IST-Ambiente

1ª Workshop sobre Ciências e Engenharia do Ambiente

22 de Novembro de 2011

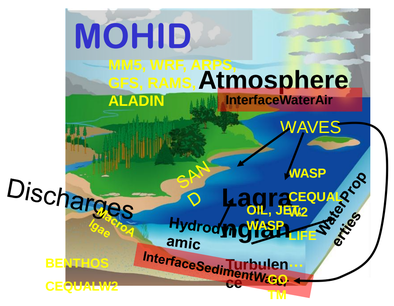
MOHID, Sistema Integrado de Modelação Ambiental

MARETEC, Ramiro Neves

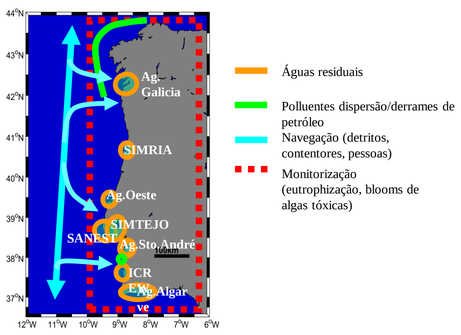
I – O que é a Modelação do Ambiente no MARETEC-IST?

A modelação do ambiente no MARETEC permite avaliar o impacto da actividade humana no meio-ambiente, mais concretamente, por exemplo, o impacto de águas residuais na qualidade da água balnear. Contudo, a modelação do ambiente também permite estimar o impacto do meio-ambiente sobre a actividade humana; por exemplo, o efeito duma tempestade numa zona costeira ou o efeito dum tsunami numa zona ribeirinha portuária.

Esse tipo de actividade tem necessariamente de recorrer a dados (medidos in-situ e adquiridos automaticamente por estações de aquisição de dados) e de recorrer a modelos matemáticos.



Esquemático dalguns dos principais processos físicos e biogeoquímicos do meio-ambiente modelados pelo MOHID.

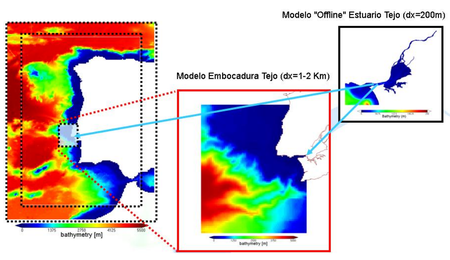


Esquema que ilustra parte do impacto da actividade humana no meio-ambiente e que tem relevância modelar.

Para modelar o meio-ambiente, temos que modelar as diversas componentes e os diversos processos que o constituem, e que incluem: a hidrodinâmica, o teor de água do solo, a pluviosidade, a captação de águas pelas bacias hidrográficas, a rede de drenagem, a consequente percolação da água, o processo de infiltração da água no solo, o transporte de sedimentos, o transporte de areias, o transporte e a interacção de propriedades químicas e biológicas da água, o input dos caudais e suas propriedades, oriundos da rede de drenagem, nos estuários, as descargas pontuais contendo químicos e nutrientes tais como esgotos, emissários submarinos ou descargas industriais ou agrícolas, os processos biogeoquímicos existentes na água que conduzem à produção primária e à evolução da eutrofização do sistema ambiental.

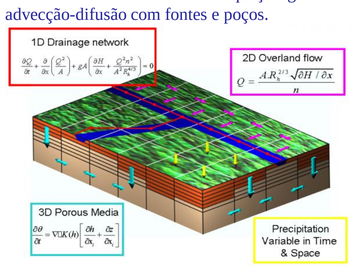
II - O que é um Sistema integrado?

Cada um destes processos detém, por um lado, um modelo físico e matemático próprio, mas por outro lado, detém igualmente um modelo físico e matemático comum. Este modelo matemático comum, que trata do transporte das propriedades da água, baseia-se na equação da advecção-difusão com fontes e poços e apresenta duas classes distintas de soluções numéricas, os métodos eulerianos e os métodos lagrangianos. Este modelo comum permite que todos os processos estejam integrados num único sistema de modelação que, neste caso, no IST, foi desenvolvido sob a sigla MOHID (modelação hidrodinâmica).



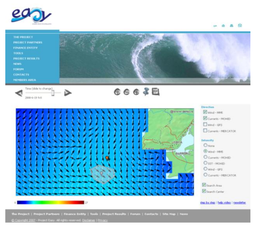
Batimetria de regiões geográficas encaixadas a serem modeladas com resoluções distintas desde os 6km de resolução até os 200 m de resolução. Os modelos aninhados recebem informação dos modelos aninhantes para aferirem melhores condições nas fronteiras abertas. Dessa forma, é possível reproduzir a influência de correntes de larga escala, independentes da maré, no modelo mais refinado de 200 m.

Decomposição em elementos geométricos duma rede de drenagem à superfície e do solo. Cada elemento troca propriedades com os elementos vizinhos, através de modelos matemáticos descritos na figura para o transporte difusivo 3D do teor de água no solo e para o transporte de massa 1D, nos rios à superfície. Os modelos matemáticos são variantes da equação geral de advecção-difusão com fontes e poços.

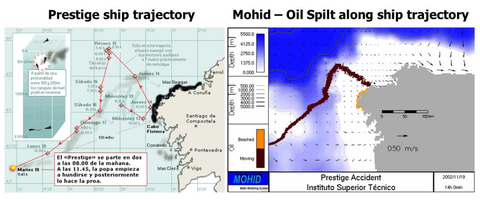


III – Como se modela o meio-ambiente num sistema integrado?

Para modelar o meio-ambiente de forma integrada, recorremos, no caso dos métodos eulerianos, à decomposição do meio em elementos geométricos mais pequenos (ou volumes finitos), onde cada uma das propriedades é calculada independentemente (por um modelo matemático e físico próprio). Depois, o modelo calcula as trocas das propriedades entre os elementos geométricos adjuntos ou comunicantes (recorrendo a um modelo matemático e físico comum). O tamanho dos elementos geométricos é escolhido em função das necessidades da aplicação e da capacidade de cálculo e computação disponível, sendo que quanto mais pequenos serão os volumes finitos, mais preciso e mais detalhado será o modelo do sistema, mas será também mais exigente e mais custoso em recursos computacionais. O método lagrangeano calcula, em comum, o transporte no meio-ambiente de pequenos volumes lagrangianos baseando-se num campo de velocidades disponível e calcula, em específico, a evolução no tempo das propriedades da água em cada um destes volumes lagrangianos, a que chamamos de traçadores lagrangianos.



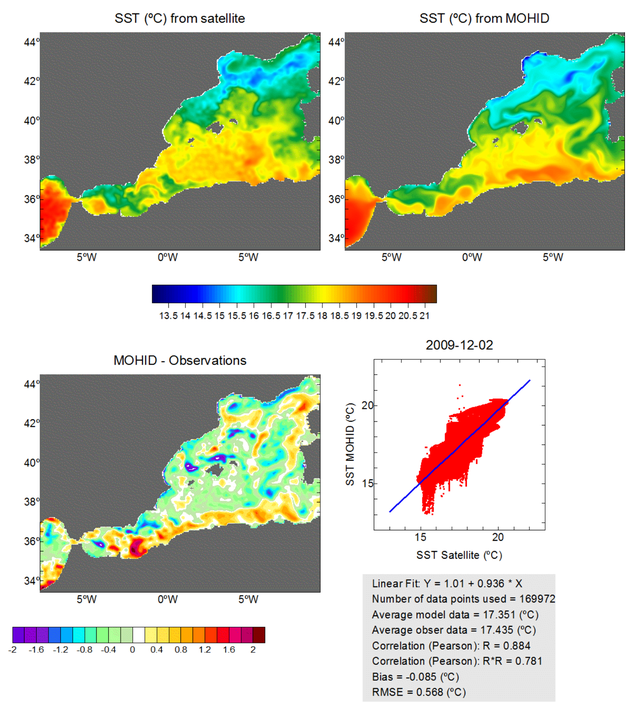
Modelo operacional web-based de simulação da deriva de detritos ao largo da costa Portuguesa, sobre campo de velocidades pré-calculadas pelo MOHID.



Acidente do petrolífero Prestige. Trajectória da deriva do Prestige e esquemático da contaminação costeira à esquerda. Dispersão e contaminação costeira do petróleo derramado pelo Prestige simulado em modo de previsão pelo MOHID à direita, com o forçamento atmosférico fornecido pela MeteoGalicia.

IV – Que aplicações permite um sistema integrado de modelação do ambiente?

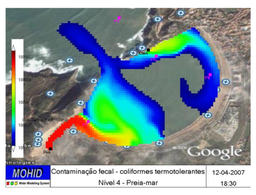
No geral, um sistema integrado de modelação do ambiente é uma ferramenta que permite um aprofundamento do conhecimento científico sobre a física e a biologia numa determinada região geográfica, mas também é uma ferramenta que permite e que acelera a tomada de decisão conscienciosa dos gestores do meio-ambiente e de outros tomadores de decisões. Por exemplo, permite avaliar o impacto duma ETAR na qualidade da água, num estuário ou numa zona de águas balneares; permite estudar o impacto da actividade agrícola e industrial sobre o estado trófico das albufeiras duma determinada bacia hidrográfica; permite ainda prever o destino ou determinar a origem dum derrame de petróleo; finalmente, permite simplesmente prever o estado do mar numa região geográfica costeira. Outro tipo de aplicações consiste em estudar cenários de catástrofes naturais tais como cheias devido a rupturas em barragens, tsunamis devidos a deslizes de terreno em regiões costeiras, ou ainda blooms de algas tóxicas perto de área de águas balneares.



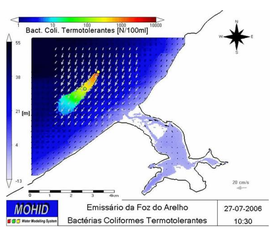
Estudo da temperatura à superfície a 2 de Dezembro de 2009 na região de Gibraltar da bacia mediterrânica. Mapa da temperatura observada por satélite no painel em cima à esquerda, mapa da temperatura calculada pelo modelo MOHID, inicializado e forçado pela solução do Mercator-Océan, no painel em cima à direita. Mapa das diferenças entre as observações e os cálculos no painel em baixo à esquerda e gráfico da dispersão da correlação linear entre observações e resultados do modelo no painel em baixo à direita. Cortesia da Hidromod.

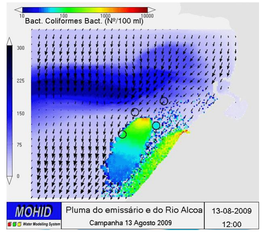
V - Como é que um sistema integrado de modelação ambiental é construído?

Partindo dum conjunto disperso de variado software e outras ferramentas informáticas, maioritariamente feitas em fortran, por altura do ano 1999, adoptou-se no MARETEC-IST, por um standard de programação, o Fortran95, adoptou-se um padrão de desenho de engenharia de software, a programação orientada por objectos (OO), adoptou-se uma filosofia de disseminação do software, o open-source. O Fortran 95, a programação OO e o open-source são os três ingredientes basilares e perenes que especificam tecnicamente o MOHID.



Estudo da contaminação fecal (>100 col./100ml) à superfície em Portugal calculada pelo MOHID. Mapa euleriano da concentração de coliformes na baía de S. Martinho do Porto no painel de cima. Mapas lagrangianos da concentração de coliformes devido à pluma de emissários submarinos na Foz do Arelho, em baixo à esquerda, e no estuário do rio Alcoa, em baixo à direita.

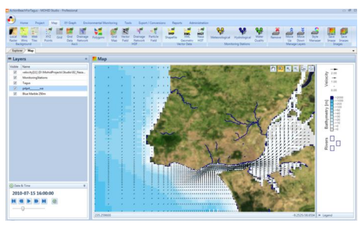




O Fortran95 é a língua franca para a performance computacional em engenharia e facilita trocas e contribuições entre grupos de engenharia nacionais e internacionais. Nomeadamente, no MOHID, permitiu a integração do modelo de turbulência vertical, GOTM e permitiu a implementação do standard de troca de informação em tempo real entre modelos, OpenMI.

A programação OO permite a modularidade e a extensibilidade rápida do código, permitindo que sucessivas teses de mestrado e doutoramento, dentro e fora do grupo, desenvolvam novas funcionalidades e novos processos, expandindo ainda mais, dessa forma, o "integrado" de processos físicos, matemáticos e biológicos do sistema de modelação MOHID.

Representação no MOHID Studio duma rede de drenagem duma bacia hidrográfica em cima. Representação da cheia devido a uma brecha numuma barracha em baixo à esquerda e representação do campo vectorial das velocidades e da temperatura para a região da costa Portuguesa em baixo à esquerda.

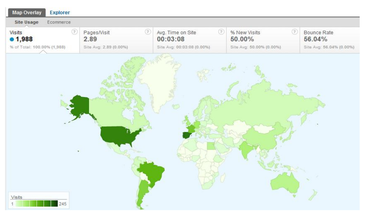


Amostra da ferramenta gráfica gratuita MOHID Studio, desenvolvida pela ActionModulers. Representação do campo vectorial da velocidade lido a partir dum ficheiro HDF5.

A política activa open-source do grupo, apoiada por uma vasta rede de suporte, de coaching e de formação (forum, wiki, blog, repositório de código, manuais, software e cursos), permite a rápida adopção e disseminação do MOHID por utilizadores, investigadores, grupos de investigação e empresas de engenharia a nível global (Europa, América do Sul, África e Ásia), tendo sido registados, até à data, mais de 2000 utilizadores do MOHID e tendo sido realizados várias dezenas de cursos espalhados por quatro continentes.

Por outro lado, a política open-source também permitiu a instalação dum pequeno mas fecundo eco-sistema de desenvolvedores de MOHID que contribuíram com um leque considerável de ferramentas com interface gráfica para o sistema operativo Windows, sendo algumas gratuitas e outras profissionais. Incluem, entre muitas outras ferramentas, um SIG e um gestor de aplicações do modelo MOHID. Estas ferramentas gratuitas com interface gráfica constituem um grande atractivo para os utilizadores do MOHID.

Finalmente, a política open-source permitiu que vários spin-offs do MARETEC-IST tais como a Hidromod ou a ActionModulers, pudessem prosperar na indústria de serviços de consultaria em engenharia, recorrendo ao MOHID nas suas operações do dia-a-dia, e contribuindo dessa forma para o PIB português e para a criação de dezenas de postos de trabalho.



Mapa mundo das densidades dos utilizadores do MOHID wiki fornecido pelo Google Analytics no período de 16-10-2011 a 16-11-2011.

Mapa conhecido das aplicações MOHID com publicações no Mundo.

VI – Qual o futuro do MOHID?

O futuro do MOHID passa pela sua renovação em dois aspectos chave. Por um lado, consiste na adopção de standards mais recentes: tais como o Fortran2003 e o Fortran2008,; tais como os standards de paralelização MPI, OpenMP e CUDA, que permitem ao MOHID de tirar partido dos computadores multi-cores/multi-CPUs; tais como os standards de interoperabilidade entre modelos, o OpenMI, o Opendap e a convenção CF. Por outro lado, o futuro do MOHID passa pelo reforço do suporte ao utilizador e ao desenvolvedor, promovendo eventos formativos e implementando documentação técnica. O enfoque nestes dois aspectos basilares permite alimentar a rápida expansão da base mundial de utilizadores do MOHID, o que tem um impacto quer a nível do portfolio de aplicações, quer a nível do espólio de ferramentas.

VII – Referências

Site do MOHID
http://goo.gl/Kqk0o

Mapa das aplicações do MOHID
http://goo.gl/TW9OR

Descarregar a versão em pdf deste poster
http://goo.gl/79K4Q