

I. Oceanografia física, dinâmica e circulação oceânica

Baywind: airborne wind observations and coastal upwelling off central Portugal

Paulo B. Oliveira¹, Aires dos Santos², Geert Moek³, Wim Bonnee³

¹IPMA - Inst. Português do Mar e da Atmosfera, Lisboa, Portugal

²IST - Inst. Superior Técnico, Univ. de Lisboa, Lisboa, Portugal

³NLR - National Aerospace Laboratory, Amsterdam, The Netherlands

The results of an airborne wind measurement experiment conducted off Central Portugal are presented. The experiment was carried out in the frame of the Baywind Project funded by EuFAR (European Fleet for Airborne Research) to measure the wind stress near the coast during an upwelling event. Two low-altitude (~250 m) flights were performed between Cape Carvoeiro (~39 °N) and Cape Sines (~38 °N), an area characterized by complex coastal morphology with two bays bounded in the north by east-west aligned mountain ridges, of about 400 m height, that constitute a natural barrier to the northerly winds. The flights took place in the afternoon of 26 June 2008 and the morning of the following day to account for the diurnal variability. The flight dates were selected according to the meteorological forecasts to fulfill the requirement for northerly wind conditions and to coincide with the best possible coverage from the ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar), AATSR (Advanced Along-Track Scanning Radiometer) and MERIS (MEdium Resolution Imaging Spectrometer) instruments on board the ENVISAT satellite.

The airborne wind and air temperature measurements showed an abrupt change from the high wind/low temperature conditions observed offshore to low wind/high air temperatures in Lisbon and Setúbal bays. The differences in the N/S wind component and air temperature between the two regions are, respectively, about $8 \text{ m s}^{-1} / 4^{\circ}\text{C}$ in the afternoon flight on 26 June and $7 \text{ m s}^{-1} / 4^{\circ}\text{C}$ in the morning flight on 27 June. Offshore, the northerly wind component was above 10 m s^{-1} on both flights being more intense in the afternoon as expected from the diurnal sea breeze setup. The wind stress and curl-driven vertical velocity maps show that the strong wind stress decrease in Lisbon Bay creates an extended area of high Ekman pumping velocities with values exceeding 120 m d^{-1} in the afternoon and 40 m d^{-1} in the morning. In the first survey, the low wind area inside the bay is bounded inshore by relatively higher winds, showing that the low winds are associated to the wake of the mountain ridge at the northern shore (Serra de Sintra). The negative wind stress curl, resulting from the slight wind increase along the eastern embayment shores, produces a weak downwelling ($\sim 20 \text{ m d}^{-1}$) of surface waters inside the bay.

Wind intensity differences are readily observed on ASAR images showing a strong backscatter contrast between the bays and the offshore areas, with low backscatter intensities in the bays as expected from the lower wind speeds observed there. The sea surface temperature (SST) map retrieved from the AATSR radiometer reveals the typical low coastal values associated with the upwelling of subsurface waters along the coast, north of Cape Roca, and cold filaments extending to west and south resulting

from the offshore Ekman transport and the separation of the coastal jet at the Cape. The strong air temperature contrast recorded at flight level between the embayments and the offshore areas is mirrored in the SST pattern, particularly in Setúbal bay where the SST approaches 20 °C. The surface chlorophyll-a concentration (Chl-a) maps produced from the MERIS data generally show the expected biological response to the upwelling of nutrient-rich subsurface waters to the euphotic zone, favouring phytoplankton growth. North of Cape Roca and offshore, the higher Chl-a concentrations are mostly located in the low SST areas, particularly along the offshore spreading cold filaments. However there are some notable exceptions to this relationship between the SST and Chl-a fields: (i) in some coastal areas north of Cape Roca and along the cold filament, where the Chl-a concentration is low where the SST is also low; (ii) along the northern bay shores and inside the estuaries, where both Chl-a and SST are high. It is suggested that, in the first case, the low Chl-a correspond to newly, vertically mixed, upwelled waters. In the second case, despite the possible errors in the satellite-derived Chl-a estimates due to the presence of suspended sediments, the high SST / high Chl-a relationship is likely due to the higher phytoplankton concentrations favored by the riverine nutrient input and the strong thermal stratification.

Despite the strong Ekman pumping driven by the wind stress curl, there is no signature in the SST image. The low SST areas are not aligned with the higher vertical velocities, nor follow a similar shape, being much closely linked to the cold coastal jet that separates at C. Roca. However, the wedge-like Chl-a patterns, in the vicinities of the high pumping area, suggest a poleward flow inshore the maximum wind shear line. The transition between this poleward flow inside the bay and the offshore equatorward flow leads to a cyclonic circulation that is in agreement with the expected the isopycnal doming driven by the Ekman pumping. It is concluded that high resolution wind forcing fields ($Dx/Dy < 10$ km) are needed to be able to realistically reproduce the ocean circulation in areas of very complex coastal morphology.

Cross-shore exchanges imposed by an upwelling filament

Paulo Relvas¹, Alexandra Cravo², Ricardo Sánchez³, Carlos Monteiro⁴, Sara Cardeira², Miguel Madureira², Filomena Rita²

¹CCMAR/Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

²CIMA/Universidade do Algarve, Campus of Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

³Centro Oceanográfico de Cádiz, Muelle de Levante s/n, P.O. Box 2609, E-11006 Cadiz, Spain

⁴Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Torre Sul Lab 11.6-3, Av. Rovisco Pais nº 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

Upwelling filaments are mesoscale structures of cold water that stretch seaward in a tongue-like shape with origin in the coastal upwelling zone. The Cape São Vicente is the root of a recurrent well developed filament observed in the satellite imagery during the upwelling season. The Cape São Vicente filament was intensively investigated through remote sensing and *in situ* multidisciplinary observations during an upwelling favourable wind relaxation event, but just after a relatively intense upwelling period. A total of 42 Rosette+CTD casts up to 400 m depth were distributed on an almost regular grid of 15 km mean spacing. Ten standard levels were selected for water collection. The parameters sampled during the sea campaign comprised temperature, salinity, chlorophyll *a* (Chl *a*), dissolved oxygen, nutrients (nitrates, phosphates and silicates) and metals (cadmium, lead and zinc), along with the velocity field sampled along the ship track through a hull-mounted 38 kHz RDI ADCP and on board meteorological variables. In the present study we quantify the cross-shelf transports of diverse properties. The amounts conveyed by the filament show that it exports much more mass offshore than expected by the wind-driven Ekman mechanism, representing the preferred pathway for the exchange of water, dissolved and particulate matter from the productive shelf region towards the oligotrophic offshore regions.

Realistic numerical modeling of Ria de Vigo

J. Dubert¹, R. Nolasco¹, R. Reboreda^{1,2}, C. Torres²

¹Departamento de Física e CESAM, Universidade de Aveiro, Aveiro, jdubert@ua.pt, rita.nolasco@ua.pt

²Departamento de Física Aplicada, Universidade de Vigo, rosa.reboreda@ua.pt, ctorres@uvigo.es

Located at the northwest corner of the Iberian Peninsula, Ría de Vigo is a partially mixed estuary, the southernmost of the set of estuaries known as Rías Baixas. Due to the influence of the upwelling Ría de Vigo is very productive with a strong economic sector involved in mussel growth as well as other fishery production.

In this work we present a high resolution configuration of the ROMS-AGRIF model (Regional Oceanic Modelling System) applied to the Ría de Vigo. The model consists in a two-way nesting with 4 levels of nesting, reaching ~150m resolution for the last grid. A comparison of the results of the model with ADCP current meter CTD data and fixed stations, measured in the framework of REIMAGE and RAI.A.co projects, is done, in order to validate the model for several periods of 2013.

The model seems to appropriately resolve the circulation inside the estuary, and the temperature and salinity fields, expanding its capabilities to perform biogeochemical modeling.

A new climatology for the Northeast Atlantic region

F. Neves¹, I. Bashmachnikov^{1,2}, A. Nascimento¹, J. Medeiros¹, J. Dias^{1,2}, I. Ambar^{1,2}, X. Carton³

¹Centro de Oceanografia da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, (CO-FCUL), Campo Grande, 1749-016, Lisbon, Portugal, e-mail: igorb@fc.ul.pt

²Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia (DEGGE), Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

³Laboratoire de Physique des Océans, UMR 6523, Université de Bretagne Occidentale, 6 avenue Le Gorgeu, 29200 Brest, France

A new and detailed climatology (MEDTRANS) for temperature-salinity distributions of the Subtropical Northeast Atlantic (25 – 45 °N and 6 – 35°W) was obtained with 25-m depth interval and 30-km horizontal resolution. Having a special focus on the propagation of the Mediterranean Water (MW), this study was felt necessary since the existing global climatic fields (World Ocean Atlas 2009; Schmidtko et al., 2013; Troupin et al., 2010) do not provide sufficiently detailed or sufficiently reliable mapping at the intermediate water levels. This is particularly critical for mapping of the MW spreading near the Iberian Peninsula.

The main source of the data is the World Ocean Database freely provided by the National Oceanographic Data Center (<http://www.nodc.noaa.gov/>). The data cover the period from 1950 to 2012 and include OSD (bottle, XCTD, low-resolution CTD casts), CTD (high-resolution CTD casts) and PFL (mainly ARGO float casts) instrument types. All data underwent a rigorous quality control, as well as preliminary filtering for the instrumental and eddy related noise.

The gridding is performed along 53 neutral density surfaces (Jackett and McDougall, 1997) using Barnes' Optimum Interpolation technique (Barnes, 1964). Following the data density distribution, the radius of the Gaussian gridding function decreases towards the Iberian coast. The shape of the gridding function takes into account the influence of bottom topography on the characteristics of oceanic flows. The results are further interpolated into fixed depth levels down to 2000 m depth.

The results suggest that the MEDTRANS climatology brings significantly more details of the distribution of the temperature-salinity structures related to the MW spreading in the Atlantic, of the southeastward penetration of the subpolar/polar water along the eastern slope of the Azores plateau and the King's trough/rise, and of the northwards penetration of the Antarctic Intermediate Water along the African coast. The temperature-salinity maps were used for computation of the geostrophic currents in the upper layer referenced to 1900-m level, revealing several features, all in close correspondence with the ocean circulation theory (Cushman-Rosin, 2010): (i) periodic intensification of the Azores Current (AzC) as it turns south in the quasi-stationary meanders; (ii) inflows and outflows from/to the AzC as it meanders; (iii) strong recirculation of the AzC west of Cruiser-Great Meteor seamounts.

The gridded climatic fields are available at the web-site of the Center of Oceanography of the University of Lisbon (<http://co.fc.ul.pt/en/>).

Census of the Mediterranean water eddies (meddies) in the Northeast Atlantic

I. Bashmachnikov^{1,2}, J. Medeiros¹, F. Neves¹

¹Centro de Oceanografia da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, (CO-FCUL), Campo Grande, 1749-016, Lisbon, Portugal, e-mail: igorb@fc.ul.pt

²Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia (DEGGE), Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

³Laboratoire de Physique des Océans, UMR 6523, Université de Bretagne Occidentale, 6 avenue Le Gorgeu, 29200 Brest, France

Meddies were identified from in-situ vertical casts for the period 1950-2012 using the criteria of Richardson (1991). When a meddy was identified with more than 3 casts, the meddy characteristics were evaluated. For each of the meddies the following characteristics were computed: the salinity maximum and its depth, the temperature maximum and its depth, the thickness of the core, the meddy radius and the total amount of salt. The results were further binned as a function of the distance to the Iberian peninsular. It was found out that with the distance to the coast there were observed a gradual swallowing of the meddy cores, decrease of their vertical extension, as well as decrease of their maximum salinity and temperature. The radii of the cores and the amount of salt grew up to 500 km from the coast and started decreasing further away from the coast.

Aplicação interativa da dispersão de partículas na Margem W Ibérica

Carlos Rocha¹, Rita Nolasco¹, Pablo Otero², Jesus Dubert¹

¹Departamento de Física e CESAM, Universidade de Aveiro, Aveiro, crv.rocha@ua.pt,
jdubert@ua.pt, rita.nolasco@ua.pt

Apresentação de uma aplicação que simula a dispersão de partículas Lagrangianas ao longo da costa oeste Ibérica, altamente interativa e de fácil compreensão para o utilizador comum.

A aplicação foi construída recorrendo à linguagem Processing, funciona em JAVA e tem por base os resultados de configurações do modelo oceânico ROMS. Esta aplicação permite diversos estudos interdisciplinares, tendo capacidades para apresentar resultados preditivos de trajetórias (3 dias) ou estudos da origem de partículas no passado (5 dias).

Massas de água intermédias no Atlântico Nordeste

Ângela Nascimento¹, Igor Bashmachnikov^{1,2} e Filipe Neves¹

¹Centro de Oceanografia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, ainascimento@fc.ul.pt

²Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

O estudo da distribuição das massas de água no Atlântico Nordeste subtropical [25-45°N, 5-35°W] foi efetuado com o método ‘Optimum Multiparameter analysis (OMP)’ aplicado à base de dados de temperatura e salinidade do MEDTRANS (<http://co.fc.ul.pt/en/>) e também à base de dados de nutrientes do World Ocean Atlas 2009 (<http://www.nodc.noaa.gov/>).

As características termohalinas das massas de água presentes na região de estudo foram obtidas através da literatura e da análise de diagramas T/S. A coluna de água considerada (500-2000 m) foi então dividida em 5 camadas.

A aplicação do método OMP baseou-se nas seguintes massas de água: Água Central do Atlântico Norte, troço central (H), Água Central do Atlântico Norte, troço inferior (NACWI), Água Mediterrânica (MW), Água Sub-Ártica Intermédia (SAIW), Água Antártida Intermédia (AAIW), Água do Mar Labrador (LSW) e Água Profunda do Atlântico Norte, troço superior (NADWu).

Para cada uma das 5 camadas e para cada um dos pontos da grelha (5° lat. x 5° long.) foi aplicado o método OMP para calcular a percentagem de cada uma das massas de água anteriormente referidas. A análise dos resultados (sensitivity analysis) mostrou que as percentagens para as diferentes massas de água foram obtidas com um erro médio de 10%.

Os resultados da aplicação do OMP mostraram que a SAIW atinge a percentagem máxima (68%) a 900 m de profundidade a oeste de Crista Média Atlântica (CMA). Esta massa de água desloca-se para SE da CMA (35°N) e a sua percentagem decresce gradualmente em profundidade. A AAIW apresenta uma percentagem máxima (74%) a 1000 m de profundidade, concentrando-se junto à costa Africana, podendo até atingir o Golfo de Cádiz. A MW atinge o valor máximo de 60% a 1200 m de profundidade no Golfo de Cádiz e ao longo da vertente continental Ibérica esse valor passa para 50%. A percentagem da MW diminui gradualmente para oeste e para sul da área de estudo, atingindo o valor de 20% a 35°W (região subtropical da CMA) e desaparece totalmente a 25°N (sul das Ilhas Canárias).

Os máximos de percentagem de MW encontrados ao longo de secções meridionais na área de estudo indicam que a MW tem um deslocamento preferencial para W. O aumento da profundidade mostra que esse deslocamento apresenta uma tendência para latitudes mais a sul.

Intermediate depth Northern Atlantic circulation derived from drifting buoys

T. Calheiros¹, I. Bashmachnikov^{1,2}

¹Centro de Oceanografia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal, tlmenezes@fc.ul.pt

²Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia (DEGGE), Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

In this work we study the dominant circulation patterns in the Subtropical Northeast Atlantic using ARGO data [25-45°N, 5-35° W]. The data were obtained from the Coriolis operational data center (<ftp://ftp.ifremer.fr>) for the years 1999-2013. During this period of time in the study there were available area 376 floats with 15062 float-months of total time. The most of the floats were concentrated at 1000 m (2000 float-months) and 1500 m (3400 float-months). For each float position Lagrangian current velocity was computed. Mean Eulerian velocity and its error were computed in each of the 2°x2° square. Whenever in a 2°x2° square more than 150 observations of the Lagrangian velocity were available, the square was split into 4 smaller 1°x1° squares, in each of which the mean Eulerian velocities and their errors were estimated.

The velocity of all buoys at 1000 m level was 4 cm/s and at 1500m it was 3 cm/s. Eulerian currents at 1000 m, as well as at 1500 m depth formed an overall anticyclonic circulation pattern in the study region. The southwestward flows near the Madeira Island and further westwards flow along the zonal band of 25-30° N at 1500 m depth corresponds to the extension of the deep fraction of the Mediterranean Water salt tong.

Influência do vento, topografia e estratificação na circulação costeira adjacente a um cabo

Luísa Lamas¹, Álvaro Peliz²

¹Centro de Oceanografia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

²Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

A circulação na plataforma continental interna é essencial para o transporte e distribuição de nutrientes, plancton, sedimentos, sal e calor. No entanto, a compreensão da circulação cross-shore e como esta depende de diferentes fatores, como variações topográficas, estratificação e diferentes regimes de vento, é ainda bastante limitada, devido essencialmente à falta de dados e à dificuldade de modelar processos costeiros. Um estudo recente utilizando dados recolhidos perto de Sines, Portugal, demonstrou que apesar do vento ser um dos dominantes mecanismos forçadores da circulação na plataforma interna, a presença de um cabo e de estratificação acentuada modificam esta circulação, tornando a dinâmica muito mais complexa.

Através do modelo ROMS pretende-se estudar a complexidade da circulação costeira na presença de um cabo, utilizando configurações idealizadas de forma a isolar diferentes fatores: vento, topografia e estratificação. Alguns resultados destas simulações serão apresentados.

Submetido para: **Oral**

Perturbando fluídos geofísicos. Uma perspetiva dos últimos 10 anos!

Rui Caldeira¹ et al.

¹CIIMAR-Madeira: Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Madeira, ruicaldeira@ciimarmadeira.org

Os fenómenos turbulentos induzidos pela interrupção dos fluxos atmosféricos e oceânicos devido à presença de uma ilha têm sido alvo de vários estudos científicos nos últimos 10 anos. Uma abordagem multidisciplinar utilizando multiplataformas permitiu isolar processos dinâmicos assim como identificar fenómenos meteo-oceanográficos que compõem as perturbações induzidas por ilhas oceânicas. Para além da formação de esteiras na atmosfera e no oceano existe uma forte relação entre ambas, ainda pouco documentada na literatura científica internacional, mas que tem sido intensamente estudada na Madeira. O carácter complexo destes fenómenos tem servido para testar e aprimorar os sistemas de previsão meteo-oceanográfica.

Wave heights in the northeast Atlantic from radar altimetry

Susana M. Barbosa

Universidade de Lisboa, Instituto Dom Luiz (IDL)

Wave height information is relevant for a wide of ocean and coastal engineering applications. Wave height measurements are available from moored buoys and ships, but these have a poor spatial coverage over the ocean. Radar altimetry considerably improves the spatial coverage of wave height data. However, the retrieval of height information from satellite altimetry is not straightforward, in particular in coastal areas, due to land contamination effects on the returning radar wave form. The present study examines significant wave height retrievals from radar altimetry in the north-east Atlantic and compares the satellite data with the output from the 3rd generation spectral wave model Wavewatch III (WW3).

I. Processos Costeiros e Estuarinos

Impacte de alterações climáticas na zonação física sazonal da Ria de Aveiro por aplicação do Sistema de Veneza

Catarina Vargas¹, Nuno Vaz¹ e João Miguel Dias¹

¹NMEC, CESAM, Departamento de Física da Universidade de Aveiro, cicvargas@ua.pt, joao.dias@ua.pt, nuno.vaz@ua.pt

Na definição de estratégias efetivas de gestão costeira reveste-se de fundamental importância uma avaliação dos impactos ambientais, económicos e sociais decorrentes das alterações climáticas. A Ria de Aveiro, enquanto ambiente de transição, é um ecossistema altamente produtivo suscetível a stress ecológico decorrente, nomeadamente, das alterações dos padrões de salinidade projetadas. Trata-se de um ambiente tipicamente estuarino, observando-se gradientes longitudinais de salinidade durante a maior parte de um ano médio, particularmente expressivos no Canal do Espinheiro que recebe a água doce proveniente do rio Vouga.

Por aplicação do modelo numérico MOHID 2D, são estudadas potenciais alterações dos zonamentos físicos típicos de estação húmida e seca na Ria de Aveiro em resultado das mudanças climáticas projetados para o fim do séc. XXI, de acordo com os cenários propostos pelo Intergovernmental Panel on Climate Change. São considerados três cenários futuros combinando nível médio do mar e escoamento fluvial de referência e projetados. Numa lógica precaucionária, é adotado o cenário A2, cenário mais gravoso definido pelo IPCC, para considerar a incerteza associada às projeções de alterações climáticas. As zonações físicas sazonais de referência e futuras são obtidas por aplicação do Sistema de Veneza aos campos de salinidade média obtidos para cada cenário estabelecido.

A subida do NMM e a redução do escoamento fluvial projetados, tanto para estação seca como para estação húmida, justificam o aumento generalizado da salinidade e o avanço de água salobra para zonas adjacentes e regiões mais interiores, como se observa nos campos de máxima salinidade obtidos para os vários cenários. Como consequência, é verificada uma progressão dos zonamentos físicos para regiões interiores da Ria. Esta alteração na distribuição dos zonamentos dá indicação de um desequilíbrio no ecossistema, que espetavelmente responderá com uma progressão dos habitats para regiões adjacentes, com as espécies com maior tolerância salina a ocuparem uma maior extensão da Ria e as espécies de água doce a recuarem para regiões interiores.

Transporte sedimentar transversal: mecanismos físicos e observações

Paulo A. Silva¹, Tiago Abreu², Caroline Ferreira¹, Mariana V.L. Rocha¹

¹CESAM, Departamento de Física, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, psilva@ua.pt

²CESAM & Departamento de Engenharia Civil, ISEP – Instituto Superior Engenharia do Porto, 4200-072 Porto

Nesta comunicação será apresentada uma revisão dos mecanismos que intervêm no transporte de sedimentos na direção transversal à costa e que determinam as alterações topo-batimétricas do perfil de praia.

Serão referidas as características das ondas gravíticas e infragravíticas, nomeadamente, as não linearidades, as tensões de atrito exercidas junto ao fundo, as correntes de retorno e mostrada a sua importância no transporte sedimentar, através de resultados experimentais obtidos em laboratório ou no campo. Serão também revistos diferentes modelos para estimar o transporte sedimentar transversal com base em parametrizações ou descrevendo os processos físicos.

Observação da pluma turbida do Estuário do Douro através de imagens MODIS-Aqua

Mendes R.¹, Vaz N.¹, Fernández-Nóvoa, D.², da Silva J.C.B.³, deCastro M.², Gómez-Gesteira M.² e Dias J. M.¹

¹CESAM, Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Portugal, rpsm@ua.pt, nuno.vaz@ua.pt, joao.dias@ua.pt

²EPhysLab, Universidade de Vigo, Espanha diefernandez@uvigo.es, mdecastro@uvigo.es, mggesteira@uvigo.es

³Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território & CIIMAR, Universidade do Porto, Portugal, jdasilva@fc.up.pt

O Rio Douro é um dos mais longos da península Ibérica e representa a mais importante contribuição de água doce para o Oceano Atlântico na costa noroeste portuguesa. Com o intuito de melhorar a caracterização da dinâmica da pluma turbida proveniente do Estuário do Douro, foi desenvolvida uma nova metodologia para a observação desta pluma na área costeira adjacente à embocadura. Utilizando imagens do sensor MODIS-Aqua de radiância emergente normalizada de resolução espectral de 555 nm (nLw555) em combinação com dados simultâneos de vento, maré e descarga fluvial (2003-2011), este trabalho pretende avaliar os efeitos dos principais forçamentos (descarga fluvial, vento e maré) na propagação desta pluma turbida no oceano costeiro.

Imagens compostas de turbidez, mesclando pixéis correspondendo a condições similares de descarga fluvial, vento e elevação da superfície livre, apresentam excelentes resultados para caracterizar o padrão médio da pluma turbida do Douro. Verificou-se uma esperada relação entre os níveis de turbidez e a descarga fluvial. Quando o fluxo fluvial supera os 500 m³s⁻¹, um padrão radial de elevada turbidez surge junto à embocadura do estuário do Douro. Observa-se uma expansão da pluma turbida até 35 km ao largo da costa durante períodos de influência de vento de norte em regimes de alto caudal fluvial. Em situações de vento de sul, é detetada uma compressão da pluma junto à costa. Nestas condições, uma banda turbida com cerca de 10 km de largura é formada a norte da foz do estuário do Douro, aumentando as possibilidades da pluma estuarina do Douro se misturar com as águas de influência fluvial provenientes de outros rio de menor importância. Para o mesmo regime de caudal fluvial, ventos de este tendem a produzir um bojo turbido com um afastamento máximo de 25 km, deflectindo depois para norte. Os ventos de oeste têm como maior consequência o aprisionamento da pluma estuarina junto ao litoral e a diminuição da advecção na direção perpendicular à costa. Em todas as situações verifica-se uma faixa turbida com 10 km de largura a sul do estuário, sendo esta mais intensa, extensa e larga durante condições de vento de norte e de oeste. A influência da maré é maior na região da pluma próxima à costa e na zona da embocadura do estuário (áreas a menos de 20 km da linha costeira). Durante períodos de maré baixa é observada uma pluma de maré significativa, de formato semicircular.

Descargas de Águas Subterrâneas na Plataforma Continental do Algarve

Fátima M. Sousa^{1,2}, Gabriela Carrara³, Judite Fernandes⁴, Dmitri Boutov^{1,2}, Marisa Loureiro³, Francisco Leitão⁵, Pedro Range⁵ e Ana Machado¹

¹Centro de Oceanografia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), Campo Grande, Lisboa, fsousa@fc.ul.pt, dboutov@fc.ul.pt, ammachado@fc.ul.pt

²Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, DEGGE/FCUL, Campo Grande, Lisboa

³Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), Rua C do Aeroporto, Lisboa, gabriela.carrara@ipma.pt, marisa.loureiro@ipma.pt

⁴Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Estrada da Portela, Bairro do Zambujal, Amadora, judite.fernandes@lneg.pt

⁵Centro de Ciências do Mar (CCMAR), Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Faro, [fleitaot@ualg.pt](mailto:fleitao@ualg.pt), prange@ualg.pt

Este trabalho de investigação foi realizado no âmbito do Projeto de I&D “FREEZE – Submarine FRESHwater dischargEs: characteriZation and Evaluation study on their impact on the Algarve coastal ecosystem” cujo objetivo principal é o estudo das descargas de águas subterrâneas (DAS) no mar, na região dos Olhos de Água, no Algarve.

O nome atribuído a esta região – Olhos de Água – deve-se exatamente à existência de nascentes de água doce na praia, que ficam a descoberto durante a maré vazia. Estas nascentes também já foram detetadas no mar, mesmo frente à praia, pelos pescadores locais e, por vezes são tão fortes, que causam deriva nos pequenos barcos de pesca.

Com base na localização de um slick, detetado numa imagem SAR, obtida a 9 de Fevereiro de 2010, durante um Inverno particularmente chuvoso, realizaram-se duas campanhas oceanográficas ao largo da região dos Olhos de Água, em Novembro de 2012 (11/2012) e em Abril de 2013 (04/2013). Na totalidade completaram-se 101 estações CTD, 59 na campanha 11/2012 e 42 na campanha 04/2013, com profundidades entre 2 e 30 m. Face às reduzidas dimensões da embarcação utilizada nas duas campanhas, a área de estudo ficou restringida à distância máxima de 3 milhas náuticas (≈ 5.6 km) da costa.

Traçaram-se os perfis de temperatura, de salinidade e de sigma-t, bem como o respetivo diagrama T/S, para cada uma das 101 estações. As estações com influência de DAS apresentam mínimos de salinidade na coluna de água, com a correspondente diminuição do valor da temperatura. Os diagramas T/S mostram a existência de dois padrões distintos, um correspondente às estações com influência de DAS e o outro, característico do comportamento das águas costeiras oceânicas.

Este conjunto de observações constitui uma base de dados que se caracteriza pela sua originalidade, pois para além de ser a primeira vez que se efetuaram medições CTD numa região da plataforma continental tão próxima da costa do Algarve, foi também uma investigação pioneira no domínio das DAS em meio marinho.

Modelação da intrusão da pluma do Rio Minho nas Rias Baixas

Magda C. Sousa¹, Nuno Vaz¹, Ines Alvarez^{1,2}, Moncho Gomes-Gesteira², João M. Dias¹

¹CESAM, Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal, mcsousa@ua.pt, nuno.vaz@ua.pt, joao.dias@ua.pt

²EPhysLab (Environmental Physics Laboratory), Universidade de Vigo, Faculdade de Ciencias, Ourense, Spain, ialvarez@uvigo.es, mgesteira@uvigo.es

O Rio Minho, situado a 30 km a sul das Rias Baixas, é o rio mais importante que desagua na costa ocidental Galega (NO da Península Ibérica). A descarga da água doce proveniente deste rio é importante para a determinação dos padrões hidrológicos adjacentes à sua foz, particularmente perto das regiões costeiras galegas. Assim, o principal objetivo deste trabalho consistiu no estudo da propagação da pluma estuarina do Minho em direção às Rias Baixas, através do desenvolvimento e aplicação do modelo numérico MOHID.

Neste trabalho foi desenvolvido e implementado um sistema de modelação integrado de três níveis encaixados, baseado na utilização do modelo referido. Foi definido um primeiro domínio consistindo num modelo de maré barotrópico, englobando toda a costa da Península Ibérica. Os segundo e terceiro domínios definidos integram modelos baroclínicos tridimensionais, sendo o segundo uma representação grosseira das Rias Baixas e da costa adjacente, enquanto o terceiro inclui a mesma área com maior resolução. Neste âmbito, também foi implementado em modo 2D um modelo para o estuário do Minho, de forma a quantificar o fluxo (e as suas propriedades) que o estuário injeta no oceano.

Devido à disponibilidade de dados foi escolhido o período de maio de 1998 para a validação da implementação numérica desenvolvida, efetuando a simulação da propagação da pluma estuarina do Minho para este período. Note-se que durante esta época foi detetada uma descarga elevada do Rio Minho, bem como ventos favoráveis à dispersão da pluma em direção às Rias Baixas, cuja consequência foi a inversão dos padrões hidrológicos locais. Adicionalmente foram definidos diversos cenários para este período, variando as características do vento e de descarga fluvial, para avaliação e definição da importância da descarga do Rio Minho e do vento na geração do evento de maio de 1998, e consequentemente das condições necessárias para que a pluma do Rio Minho altere a hidrologia das Rias Baixas.

Os resultados obtidos mostraram que a metodologia de modelos encaixados foi implementada com sucesso, uma vez que os modelos reproduzem com precisão os padrões hidrodinâmicos e termohalinos das Rias Baixas na situação simulada. Da análise dos resultados para os cenários definidos conclui-se que uma descarga moderada e contínua do Rio Minho combinada com ventos de sul é suficiente para inverter o padrão de circulação das Rias Baixas, reduzindo a importância da ocorrência de eventos específicos de elevado caudal para que ocorra inversão dos padrões hidrológicos nestas regiões costeiras galegas.

Characterization and evolution of the most important upwelling systems

Rubén Varela Rodríguez¹, Francisco Santos¹, Ramón Gómez Gesteira¹, Maite deCastro¹, Ines Alvarez¹

¹EPhysLab (Environmental Physics Laboratory), Universidad de Vigo, Facultade de Ciencias, Ourense, Spain, ruvarela@uvigo.es, mggesteira@uvigo.es, fsantos@uvigo.es, mdecastro@uvigo.es, ialvarez@uvigo.es

The upwelling regions are areas of high productivity compared to other areas of the ocean. In fact, over 20% of global fish catches occur in upwelling areas, although these areas occupy less than 1% of the surface of the world's oceans. The aim of this study is to create a global map of the whole world where you can recognize the most important upwelling systems, also determine how these systems have changed over the studied period (1982-2010) studying their trends. Wind data were acquired from NCEP Climate Forecast System Reanalysis (CFSR). Wind stress will be the variable under study; using it the annual cycle of wind stress was calculated obtaining a global map. To choose the most important upwelling regions a number of conditions have been determined about the wind velocity and the region size. Once upwelling systems were decided upwelling season was calculated. Upwelling season was considered as the period where upwelling is more important, only those months in which wind stress exceeded the 75th percentile. Finally, trends were calculated in these systems over the period under study only in the upwelling season obtaining the behavior of the different systems in the last three decades. In this study stands out the use of a very small resolution (0.3x0.3o) which permits a very important knowledge about the winds behavior to characterize upwelling systems with great precision. Also, this study has met all the regions previously studied, under the same conditions to choose the most important and know their evolution. Finally, this study analyzes upwelling systems where did not exist too many previous studies. As a result the regions considered as upwelling systems were: Benguela, Canarias, Venezuela, South Peru, North Peru, South California, North California, West Australia, Java, North Kenia and Somalia-Yemen. It is not possible to establish a general behavior between the different systems because trends are variable depending on the system analyzed.

Analysis of the influence of the river discharge and wind on the Ebro turbid plume using Modis-Aqua

Diego Fernández-Nóvoa¹, Renato Mendes², Maite deCastro¹, João M. Dias², Moncho Gómez-Gesteira¹

¹EPhysLab (Environmental Physics Laboratory), Universidad de Vigo, Facultade de Ciencias, Ourense, Spain, diefernandez@uvigo.es, mdecastro@uvigo.es, mggesteira@uvigo.es

²CESAM, Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal, rpsm@ua.pt, joao.dias@ua.pt

The turbid plume formed at the mouth of the rivers influences the adjacent coastal area, since it transports sediments, nutrients and pollutants. In the particular case of the Ebro river, the development of the turbid plume plays a fundamental role into the vicinity of its Delta. The main forcing drivers, river discharge, wind and regional oceanic circulation, on the turbid plume of Ebro river was analyzed during 2003-2011. This aim was carried out through the analysis of plume mean-state images calculated using water leaving radiance data (nLw555) obtained from the MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) sensor onboard the Aqua satellite. Satellite data are downloaded from Ocean Color web site (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>). Daily high-resolution L1A files from MODIS-Aqua were processed to L1B and L2 through SeaDAS software. The L2 daily final images were interpolated to a regular pixel (0.005°×0.005°) grid with an approximate resolution of 500 m using Matlab® software. These images were averaged for days under certain conditions of river discharge (high and low) and wind regimes (alongshore and cross-shore winds), in order to obtain a representative plume mean-state for each situation, and therefore showing the characteristic pattern for each different forcing condition. The river discharge resulted to be the main forcing factor on the Ebro river plume followed by wind as the secondary forcing and the regional oceanic circulation as the third one. The plume extension is observed to increase monotonically with river discharge. Wind showed a great influence under high river discharge, distributing the plume in the wind dominant direction. Seaward winds (Mistral) produce the largest extension of the plume (3542 km²) while in the other wind situations the plume area is smaller and quite similar between them (1895-2051 km²). Northern alongshore winds induce the highest mean turbid value (1.65 mWcm⁻²µm⁻¹sr⁻¹) of the plume while southern alongshore winds the lowest one (1.18 mWcm⁻²µm⁻¹sr⁻¹). Regardless of the wind condition, about 80% of the plume extension is located south of the mouth due to the regional oceanic circulation and Coriolis.

Inundação marginal da Ria de Aveiro: dependência dos forçamentos marinhos e fluviais e da evolução morfológica

Lopes, C.L.¹, Silva, P.A.¹ e Dias, J.M.¹

¹CESAM, Departamento de Física, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, carinalopes@ua.pt, psilva@ua.pt, joao.dias@ua.pt

As inundações são atualmente uma das maiores ameaças às regiões costeiras, afetando milhões de pessoas, atividades e ecossistemas em todo o mundo. Estes fenómenos ocorrem durante condições atmosféricas adversas, prevendo-se que estas ameaças se amplifiquem no futuro em resposta às alterações climáticas, nomeadamente à subida do nível médio do mar e às alterações dos regimes fluviais e de tempestades. Consequentemente, este estudo tem como objetivo determinar a inundação lagunar da Ria de Aveiro em função das características dos forçamentos marinhos e fluviais para o presente e em cenários de alterações climáticas, assim como de variações da sua morfologia ocorridas nos últimos 25 anos.

Neste âmbito foi aplicado à laguna o modelo hidrodinâmico bidimensional ELCIRC. Foi desenvolvida uma malha numérica que incorpora os canais da laguna e regiões adjacentes de forma a possibilitar inundação marginal. O modelo foi calibrado para a propagação da maré astronómica comparando as previsões numéricas com dados de elevação da superfície livre medidos em 2002/03 em 18 estações distribuídas pelos principais canais da laguna. A validação para eventos de maré meteorológica foi efetuada com dados de elevação medidos em Dezembro de 2002 em 5 estações, em Abril 2012 em 6 estações e em Janeiro de 2013 em 7 estações. Os resultados da calibração e da validação demonstram que o modelo reproduz com precisão a propagação da maré astronómica e meteorológica na laguna. Adicionalmente, verificou-se que os desvios entre previsões e observações são menores que os obtidos em estudos anteriores provando que as alterações na malha numérica e atualização da batimetria contribuíram para melhorar a qualidade das previsões numéricas.

Depois de calibrado e validado o modelo foi aplicado para determinar a área da laguna e a zona marginal inundada sob diferentes cenários. Os resultados mostram que a área da laguna em condições de maré média é 73.4 km², aumentando 23% e 31% em condições de maré viva e equinocial, respetivamente. A área alagada aumenta 26% para maré meteorológica com período de retorno de 2 anos. Estudos recentes indicam que a atividade ciclónica na costa portuguesa para os clima presente e futuro é estatisticamente idêntica, pelo que não se preveem alterações no regime de maré meteorológica em consequência das alterações climáticas, e consequentemente da área lagunar. A influência da descarga fluvial foi também avaliada forçando o modelo nas 5 fronteiras fluviais com caudais correspondentes a períodos de retorno de 2 anos para os climas presente e futuro. Verificou-se que a área lagunar aumenta 46% em condições de maré média para o clima presente. Esta percentagem é reduzida para 22% quando se consideram os caudais para o clima futuro, em resposta à redução de precipitação acumulada expectável para o final do século XXI. Analisou-se ainda o efeito da subida do nível médio do mar, estimando-se valores de 0.42 e 0.64 m para o ano de 2100, que induzirão um aumento da área lagunar de 23% e 36%, respetivamente. Os mapas de máxima extensão de cheia mostram que as regiões mais afetadas pela inundação de origem marinha se situam na região central da laguna e na cabeceira do canal de S. Jacinto, enquanto as regiões adjacentes à foz dos rios são as mais afetadas pela inundação de origem fluvial.

Verificou-se ainda que a extensão da inundação lagunar depende da evolução morfológica da laguna. Concretamente, verificou-se um aumento de 17% na inundação lagunar entre 1987 e 2012 em condições de maré média, originado pelo aprofundamento generalizado dos canais principais da laguna.

Variabilidade da clorofila na costa da Península Ibérica: análise comparativa entre as costas noroeste Atlântica e da Cantábria

Picado, A.¹, Alvarez, I.^{1,2}, Vaz, N.¹ e Dias, J.M.¹

¹CESAM, Universidade de Aveiro, Departamento de Física, Aveiro, Portugal, ana.picado@ua.pt, nuno.vaz@ua.pt, joao.dias@ua.pt

²EPhysLab, Universidad de Vigo, Facultad de Ciencias, Ourense, España, ialvarez@uvigo.es

A orientação da linha de costa na zona noroeste da Península Ibérica (PI) é marcada por uma alteração abrupta, que divide a região em dois domínios diferentes: a costa noroeste Atlântica orientada na direção norte-sul e a costa da Cantábria na direção oeste-este. Estas regiões são de extrema importância hidrológica e biogeoquímica sustentada principalmente pelo afloramento costeiro, gerando grandes interesses económicos para atividades como a pesca e a aquacultura.

Assim, considerando a clorofila-a como indicador de produção primária, pretende-se investigar os processos responsáveis pela sua formação nas costas noroeste (entre os 40 e 44° N) e norte (entre 5° e 8° W) da PI.

A metodologia seguida para investigar a origem da clorofila-a nestas duas regiões baseia-se na análise de dados monitorizados por satélite de clorofila-a, temperatura de superfície do mar (TSM) e vento para o período de 1998 a 2007, assim como de descargas fluviais dos principais rios que desaguam na costa noroeste da PI. Não foram considerados os rios da costa norte devido à ausência de dados.

Avaliou-se a distribuição trimestral da concentração de clorofila-a nas costas noroeste e norte da PI, e efetuou-se uma análise por Funções Ortogonais Empíricas (EOF) das imagens semanais, de modo a estudar a sua variabilidade espaço-temporal nas duas regiões. Os resultados sugerem que a costa noroeste da PI é significativamente mais produtiva que a costa norte: na costa noroeste a maior concentração de clorofila-a ocorre nos meses de verão com valores acima dos 6 mg/m³ até ~60 km para o largo, enquanto na costa norte as concentrações máximas ocorrem nos meses de inverno numa faixa de ~30 km da costa e com valores na ordem de 1.5 mg/m³.

Foi também avaliada a variabilidade interanual da clorofila-a, da TSM e do transporte de Ekman, considerando os meses de verão (JAS) e de inverno (JFM).

Em geral, na costa noroeste os anos de 2005, 2006 e 2007 foram os mais produtivos durante os meses de verão, e o ano de 1998 nos meses de inverno. Por outro lado, na costa norte, verifica-se maior produtividade nos meses de inverno entre 2003 e 2006. A maior produtividade observada nos meses de verão na costa noroeste e nos meses de inverno na costa norte está principalmente associada a condições favoráveis ao afloramento costeiro, observadas a partir do transporte de Ekman calculado em termos da velocidade do vento.

Através da análise das descargas fluviais para a costa noroeste, e verificando-se ausência de condições favoráveis ao afloramento e valores baixos da TSM, conclui-se que as concentrações elevadas de clorofila-a observadas no inverno nesta região são principalmente devidas ao fornecimento de nutrientes através da descarga dos rios. No entanto, no inverno existem grandes concentrações de material orgânico dissolvido (colored dissolved organic matter - CDMO) na superfície do mar, associado ao escoamento fluvial, o que pode induzir um sinal forte e erróneo nas medições efetuadas por satélite.

Em suma, verifica-se que a variabilidade espaço-temporal de clorofila-a ao longo das costas noroeste e norte da PI é claramente dependente da influência dos eventos de

afloramento, e que o escoamento fluvial influencia também estes padrões na costa noroeste.