



**Escola Superior Tecnologia**

## Modelo Hidrodinâmico Tridimensional com Coordenada Vertical Genérica

F.A. Martins\* ; R.J. Neves\*\* ; P.C. Leitão\*\*\*

- \* Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Algarve  
E-mail: fmaring@ualg.pt
- \*\* Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa  
E-mail: ramiro.neves@hidra.ist.utl.pt
- \*\*\* Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa  
E-mail: chambel@hidro1.ist.utl.pt



### Equações do Movimento

O modelo resolve as equações primitivas 3D para águas pouco profundas com a aproximação de Boussinesq e a hipótese de equilíbrio hidrostático:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = 0 \quad i=1,3$$

$$\frac{\partial u_2}{\partial t} + \frac{\partial(u_1 u_2)}{\partial x_1} = \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x_2} - g \frac{\partial \eta}{\partial x_2} - \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x_2} \left( \frac{\partial \eta}{\partial x_1} \right) \frac{\partial \eta}{\partial x_1} - 2\epsilon_{ij} \Omega_j u_i \quad i=1,2$$

A densidade é calculada pela equação de estado:

$$\rho = (5890 + 38T - 0.375T^2 + 3S) / (1779.5 + 11.25T - 0.0745T^2) - (3.8 + 0.017)S + 0.698(5890 + 38T - 0.375T^2 + 3S)$$

A temperatura e a salinidade são transportadas pela equação de advecção-difusão com a forma genérica:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} + u_i \frac{\partial \alpha}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( K \frac{\partial \alpha}{\partial x_i} \right) + FP \quad \alpha = S, T$$

### Método do Volume Finito

As equações são discretizadas directamente no espaço real, impondo-se a divergência dos fluxos em cada célula. Pode-se utilizar células com qualquer geometria e implementar qualquer tipo de coordenada.

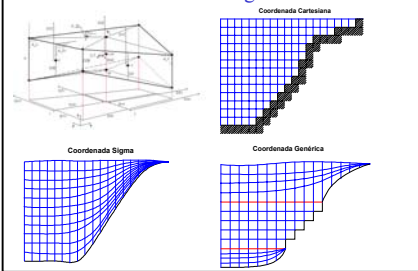
#### VANTAGENS:

- Solução no espaço real
- Esquema conservativo
- Independente do sistema de coordenadas
- Facilidade de integrar outros modelos (biológicos, sedimentos, etc.)

#### INCONVENIENTES:

- Necessário calcular a geometria da célula em todas as iterações
- Dificuldade na compatibilização da variação de volume

### Célula e malha genérica



### Aplicação ao Estuário do Sado

Apresentam-se os resultados obtidos com este modelo na primeira fase do estudo de impacto ambiental das dragagens neste estuário. Trabalho efectuado pela HIDROMOD Lda. Para a adm. do porto de Setúbal APSS.

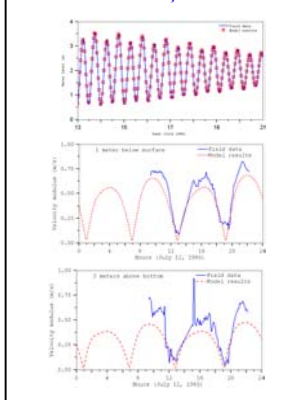
#### OBJECTIVOS:

- Validação do modelo 3D através de comparação com níveis
- Validação do modelo 3D através de comparação com velocidades
- Análise dos campos 3D de velocidades residuais tentando tirar conclusões relativas ao trânsito sedimentar
- Exploração das características 3D do escoamento, com especial ênfase nos escoamentos secundários e nas recirculações.

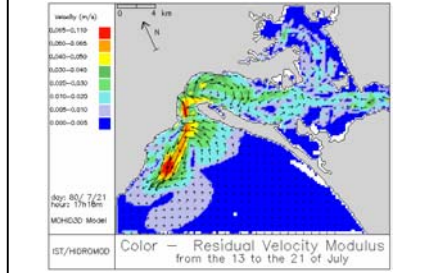
#### DISCRETIZAÇÃO USADA:

Horiz.: 120x158 Pts. Dx=200m Vert.: 6 camadas sigma Tempor.: Dt=25s

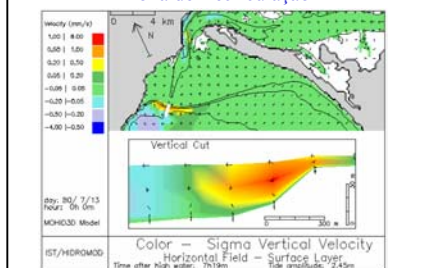
### Calibração



### Velocidade Residual



### Zona de Recirculação



### Conclusões

- Os níveis comparam muito bem com os marégrafos para os 6 pontos analisados no interior do estuário
- Apesar da escassez e incerteza nos dados de correntes os resultados aproximam-se das medidas para os 7 pontos analisados
- O campo de velocidade residual apresenta padrões que se podem relacionar com resultados obtidos por um modelo físico e com dados de campo para a região
- O campo de velocidade instantânea apresenta resultados fisicamente coerentes revelando escoamentos secundários e zonas de recirculação vertical.

### Trabalho Futuro

- Simulação baroclínica
- Análise de diversas discretizações verticais
- Acoplamento de um modelo de transporte de sedimentos