administração geral das fortificações de guerra.

O estabelecimento de porto, para ser referido à base legal de concessão de licenças é necessário ser superior de + 20'

As concessões de ancoragem habilitam-se somente de 20' a 40'.