



OPENCoastS⁺: ferramenta para a previsão a pedido da circulação e da qualidade da água

Marta Rodrigues, Anabela Oliveira, André B. Fortunato
Departamento de Hidráulica e Ambiente, LNEC

Curso

6ª Conferência sobre Morfodinâmica Estuarina e Costeira - MEC2022
8 de junho de 2022



EGI-ACE receives funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement no. 101017567.



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água: conceito, modelo e estabelecimento do OPENCoastS

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Condições barotrópicas vs. condições baroclínicas

Gradiente de pressão em escoamento barotrópico:

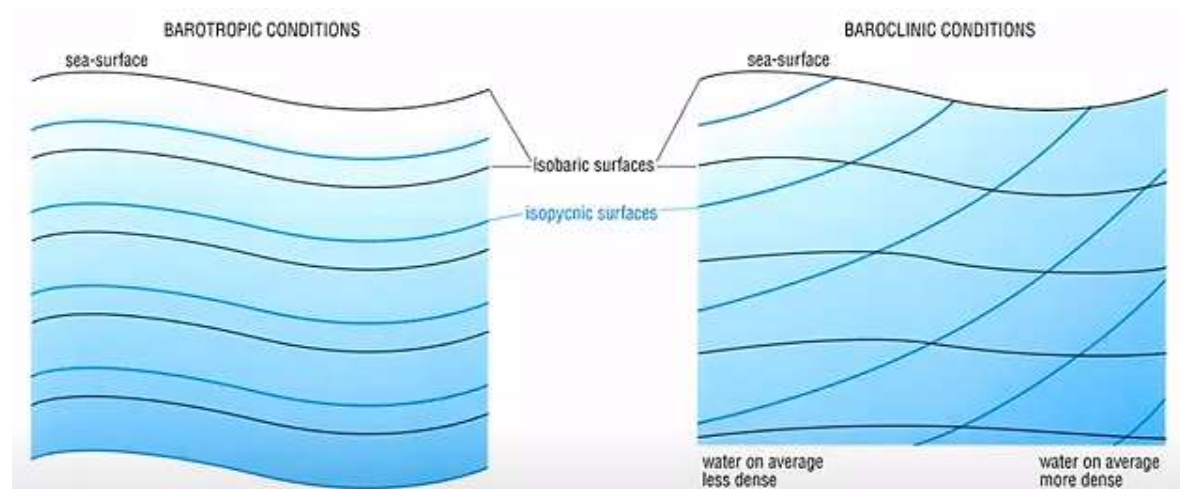
Isobáricas e isopícnicas
são paralelas

$$\rightarrow g \frac{\partial \eta}{\partial x}$$

Gradiente de pressão em escoamento baroclínico:

Isobáricas e isopícnicas
interseam-se

$$\rightarrow \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz$$



Fonte: Ocean Circulation



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

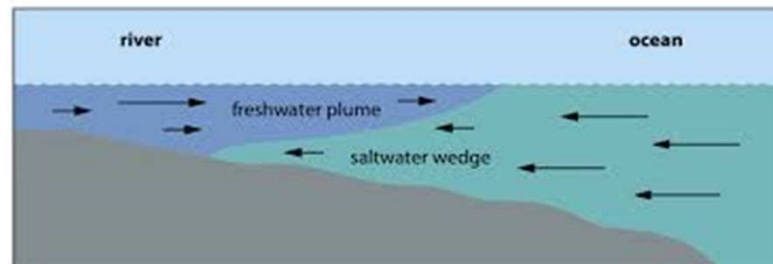
Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Efeitos baroclínicos na circulação em estuários

- Estuários fortemente estratificados: os efeitos baroclínicos resultam numa circulação bidirecional
- Estuários bem misturados: os efeitos baroclínicos resultam num movimento da água à superfície para montante e junto ao fundo para jusante, como um escoamento compensatório
- Estuários parcialmente misturados: os efeitos baroclínicos geram um escoamento tridirecional – corrente residual para montante entre a crista e a cava da onda, para jusante abaixo da cava da onda, e para montante junto ao fundo

Escoamento em duas camadas



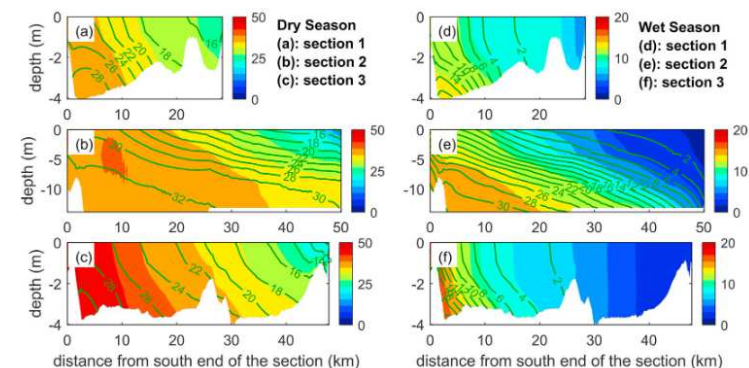
Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



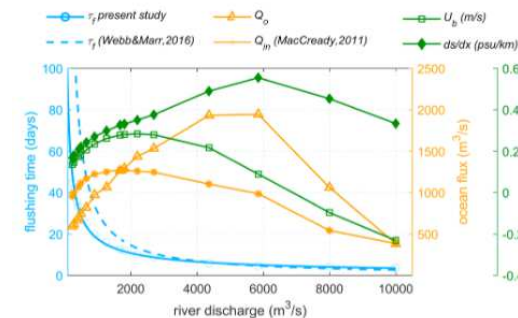
Efeitos baroclínicos e renovação de água

- Influência importante na renovação da água nos estuários (trocas de água entre o estuário e o oceano)
-> muito relevante para a qualidade da água, afetando processos químicos e biológicos
- Exemplo – Mobile Bay: Para caudais fluviais baixos / moderados, os efeitos baroclínicos têm uma influência da mesma ordem de grandeza magnitude descarga fluvial; esta influência diminui com o aumento do caudal fluvial

Perfis verticais da idade (cheio) e salinidade (linhas)



Tempo de descarga e fluxo do oceano

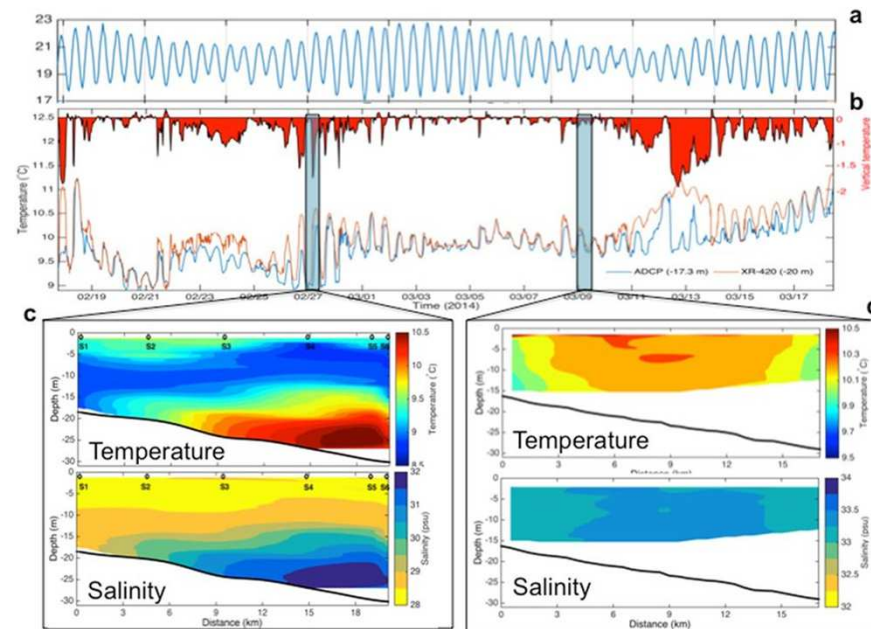
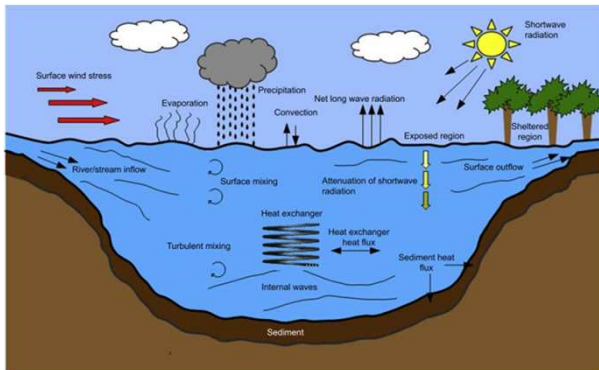


Fonte: Du et al., 2018

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água

Processos que controlam a estratificação

- Caudal fluvial
- Trocas térmicas
- Precipitação/evaporação
- Tensões de superfície e fundo (e.g., vento, ondas)



Fonte: Liu et al., 2018

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água

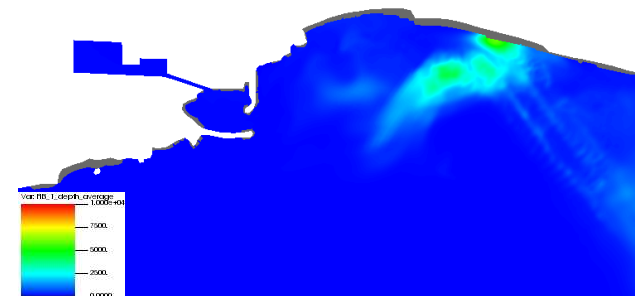
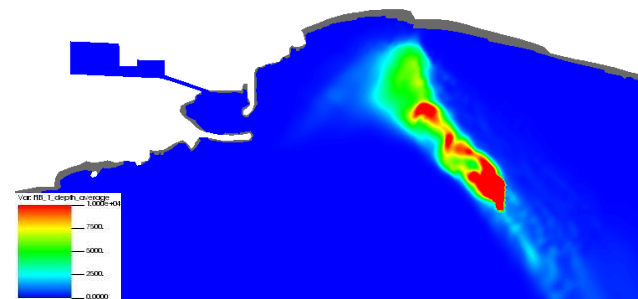


Qualidade da água

- Circulação
- Variáveis atmosféricas
- Fontes de contaminação



Descarga de emissário submarino



Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Formulação física

Equações de Navier-Stokes,
com as aproximações hidrostática e de Boussinesq:

$$\frac{D\mathbf{u}}{Dt} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial z} \right) - g \nabla \eta + \mathbf{F}$$

↓
Elevação
da superfície livre

Equação de momento:

$$\mathbf{F} = \underbrace{f(v, -u)}_{\text{Coriolis}} - \underbrace{\frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \nabla \rho d\zeta}_{\text{Termo baroclínico}} - \underbrace{\frac{\nabla p_A}{\rho_0}}_{\text{Pressão atmosférica}} + \underbrace{\mathbf{F}_m + other}_{\text{Viscosidade horizontal}}$$

Equação da continuidade:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \nabla \cdot \int_{-h}^\eta \mathbf{u} dz = 0$$

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Formulação física - especificações adicionais em 3D

Resolver as equações de transporte de sal e calor para determinar a densidade

- Equação de estado (densidade): $\rho = \rho(S, T, p)$
- Equação de transporte:
$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{u}C) = \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial C}{\partial z} \right) + \underbrace{F_h}_{\text{Difusão horizontal + Fontes e sumidouros}}$$

Determinar a viscosidade vertical através do fecho de turbulência

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Equação de transporte – contaminação fecal, traçador genérico

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\kappa \frac{\partial C}{\partial z} \right) + F_c + \Lambda C$$

Termo de fontes e sumidouros

Contaminação fecal:

$$\Lambda C = \underbrace{-k_d C}_{\text{Mortalidade}} - \underbrace{f_s v_s \frac{\partial C}{\partial z}}_{\text{Sedimentação}}$$

Traçador genérico:

$$\Lambda C = \underbrace{-k_d C}_{\text{Decaimento}}$$

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Estabelecimento do modelo 3D

Domínio do modelo

- Malha horizontal
- Malha vertical

Condições de fronteira

- Modelos forçadores
 - ✓ Oceano
 - ✓ Atmosférico
 - ✓ Bacia

Parâmetros

- Passo de cálculo
- Fecho de turbulência
- Atrito de fundo
- ...

Condições iniciais

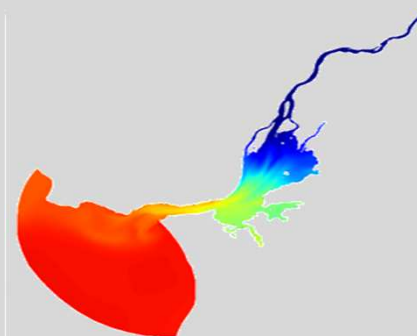
- Campos de salinidade e temperatura
- ...

Calibração

Validação

Resultados

- Avaliação
- Análise



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Criar uma aplicação 3D no OPENCoastS⁺



- **Passo 1:** Selecionar a configuração, versão do modelo e duração
- **Passo 2:** Carregar e validar as malhas horizontais e verticais
- **Passo 3:** Especificar as condições de fronteira
- **Passo 4:** Definir estações para séries temporais
- **Passo 5:** Definir os parâmetros físicos e numéricos hidrodinâmicos
- **Passo 6:** Definir os parâmetros com variação espacial
- *Passo 7: Definir condições fronteira, iniciais e fontes da qualidade**
- **Passo 8:** Rever e submeter

*Passo 7: não existe para esta situação, pelo que a plataforma salta do passo 6 para o passo 8

Selecione tipo de corrida:

Simulação Baroclínica:

☐ Não

☒ Sim (3D)

Ondas:

☒ Não

☐ Sim

Qualidade da Água:

☒ Não

☐ Traçador Genérico

☐ Contaminação Fecal

Selecione um modelo (*):

Selecione um período (*):

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Criar uma aplicação 3D no OPENCoastS+

Assistente de Configuração Novo Sistema Guardar

Passo 1 Passo 2 Passo 3 Passo 4 Passo 5 Passo 6

Modelo Domínio Fronteiras Estações Parâmetros Hidrodinâmicos Dados adicionais

Carregar Malha

Neste passo terá de fornecer a malha de cálculo na qual será feita a previsão, de acordo com o formato estabelecido no representará o domínio geográfico em estudo. Deverá também indicar os sistemas de coordenadas horizontal e vertical. Para corridas do tipo 3D terá, adicionalmente à malha horizontal, é necessário também fornecer uma malha vertical.

Selecione uma malha horizontal (*): 184_hgrid.gr3

Selecione uma malha vertical (*): 184_vgrid.in

Sistema de Referência de Coordenadas da Malha: 20790

Referencial Vertical da Malha: 0

Calcular sugestão para o passo de cálculo (dt): ☐ Pode aumentar significativamente o tempo de processamento.

Obter imagens de satélite para a malha definida: ☒ As imagens de satélite só estarão disponíveis ao final do dia de hoje.

Passo 2: Carregar e validar as malhas horizontal e vertical

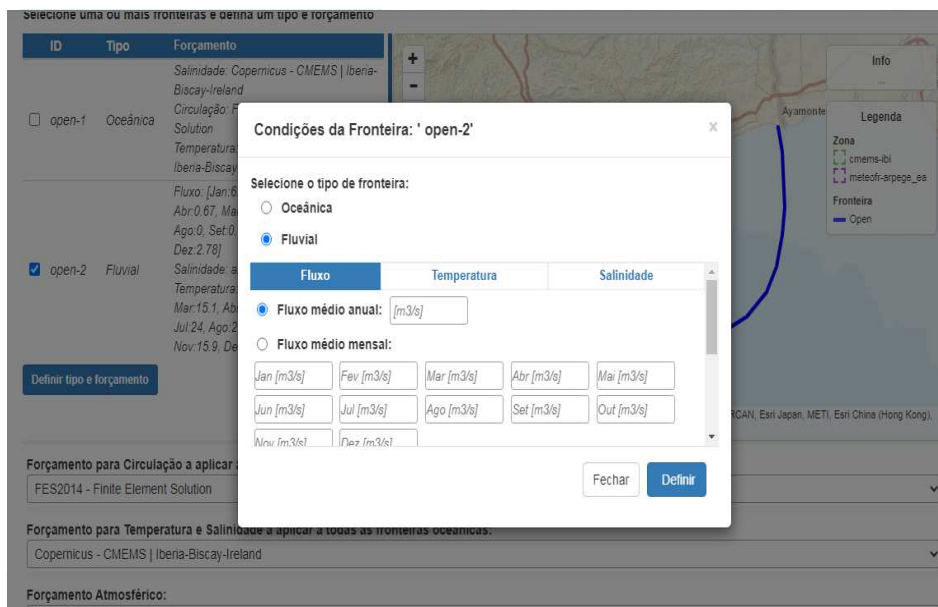
Malha: SCHISM/SELF/ADCIRC
Referência vertical: NMM



Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Criar uma aplicação 3D no OPENCoastS⁺



Passo 3: especificação das condições de fronteira

- Especificar: elevação nas fronteiras de mar, caudal fluvial nas fronteiras de rio
- Selecionar a fronteira carregando na caixa, escolhendo a tipologia
- Se carregarmos em várias fronteiras em simultâneo, as condições serão iguais em todas
- As condições são sempre as mesmas nas fronteiras oceânicas
- Para os rios é usada climatologia mensal ou anual, ou fonte de previsões do caudal

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Criar uma aplicação 3D no OPENCoastS⁺

Assistente de Configuração ID25 Novo Sistema Guardar

Passo 1 Passo 2 Passo 3 **Passo 4** Passo 5 Passo 6 Passo 7 Passo 8

Modelo Domínio Fronteiras **Estações** Parâmetros Hidrodinâmicos Dados adicionais Qualidade da Água Submissão

Definir Estações

Neste passo o utilizador define as estações (sensores virtuais) nas quais pretende obter séries temporais de previsão com a total resolução do modelo. Estas poderão ser locais onde existam dados em tempo real, estações pré-identificadas (estações de comparação) ou outros locais de interesse (estações virtuais).

Marque/desmarque as estações que pretende usar. Pode adicionar novas estações marcando uma localização no mapa ou com o botão Nova Estação.

Nota: se a lista estiver vazia à partida isso significa que não existem estações de observação localizadas dentro do domínio da malha.

Name	Latitude	Longitude	Comparison
<input type="checkbox"/> LaRocheleTG	46.15067	-1.23318	LaRocheleTG (46.15067, -1.23318)
<input type="checkbox"/> PortBlocTG	45.57033	-1.06878	PortBlocTG (45.57033, -1.06878)
<input type="checkbox"/> SocoaTG	43.40009	-1.68010	SocooaTG (43.40009, -1.68010)

New Station

Name	Latitude	Longitude	Comparison
<input type="checkbox"/> LaRocheleTG	46.15067	-1.23318	LaRocheleTG (46.15067, -1.23318)
<input type="checkbox"/> PortBlocTG	45.57033	-1.06878	PortBlocTG (45.57033, -1.06878)
<input type="checkbox"/> SocooaTG	43.40009	-1.68010	SocooaTG (43.40009, -1.68010)
<input checked="" type="checkbox"/> Santander	43.493746	-3.77037	SantanderTG (43.493746, -3.77037)
<input checked="" type="checkbox"/> North Santona	43.480793	-3.410568	North SantonaTG (43.480793, -3.410568)

Previous Restart step

New Station

Passo 4: Definir estações para séries temporais

- São propostas ao utilizador as estações da EMODNet Physics dentro do domínio (depois é só selecionar as que queremos usar)
- Até 5 estações em cada aplicação
- As estações podem ser reais ou virtuais (só extração dos resultados do modelo)
- Estações reais ou virtuais – resultados aparecem automaticamente no VISUALIZADOR e pode-se fazer download dos ficheiros com o passo de cálculo do modelo

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água

Criar uma aplicação 3D no OPENCoastS⁺



Assistente de Configuração ID-25 Novo Sistema Guardar

Passo 1 Passo 2 Passo 3 Passo 4 **Passo 5** Passo 6 Passo 7 Passo 8

Modelo Domínio Fronteiras Estações **Parâmetros Hidrodinâmicos** Dados adicionais Qualidade da Água Submissão

Definir Parâmetros Hidrodinâmicos de entrada

Para o modelo escolhido é necessário definir todos os parâmetros hidrodinâmicos de entrada para a simulação deste modelo. Neste passo o utilizador partirá de um ficheiro de parâmetros hidrodinâmicos pré-definido e poderá customizar alguns dos parâmetros hidrodinâmicos.

Selecione uma das opções:

- ☒ Parâmetros predefinidos
- ☐ Customizar parâmetros

[Abrir Template param.nml](#)

Method for computing velocity at nodes (indvel):

- ☒ 0 | conformal linear shape function
- ☐ 1 | averaging method

Stabilization methods

Horizontal viscosity option (ihorcon):

- ☒ 0 | no viscosity
- ☐ 1 | Laplacian
- ☐ 2 | bi-harmonic

```
!parameter inputs via namelist convention.
!(1) Use ' ' (single quotes) for chars;
!(2) Integer values are fine for real vars/arrays;
!(3) if multiple entries for a parameter are found, the last one wins - please avoid this
!(4) array inputs follow column major (like FORTRAN) and can spill to multiple lines
!(5) space allowed before/after '='

$SCORE
!=====
! Core (mandatory) parameters; no defaults
!=====
! Pre-processing option. Useful for checking grid violations.
ipre = 0 !Pre-processor flag (1: on; 0: off)

! Baroclinic/barotropic option. If ibc=0 (baroclinic model), ibtp is not used.
ibc = 0 !Baroclinic option
ibtp = 0

rnday = 2 !total run time in days
dt = 30. !Time step in sec

! Grid for WMH (USE_WMH)
msc2 = 24 !same as msc in .nml ... for consistency check between SCHISM and WMH
mdc2 = 24 !same as mdc in .nml

! Define # of tracers in tracer modules (if enabled)
ntracer_gen = 0 !user defined module (USE_GEN)
ntracer_age = 0 !age calculation (USE_AGE). Must be =2*N where N is # of age tracers
sed_class = 0 !SED3D (USE_SED)
eco_class = 0 !EcoSim (USE_ECO): must be between [25,60]

! Global output controls
nspool = 60 !output step spool
ihfskip = 1440 !stack spool; every ihfskip steps will be put into 1_", 2_", etc...
/

$OPT
```

Passo 5: Definir parâmetros hidrodinâmicos

- Condições propostas com base no extenso conhecimento do LNEC a usar o modelo SCHISM
- Alguns parâmetros são livres – Liberdade limitada para assegurar robustez!

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Criar uma aplicação 3D no OPENCoastS⁺

Assistente de Configuração ID:25 Novo Sistema Guardar

Passo 1 Passo 2 Passo 3 Passo 4 Passo 5 Passo 6 Passo 7 Passo 8

Modelo Domínio Fronteiras Estações Parâmetros Hidrodinâmicos Dados adicionais Qualidade da Água Submissão

Informação Adicional ? ?

Neste passo o utilizador deverá seleccionar alguns parâmetros adicionais do modelo, podendo especificar valores ou carregar um ficheiro quando existir variabilidade espacial dos mesmos. Para a previsão da qualidade da água, o utilizador tem de seleccionar aqui a formulação de decaimento e indicar os valores ou ficheiros de condições iniciais.

Albedo [-]

Selecione uma das opções:

- ☒ Customizar valor
- ☐ Carregar ficheiro

Constante:

Water type - integer between 1 and 7

Selecione uma das opções:

- ☒ Customizar valor
- ☐ Carregar ficheiro

Constante:

Temperature [°C] - Initial conditions

Selecione uma das opções:

- ☒ Customizar valor
- ☐ Carregar ficheiro

Constante:

Passo 6: Informação adicional

- Condições iniciais: salinidade, temperatura
- Parâmetros com variação espacial (albedo, coeficiente de atrito, tipo de água)

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água

Criar uma aplicação 3D no OPENCoastS⁺



Assistente de Configuração 80/25 Novo Sistema Guardar

Passo 1 Passo 2 Passo 3 Passo 4 Passo 5 Passo 6 Passo 7 Passo 8

Modelo Domínio Fronteiras Estações Parâmetros Hidrodinâmicos Dados adicionais Qualidade da Água Submissão

Submeter Sistema de Previsão

Confirme as configurações selecionadas e ative o sistema de previsão.

Sumário

1 Modelo

2 Domínio

Ficheiro	EPSG	Ref. Vert.	Elementos	Nós	Fronteiras
184_n	20790	0.00m	192824	98308	Open 2; Land 2; Island 7
grid.gr					
184_y					
grid.in					

Submeter

Nome (*): Air Centre

Descrição: simulação costa algarvia para contaminação fecal

☒ Aceito Termos e Condições de Utilização

Ativar Sistema

Passo 8: Rever e submeter

- Possibilidade de descarregar os ficheiros de input para uso fora da plataforma
- Possibilidade de voltar a qualquer passo (após o Passo 2)

Sistemas de Previsão

Gestão de Sistemas

ID	Modelo	Nome	Dados	Estado
25	SCHISM-S 8 (48h) (Sim (3D))	Air Centre	Criado a 03/10/2022 5:19 p.m. Inicio: 03/11/2022 Fim: 04/10/2022	Ativo
Criado por: soliveira@inec.pt simulação costa algarvia para contaminação fecal				
24-21	SCHISM-S 8 (48h) (Sim (3D))			Configurado
Criado por: soliveira@inec.pt				
22	SCHISM-S 8 (48h) (Não)			Ativo
Criado por: soliveira@inec.pt				
22	SCHISM-S 8 (48h) (Sim (3D))	aviso 3d com ondas	Criado a 03/01/2022 9:52 a.m. Inicio: 03/01/2022 Fim: 03/01/2022 Última corrida: 03/11/2022	Ativo
Criado por: soliveira@inec.pt				

Sistema de Previsão ID:25 ativado com sucesso. Os primeiros resultados serão gerados nas próximas 24 horas, poderá consultá-los accedendo ao Visualizador a partir do menu.

Fechar

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Criar uma aplicação 3D com qualidade da água no OPENCoastS⁺



- **Passo 1:** Selecionar a configuração, versão do modelo e duração
- Passo 2: Carregar e validar as malhas horizontais e verticais
- Passo 3: Especificar as condições de fronteira
- Passo 4: Definir estações para séries temporais
- Passo 5: Definir os parâmetros físicos e numéricos hidrodinâmicos
- Passo 6: Definir os parâmetros com variação espacial
- Passo 7: Definir condições fronteira, iniciais e fontes da qualidade
- Passo 8: Rever e submeter

Selecione tipo de corrida:

Simulação Baroclínica:

☐ Não

☒ Sim (3D)

Ondas:

☒ Não

☐ Sim

Qualidade da Água:

☐ Não

☐ Traçador Genérico

☒ Contaminação Fecal

Selecione um modelo (*): SCHISM-5.8

Selecione um período (*): 48h

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Criar uma aplicação 3D com qualidade da água no OPENCoastS⁺

Assistente de Configuração ID:26 Novo Sistema Guardar

Passo 1 Passo 2 Passo 3 Passo 4 Passo 5 **Passo 6** Passo 7 Passo 8

Modelo Domínio Fronteiras Estações Parâmetros Hidrodinâmicos **Dados adicionais** Qualidade da Água Submissão

Informação Adicional

Neste passo o utilizador deverá seleccionar alguns parâmetros adicionais do modelo, podendo especificar valores ou carregar um ficheiro quando existir variabilidade espacial dos mesmos. Para a previsão da qualidade da água, o utilizador tem de seleccionar aqui a formulação de decaimento e indicar os valores ou ficheiros de condições iniciais.

Equação de decaimento [-]

Selecione uma das opções:

Constante de E-coli:

Constante de Enterococcus:

Fração de agregação de FIB a sedimentos [-]

Selecione uma das opções:

☒ Customizar valor

☐ Carregar ficheiro

Constante:

Taxa de sedimentação da agregação de FIB a sedimentos [m/s]

Selecione uma das opções:

☒ Customizar valor

☐ Carregar ficheiro

Constante:

Condições iniciais para E-coli [UFC/100ml ou MPN/100ml]

Selecione uma das opções:

☒ Customizar valor

☐ Carregar ficheiro

Passo 6: Informação adicional

- Condições iniciais: *Sal, Temp, qualidade da água*
- *Parâmetros com variação espacial*
- Opções de formulação de decaimento: constante ou variável com condições ambientais
- Opção de considerar agregação e sedimentação com sedimentos

Equação de decaimento [-]

Selecione uma das opções:

Constante de E-coli:

Constante de Enterococcus:

Constante [1/dia]
Canteras et al. 1995
Servais et al. 2007
Chapra et al. 2004

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Criar uma aplicação 3D com qualidade da água no OPENCoastS⁺

Assistente de Configuração ID:25 Novo Sistema Guardar

Passo 1 Passo 2 Passo 3 Passo 4 Passo 5 Passo 6 Passo 7 Passo 8

Modelo Domínio Fronteiras Estações Parâmetros Hidrodinâmicos Dados adicionais Qualidade da Água Submissão

Definir condições para Qualidade de Água

Caso o utilizador tenha escolhido uma simulação envolvendo qualidade de água, deve definir as condições de forçamento das variáveis de qualidade da água nas fronteiras oceânicas e fluviais. O utilizador pode também definir outras fontes adicionais.

Selecione uma ou mais fronteiras para a qualidade da água

ID	Tipo	Forçamento
<input type="checkbox"/> open-1	Oceânica	E-coli: anual=10000 Enterococcus: anual=10000
<input type="checkbox"/> open-2	Fluvial	E-coli: anual=100000 Enterococcus: anual=100000

Definir condições para qualidade de água

Leaflet | Tiles © Esri — Source: Esri, DeLorme, NAVTEQ, USGS, Intermap, iPC, NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), TomTom, 2012

Tipo de fonte para as condições de qualidade de água:

Passo 7: Qualidade da água

- Condições de fronteira: qualidade da água (concentração)
- Existência de outras fontes de contaminação (opcional)

Condições para Qualidade de Água: 'open-1'

Selecione as condições de água para a(s) fronteira(s):

☒ E-coli ☐ Enterococcus

☒ Contaminação por E-coli média anual: 10000

☐ Contaminação por E-coli média mensal:

Jan [UFC/10L] Feb [UFC/10L] Mar [UFC/10L] Abr [UFC/10L] Mai [UFC/10L]
Jun [UFC/10L] Jul [UFC/100L] Ago [UFC/10L] Set [UFC/10L] Out [UFC/10L]
Nov [UFC/10L] Dez [UFC/10L]

Nota: valores positivos são de entrada no domínio; valores negativos são de saída do domínio

☐ Fonte de Previsão de fluxos para variáveis de qualidade de água:

Url para recolha de dados de previsão de fluxo (aceita urls dinâmicas)

Fechar Definir

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Criar uma aplicação 3D com qualidade da água no OPENCoastS⁺



Marque/desmarque as fontes que pretende usar. Pode adicionar novas fontes marcando uma localização no mapa ou com o botão Nova Fonte.
Nota: se a lista estiver vazia à partida isso significa que não existem pontos de fontes localizados dentro do domínio da malha.

Nome	Latitude	Longitude	Forçamento
Nova Fonte			
ETAR	36.990231	-7.916293	Fluxo: anual=1 Temperatura: anual=20 Salinidade: anual=0 E-coli: anual=1000000 Enterococcus: anual=10000

Nova Fonte

Passo 7: Qualidade da água

- Definição de outras fontes de contaminação: localização, caudais, salinade, temperatura e concentração

Nova Fonte

Latitude (*): 36.990231 Longitude (*): -7.916293

Nome (*):

Selecione as condições de água para a(s) fonte(s):

☒ Fluxo ☐ Temperatura ☐ Salinidade ☐ E-coli ☐ Enterococcus

☒ Fluxo médio anual: [m³/s]

☐ Fluxo médio mensal:

Jan [m ³ /s]	Fev [m ³ /s]	Mar [m ³ /s]	Abr [m ³ /s]	Mai [m ³ /s]
Jun [m ³ /s]	Jul [m ³ /s]	Ago [m ³ /s]	Set [m ³ /s]	Out [m ³ /s]
Nov [m ³ /s]	Dez [m ³ /s]			

Nota: valores positivos são de entrada no domínio; valores negativos são de saída do domínio

☐ Fonte de Previsão de fluxos para variáveis de qualidade de água:

http://

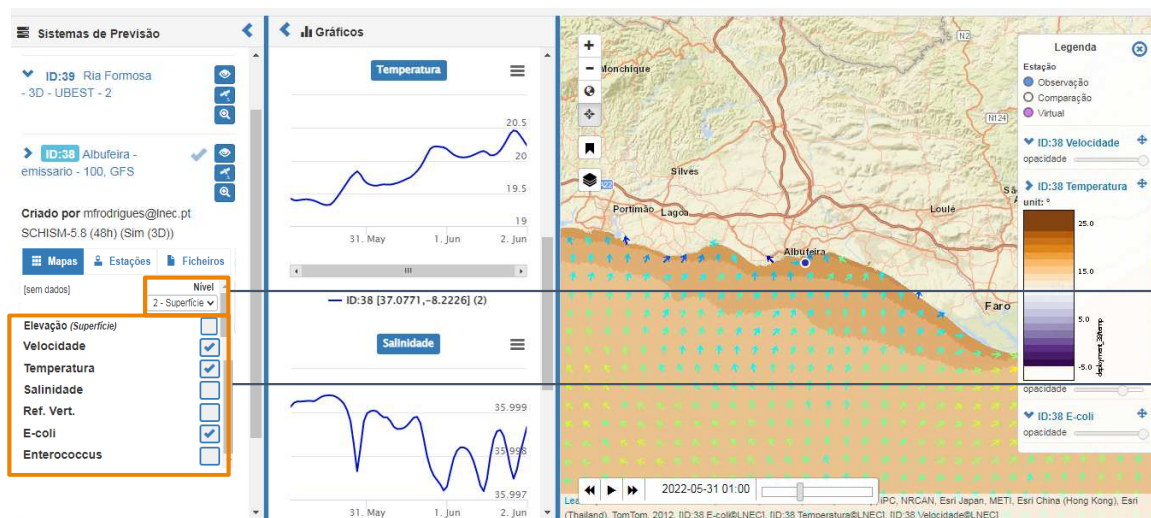
URI para recolha de dados de previsão de fluxo (aceita uris dinâmicos)

Fechar Adicionar

Previsão 3D baroclínica e de qualidade da água



Visualizar resultados da aplicação 3D com qualidade da água



• Selecionar o nível vertical

• Variáveis nas simulações 3D com qualidade da água



Questões?



EGI-ACE receives funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement no. 101017567.



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL