



Geração de malhas de elementos finitos triangulares para modelos costeiros

André Fortunato, LNEC

 eosc-hub.eu

 [@EOSC_eu](https://twitter.com/EOSC_eu)

 www.incd.pt

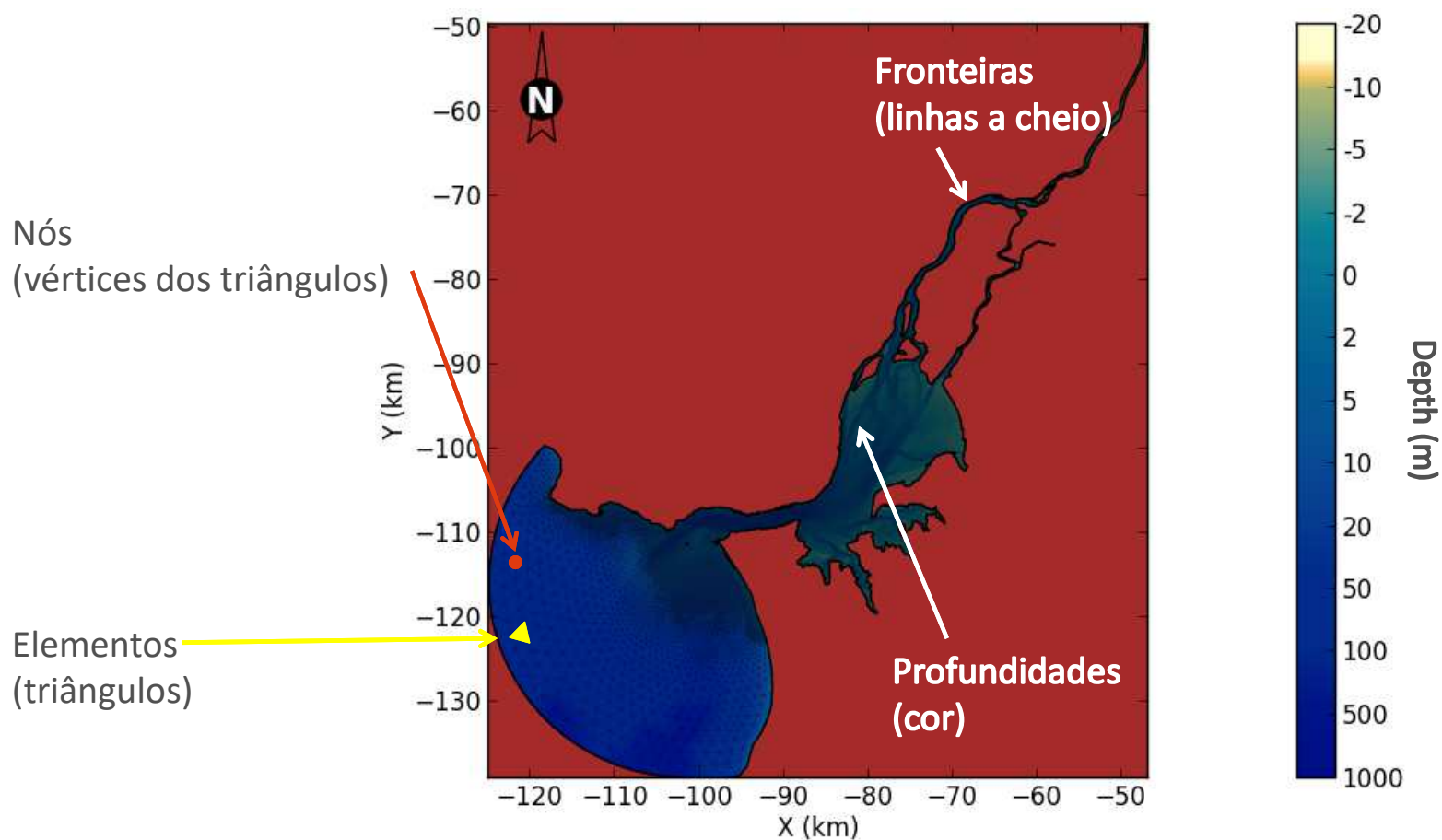


EOSC-hub receives funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 777536.

- Conceitos e teoria
 - O que é uma malha de elementos finitos?
 - Geradores de malhas
 - Geração de malhas
- Geração de uma malha com os programas xmgredit e nicegrid
 - Apresentação do software Xmgredit5
 - Exemplo de aplicação

- Os processos costeiros são descritos por equações parciais diferenciais
- Como não há soluções analíticas para estas equações, tem de ser discretizadas para ser resolvidas numericamente
- A malha de elementos finitos é uma forma de discretizar o domínio para resolver as equações
- Os nós e os elementos da malha determinam onde as equações são resolvidas
- As discretizações de elementos finitos oferecem uma descrição contínua das variáveis, com uma resolução variável

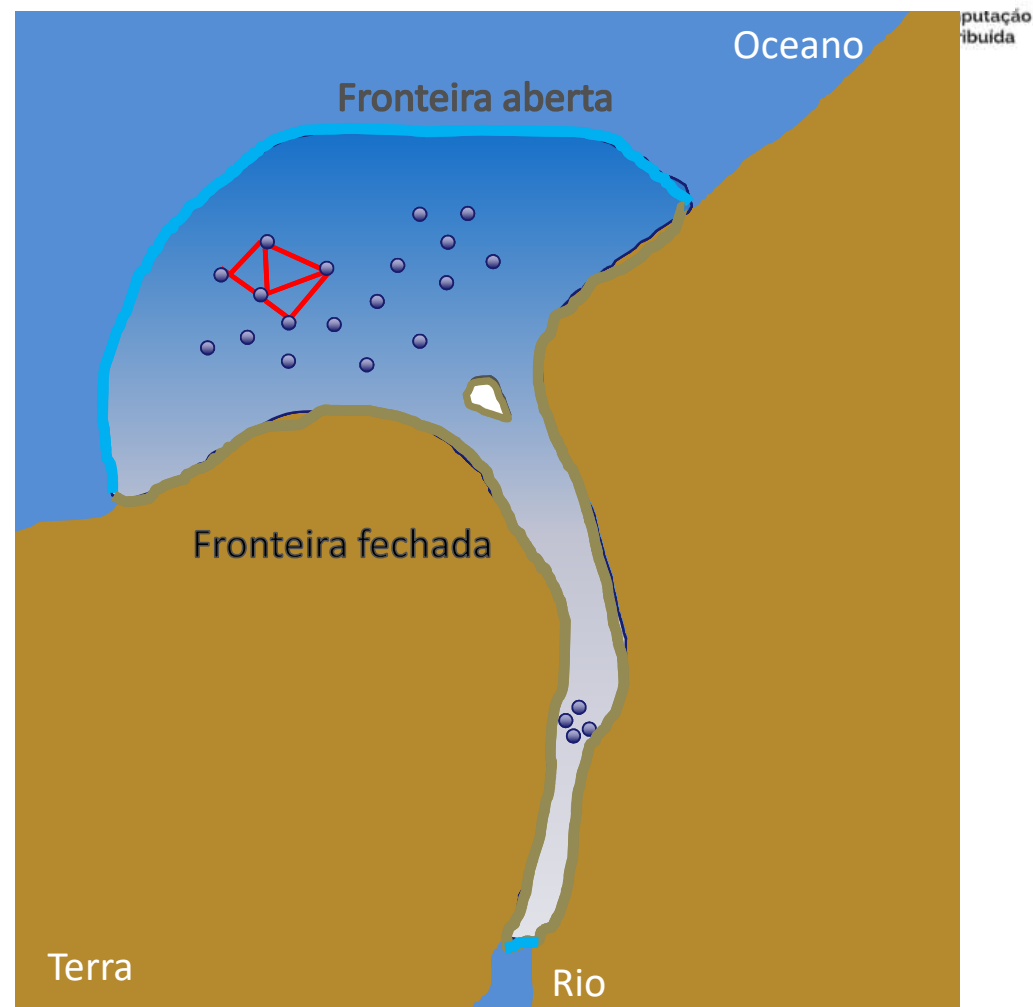
- Uma malha de elementos finitos inclui a seguinte informação:
 - Localização dos nós
 - Profundidade nos nós
 - Definição dos elementos
(lista ordenada de nós que definem cada elemento)
 - Definição das fronteiras



Nome	Colocação de nós	Triangularização	Otimização	Fronteiras	Disponibilidade
xmgrid	sim	sim	sim	sim	Gratuito
SMS	sim	sim	sim	sim	Comercial
Gmsh	sim	sim	sim	sim	Gratuito
OceanMesh2D	sim	sim	sim	sim	Gratuito
JIGSAW	sim	sim	sim	sim	Gratuito
ADmesh	sim	sim	sim	sim	Gratuito
triangle	sim	sim	não	não	Gratuito
nicegrid	não	não	sim	não	Gratuito



1. Definição do domínio
2. Colocação dos nós
3. Definição dos elementos
4. Otimização e verificação
5. Interpolação da batimetria
6. Definição das fronteiras



- *A montante:*

- *Deve estender-se para lá da propagação da maré*
- *Frequentemente limitada pela disponibilidade de batimetria*

- *A jusante:*

- *Deve ser extendida para águas profundas*
- *Evitar zonas de velocidades elevadas*
- *A fronteira deve ser geometricamente simples*

- *Exemplo*

- Definir a densidade dos nós para resolver:

- A onda de maré: o comprimento de onda adimensional $> 40-60$
- A secção transversal dos canais: $> 4-6$ nós para garantir a reprodução dos fluxos
- Fortes gradiente batimétricos
- As fronteiras sólidas
- Fortes gradientes de velocidade (e.g., jato de vazante numa embocadura)

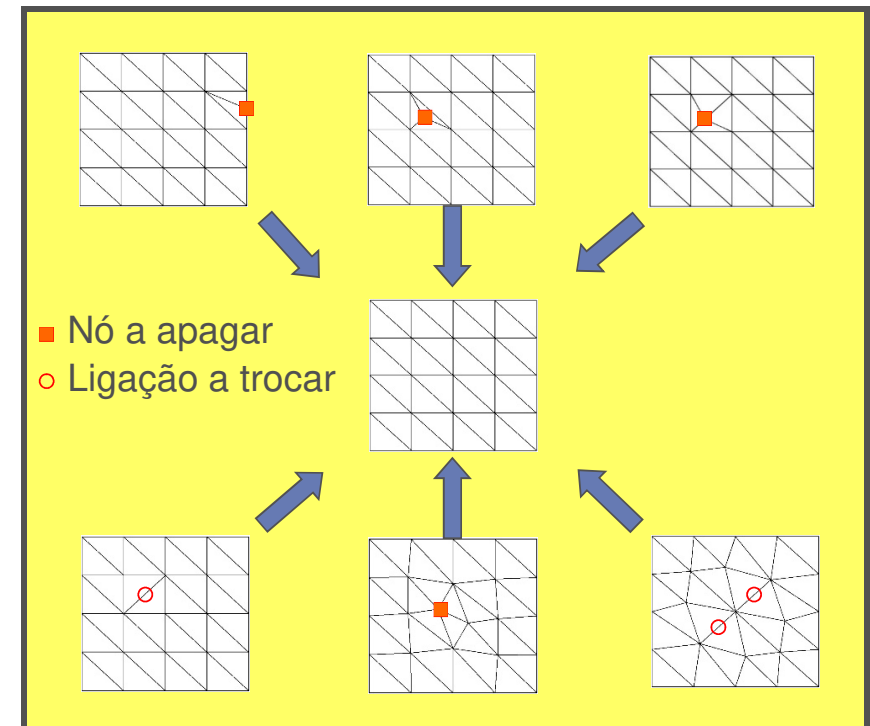
- A resolução da malha deve variar lentamente para promover a precisão e a estabilidade

Objetivos:

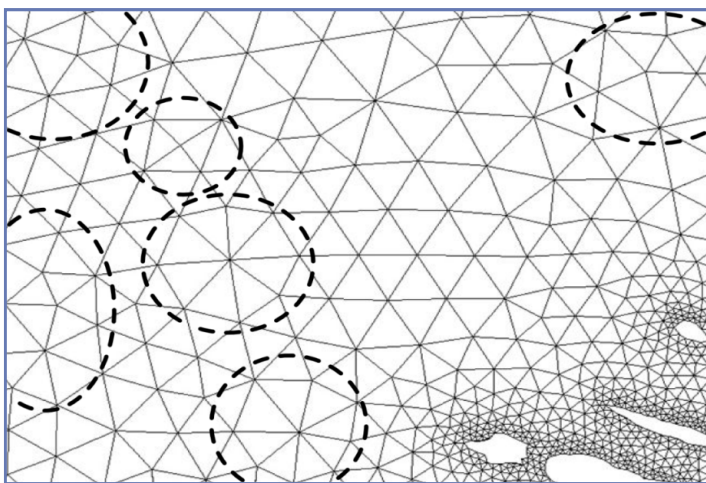
- Tornar os elementos regulares
- Transição suave entre dimensão dos elementos
- Evitar ângulos acima de 90° (alguns modelos)

Operações típicas:

- Acrescentar nós
- Eliminar nós
- Mover nós
- Trocar ligações

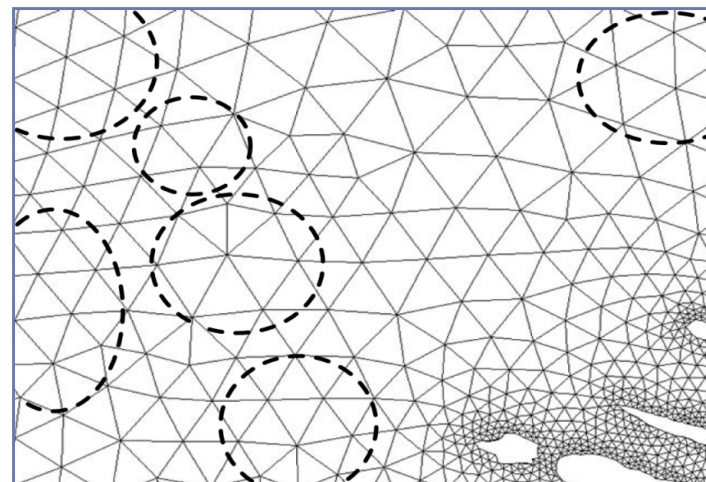
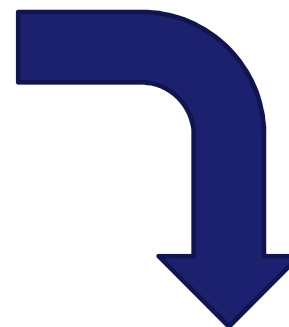


Malhas que são transformadas na que está no centro



Antes

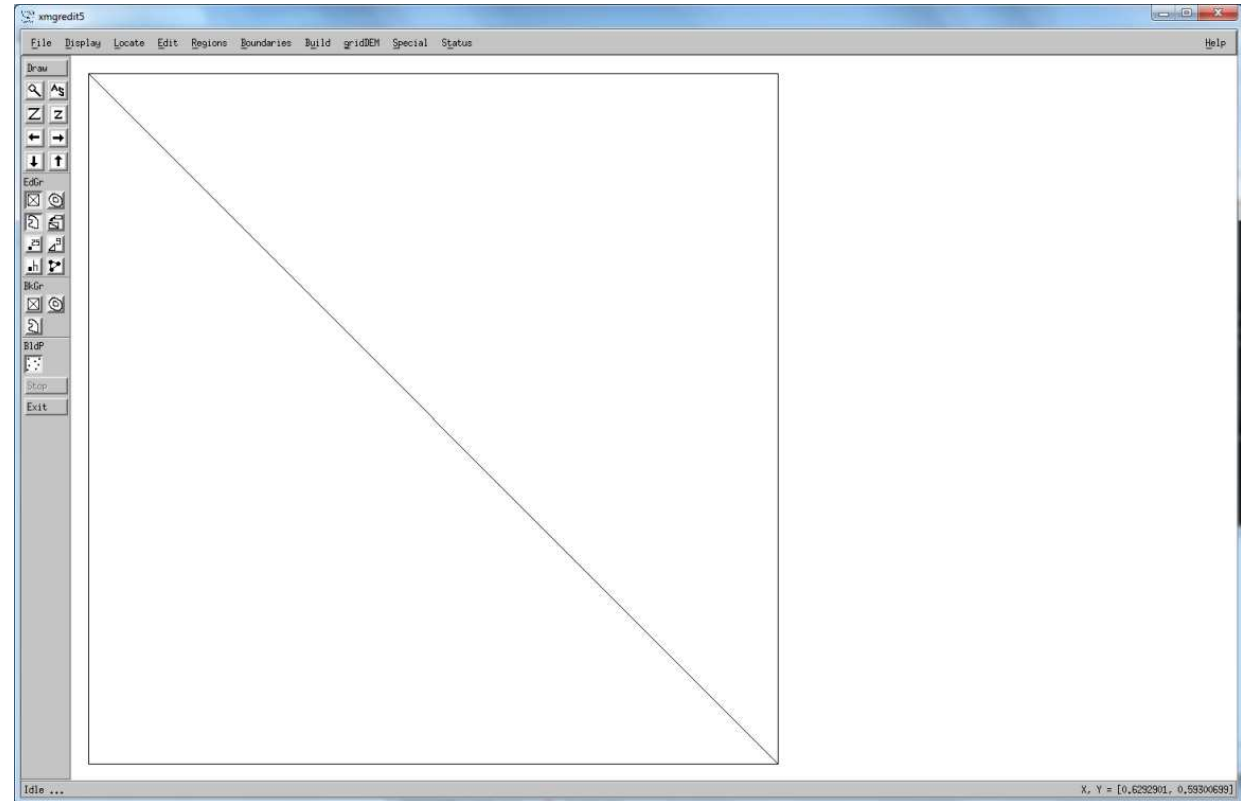
(gerada com o *xmgredit*)...

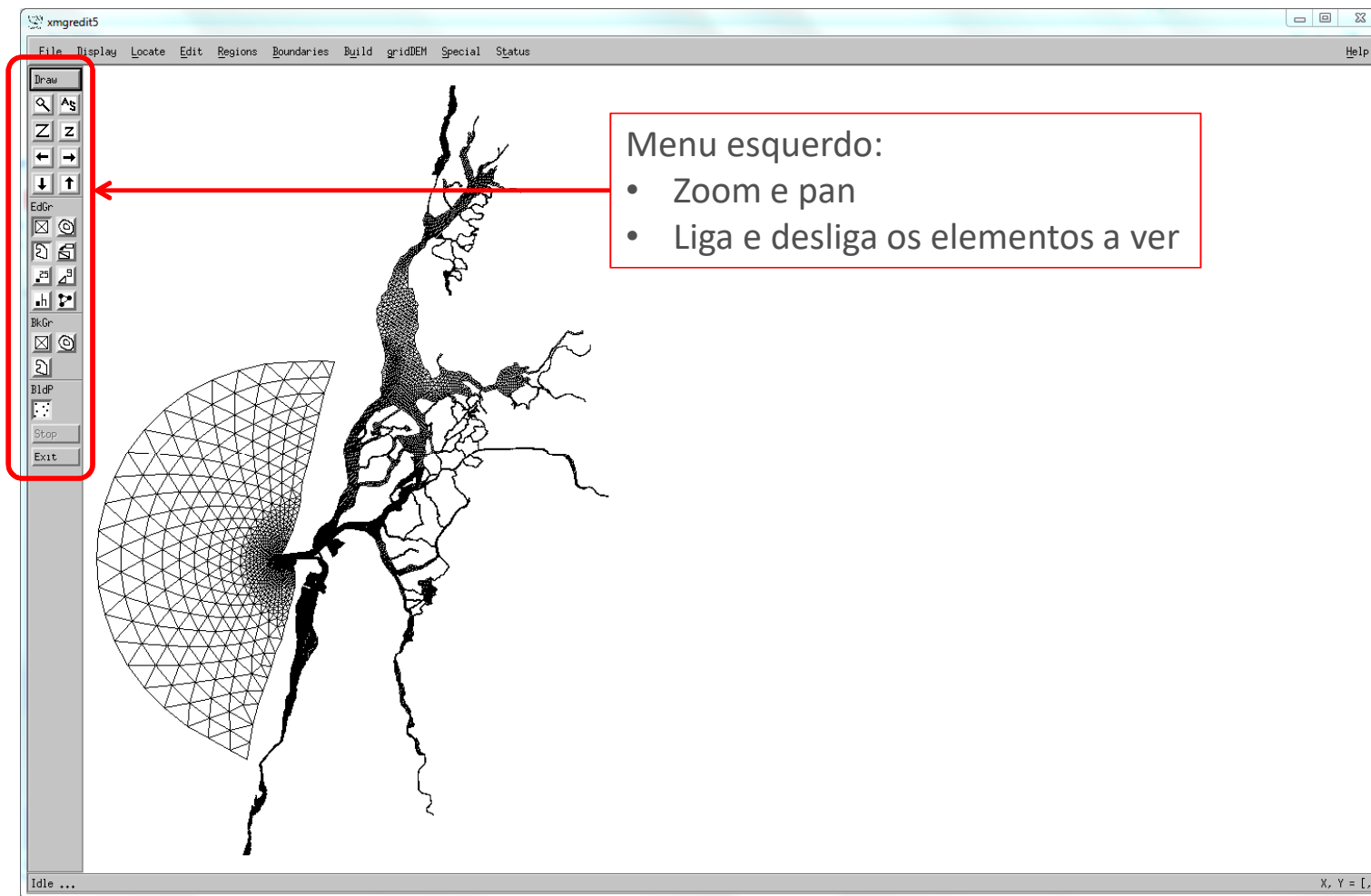


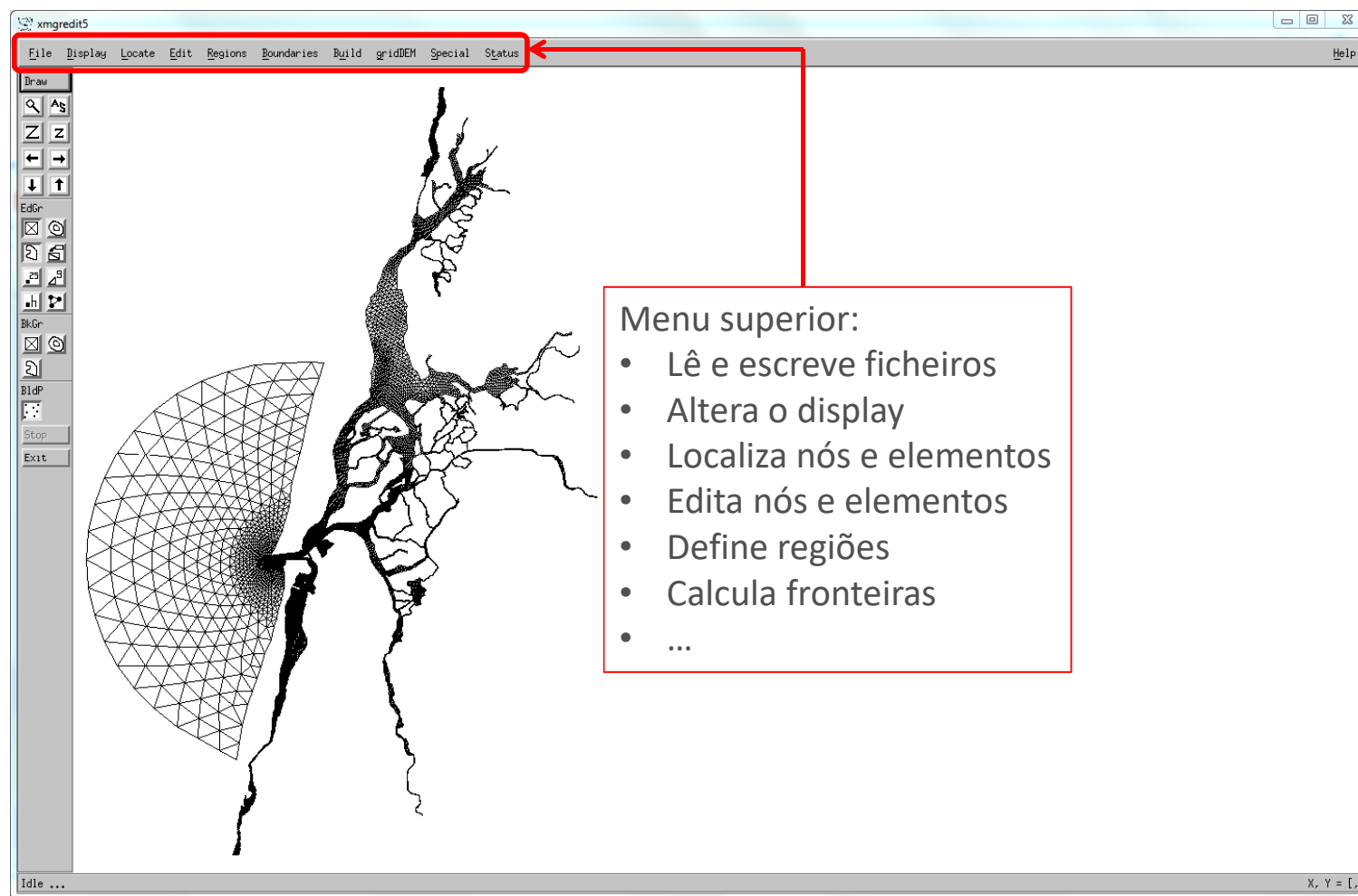
... e depois (otimizada
com o *nicegrid*)

- Gerador de malhas de elementos finitos para modelação costeira
- Gerador semi-automático
 - Colocação de nós
 - Triangularização
 - Controle de qualidade e edição da malha
 - Definição das fronteiras
 - Interpolação da batimetria
- Funciona em ambientes UNIX/LINUX e WINDOWS

- Com uma malha existente:
`xmgredit5 hgrid.gr3`
- Com um conjunto de pontos:
`xmgredit5 -b points.bpt -w`
- Sem nenhum ficheiro:
`xmgredit5 -W 0 0 1 1`

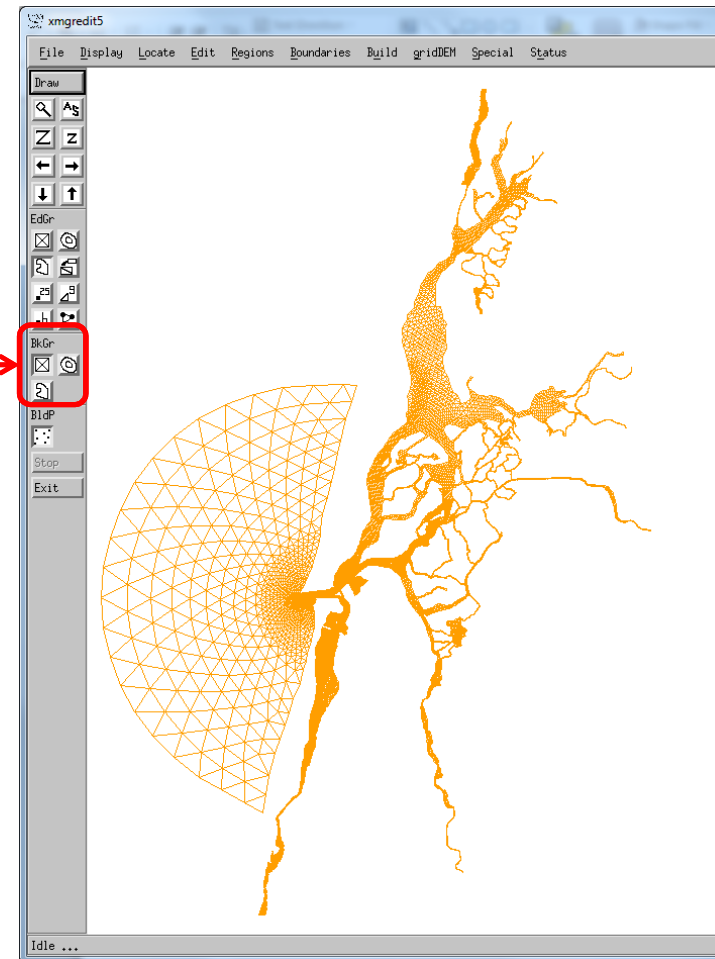






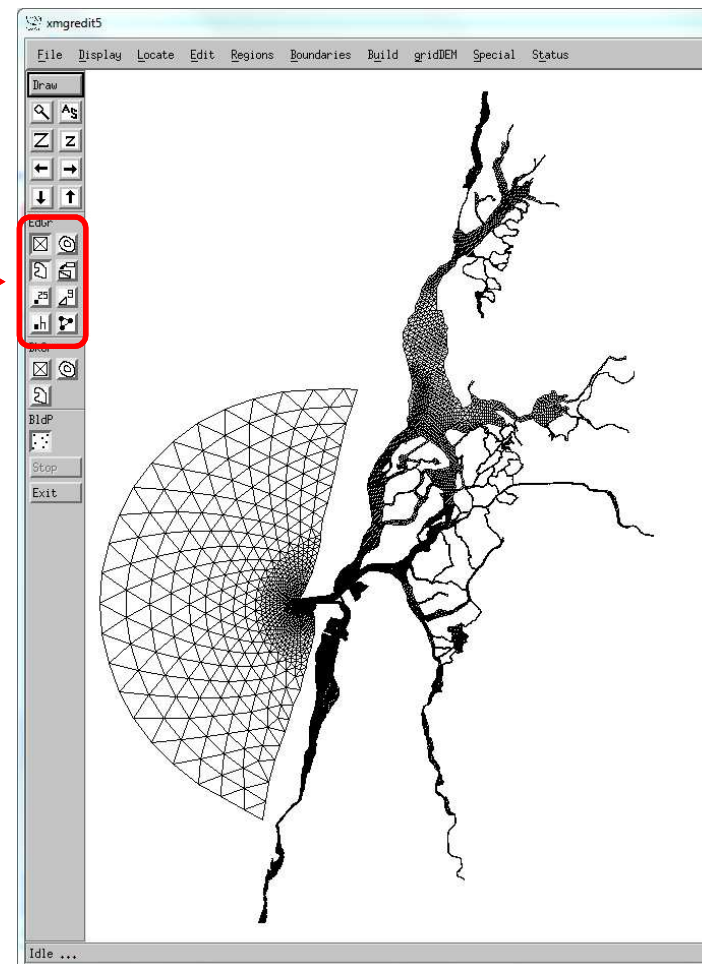
● A malha de background

- Não pode ser editada
- Normalmente contém a batimetria
- Representada a laranja



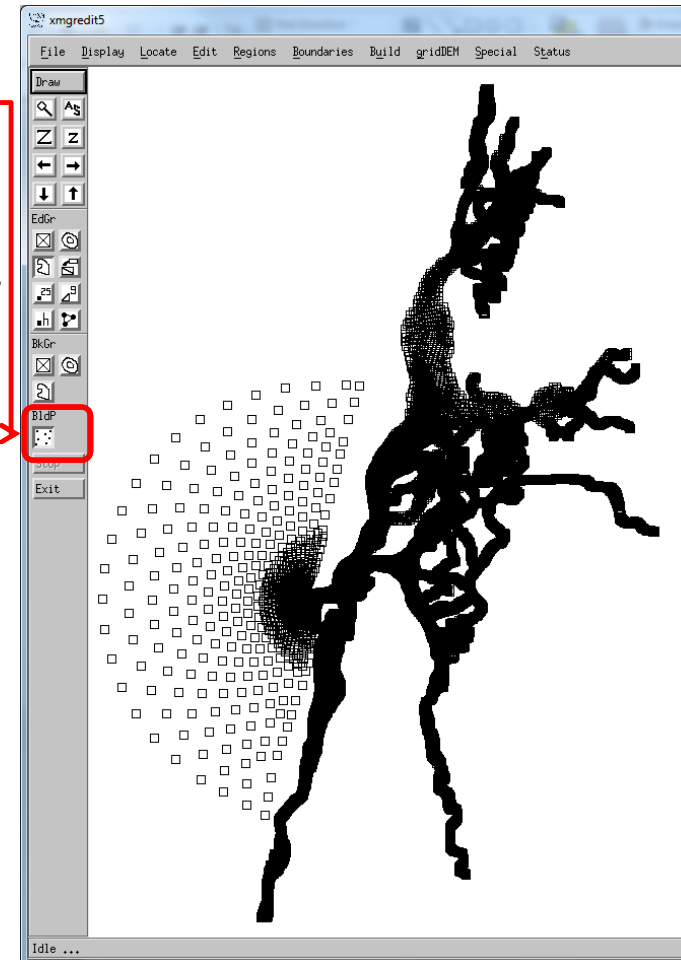
● A malha de edição

- Pode ser editada
- Representada a preto



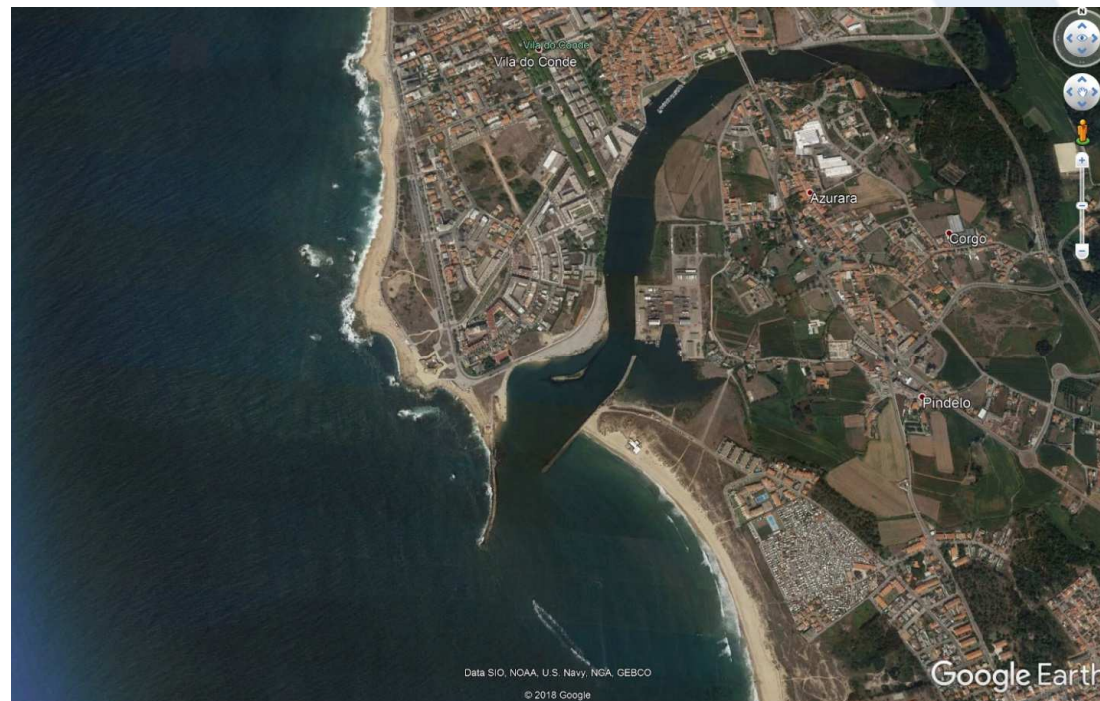
Os build points

- Podem ser criados, movidos, apagados
- Representados como quadrados pretos



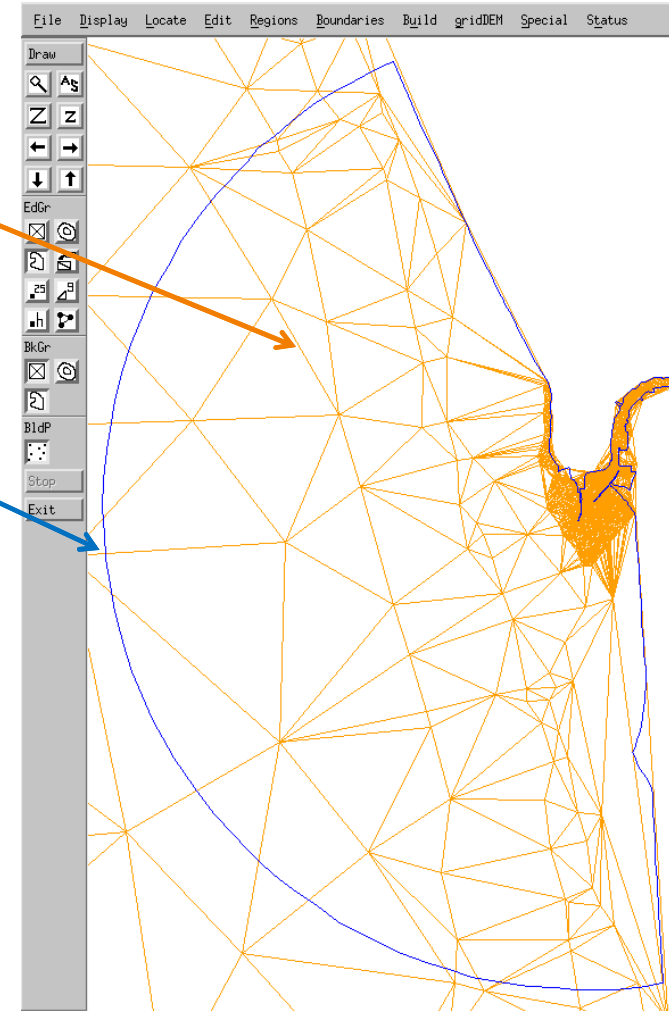
Geração automática de malhas

Com o xmgredit e o nicegrid



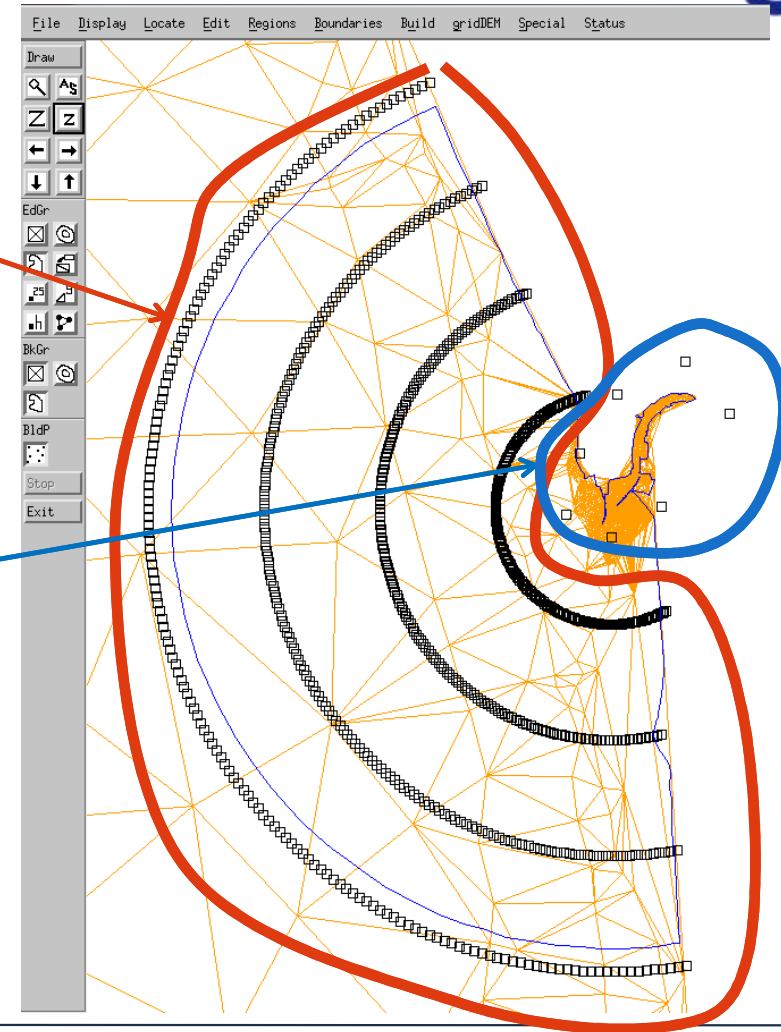
● *Malha de background*

● *Fronteira exterior*

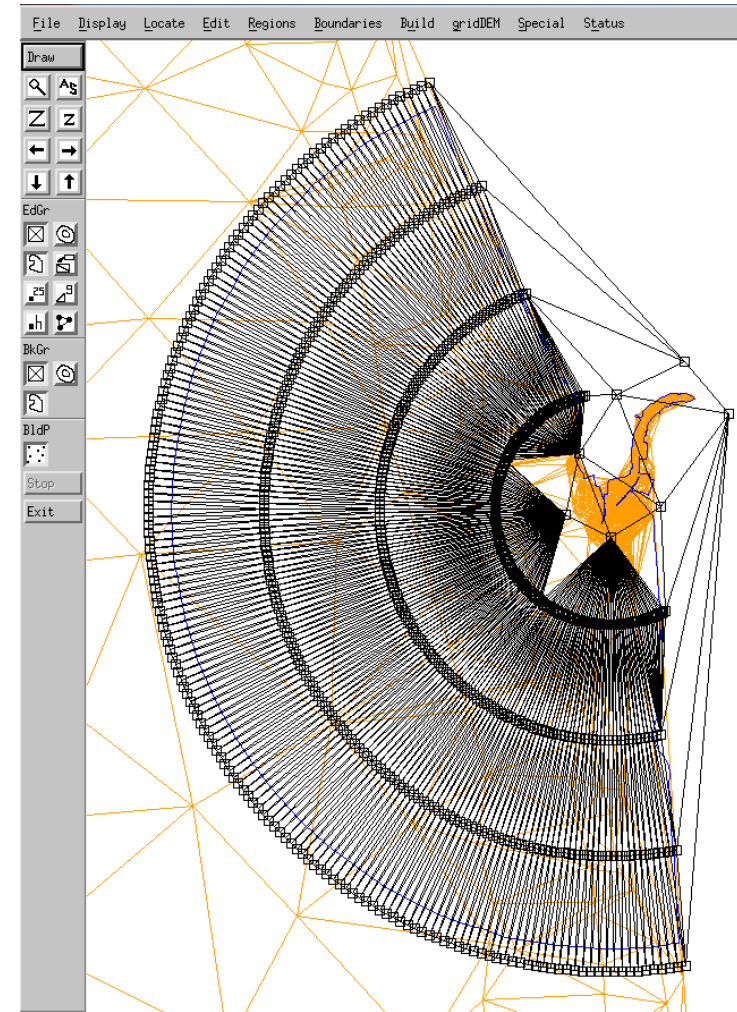


- Geração de build points com *build / circular spread*

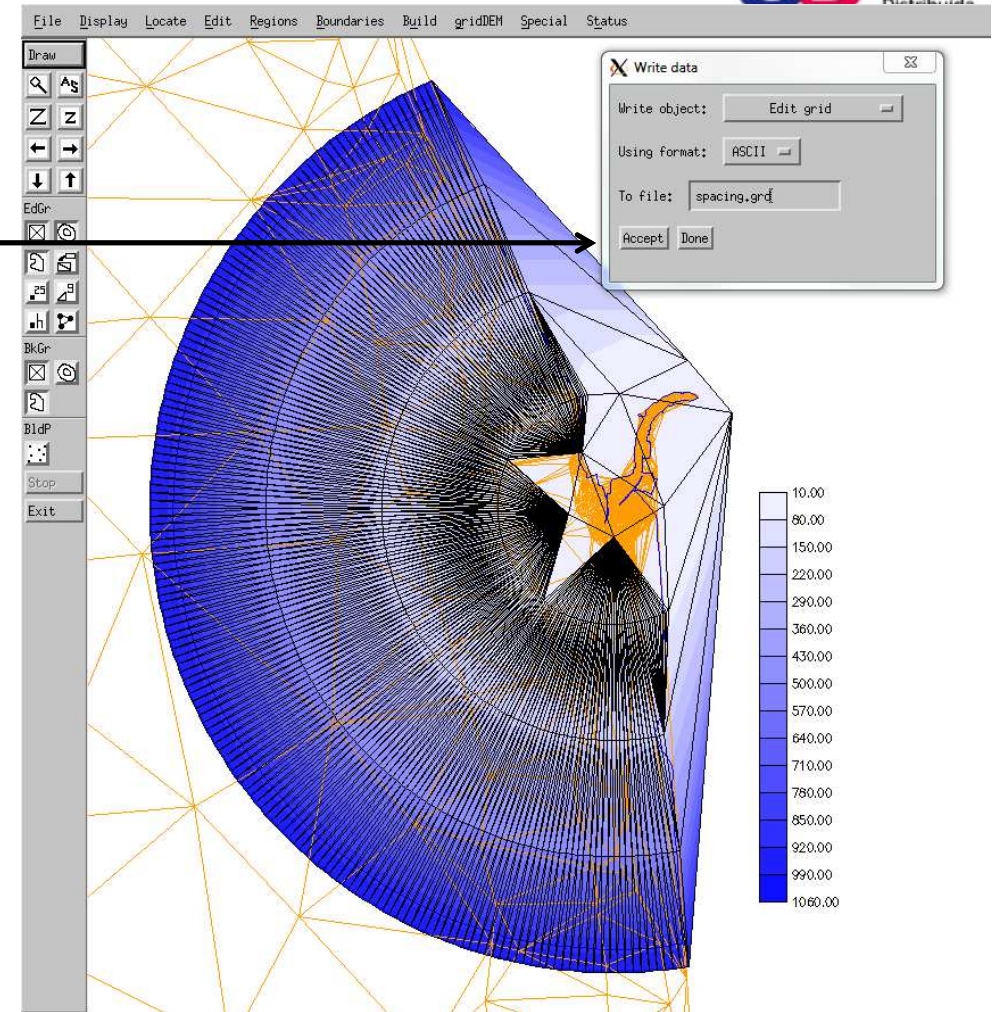
- Colocação manual de build points com *build / place build points*



- *Triangularização dos build points com **build / triangulate build points***



- Gravar malha com file / save / edit grid



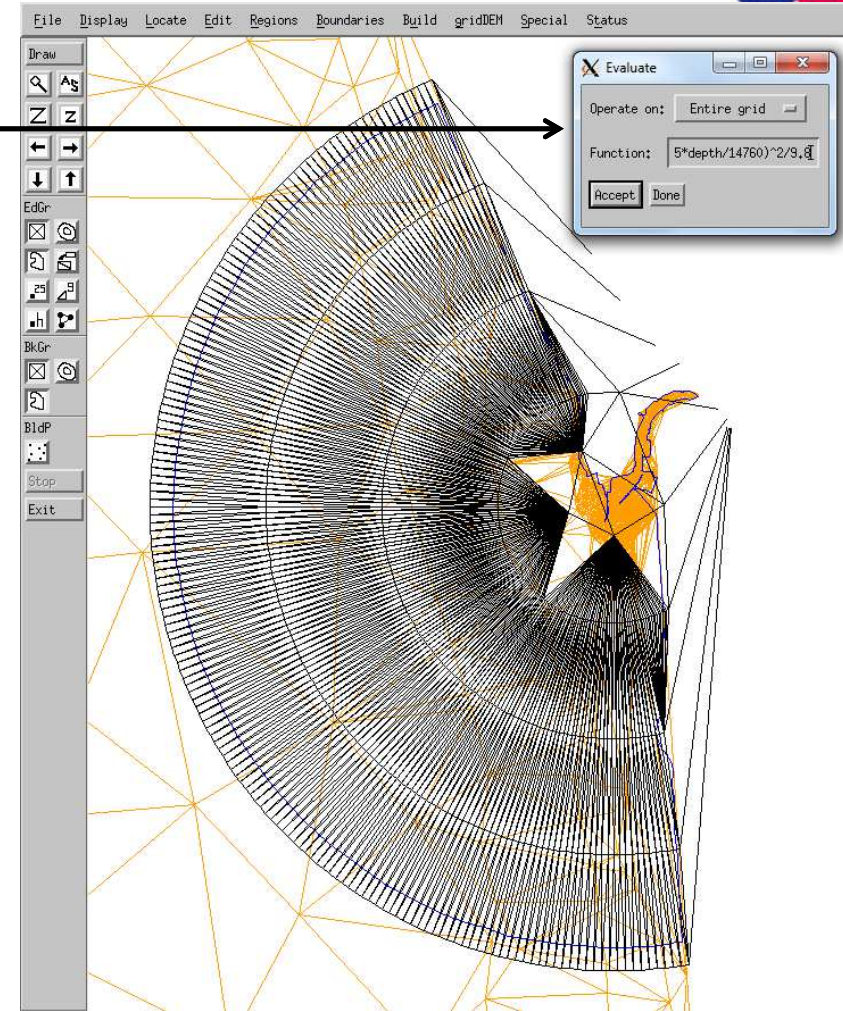
- O Xmgredit coloca pontos automaticamente com base no comprimento de onda adimensional
- Gera-se então uma batimetria falsa para se obter a resolução desejada:

$$\text{Depth} = 1/g (\alpha s / T)^2$$

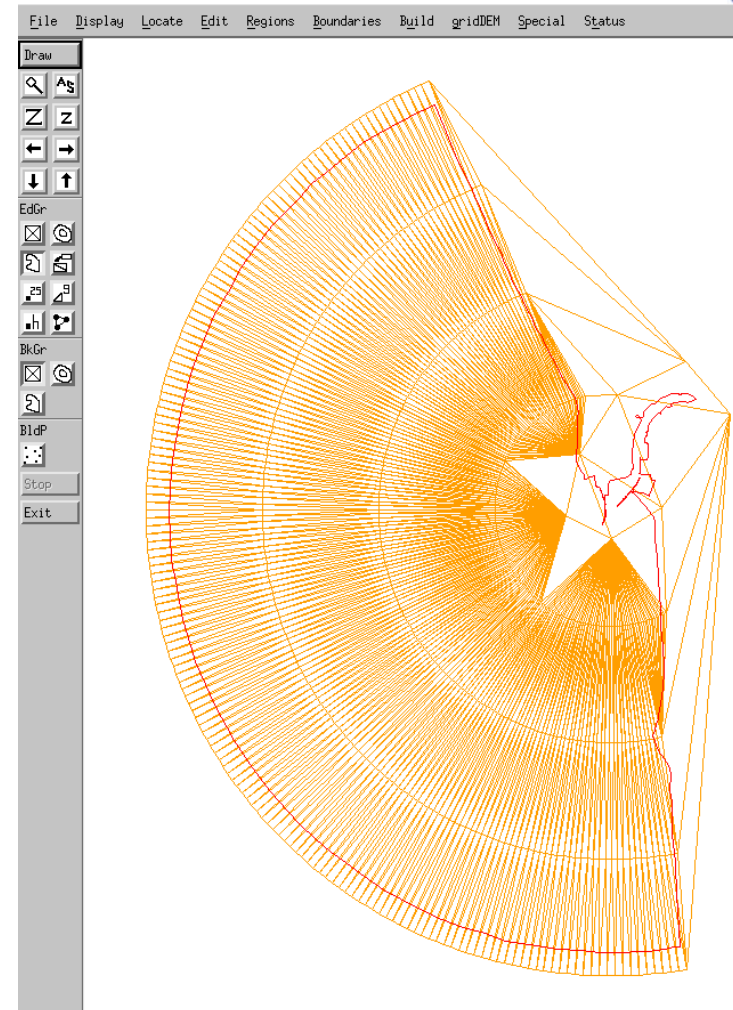
- onde

- g é a gravidade (9.8 m/s²)
- s é a densidade de nós desejada definida atrás
- α é um comprimento de onda adimensional
- T é o período da onda

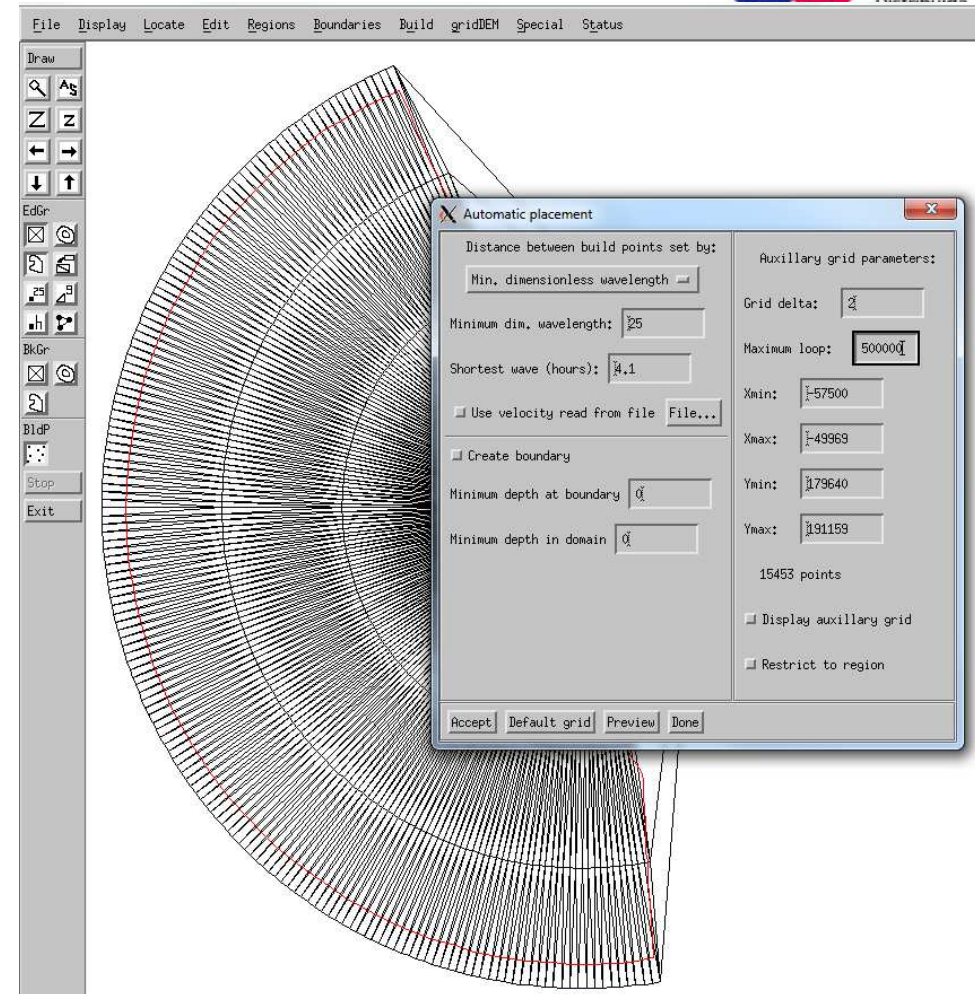
- Alterar a batimetria com *edit/ edit over grids – regions/ evaluate*
- Usamos aqui:
 - $\alpha=25$
 - $T=14760$ s
- Guardar a malha auxiliar com *file / save / edit grid* (aux.grd)



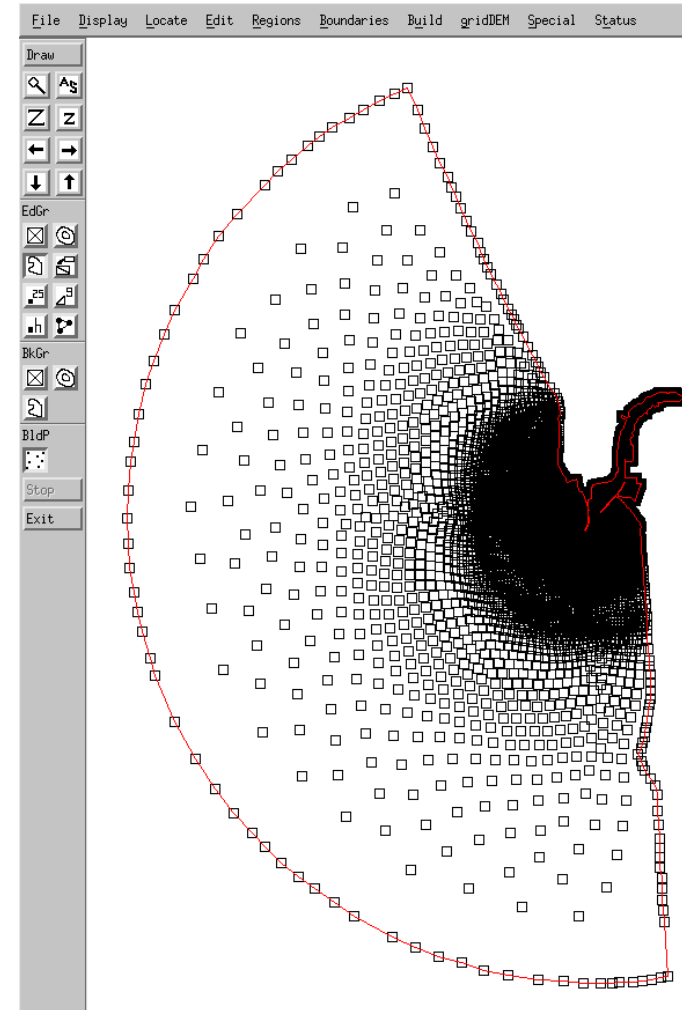
- Carregar a malha auxiliar como background grid
- Carregar os limites do domínio como edit boundary



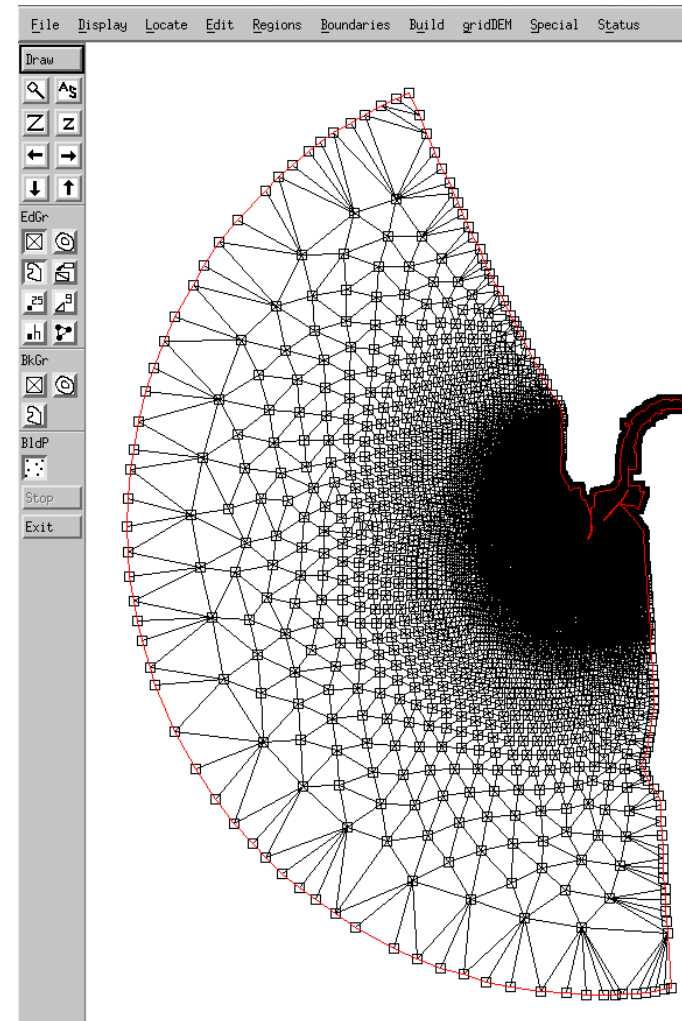
- Criar um novo conjunto de build points com *build / automatic placement*
- Usar os mesmos valores de α e T utilizados anteriormente



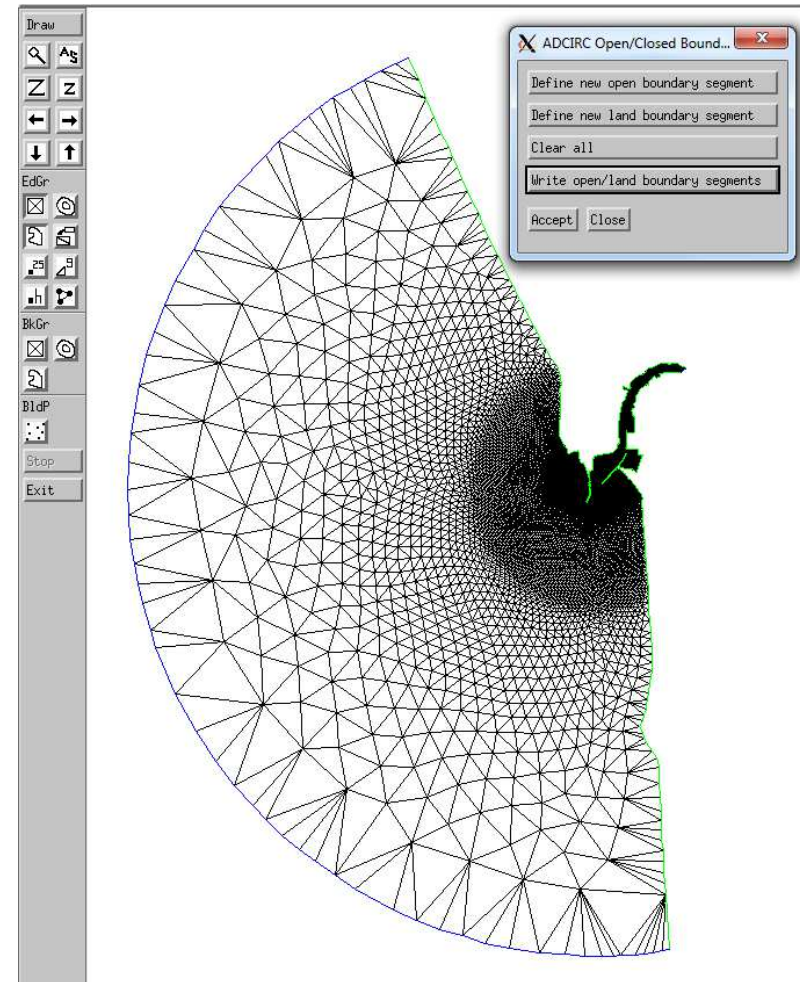
- *Um conjunto de build points é criado que obedece à densidade de nós desejada*



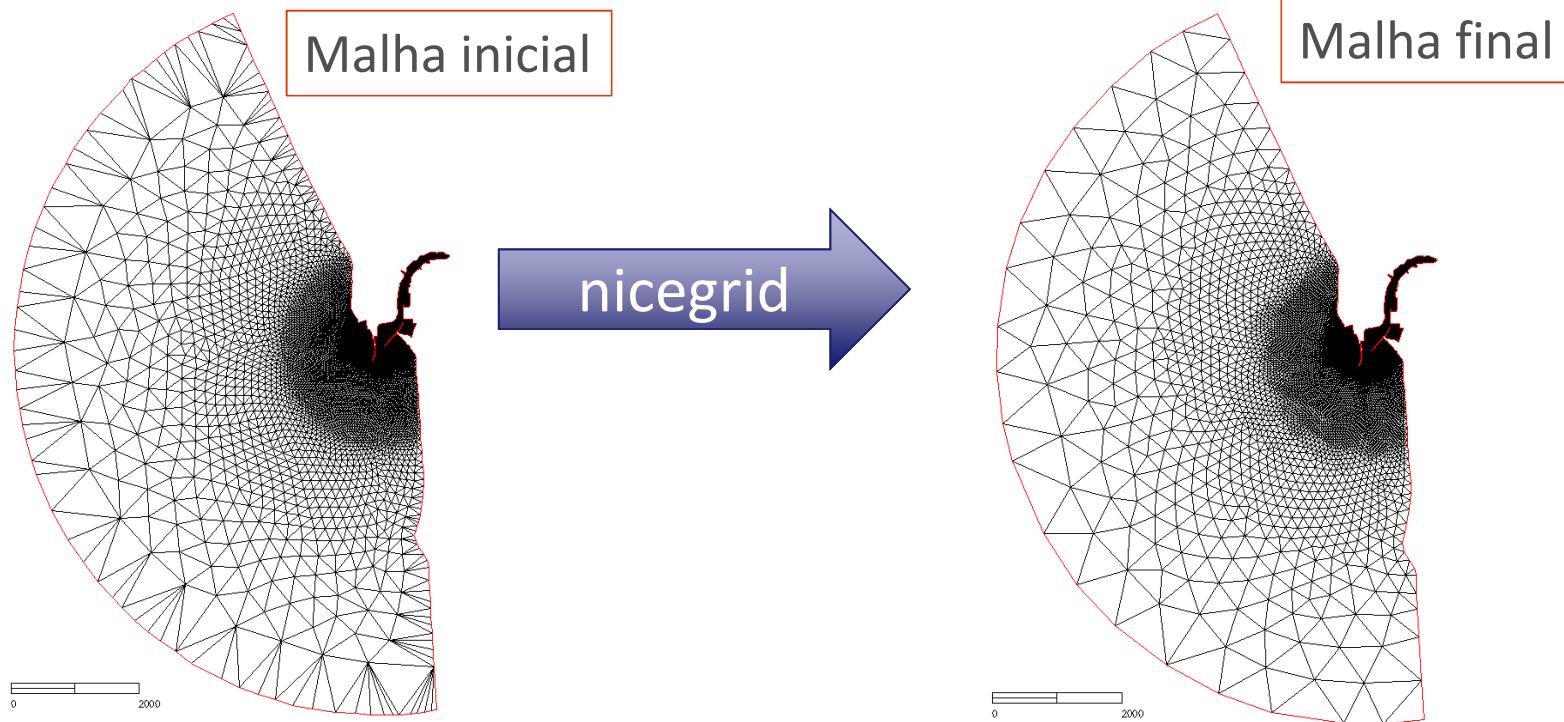
- Triangularizar build points com *build / triangulate*
- É gerada uma malha de cálculo, com alguns problemas de qualidade



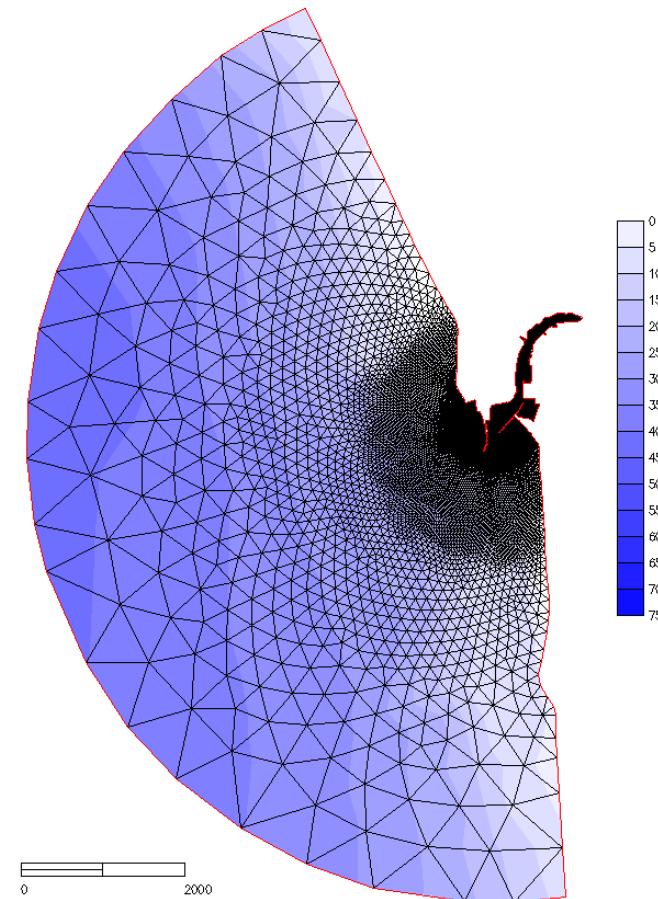
- Definir as fronteiras exteriores com *boundaries / compute boundary*, e *gridDEM / create open - land boundaries*
- Guardar a malha e a fronteira, e concatenar os dois ficheiros



- *Otimizar a malha manualmente com o xmgredit é trabalhoso. O nicegrid é um programa que o faz de forma automática*



- Carregar a malha de background com *File / read / background grid*
- Interpolar a batimetria com *gridDEM / load bathymetry*





- xmgredit5 e nicegrid2 disponíveis através o site do SCHISM
- Download do SCHISM (incluindo o xmgredit5):

http://ccrm.vims.edu/schismweb/schism_manual.html

- Manual do utilizador do Xmgredit

<http://ccrm.vims.edu/schismweb/ACE/gredit/index.html>

- nicegrid2 (fortran)

http://ccrm.vims.edu/w/index.php/Share_your_tools

Obrigado pela atenção!

Perguntas?



EOOSC-hub

 eosc-hub.eu  [@EOOSC_eu](https://twitter.com/EOSC_eu)

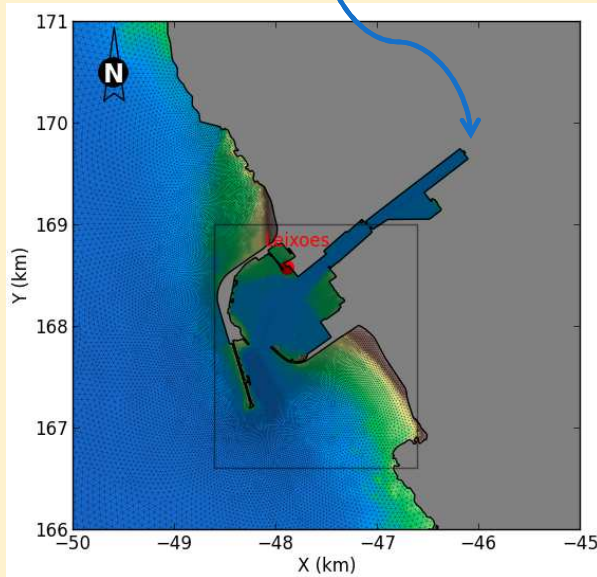


 www.incd.pt

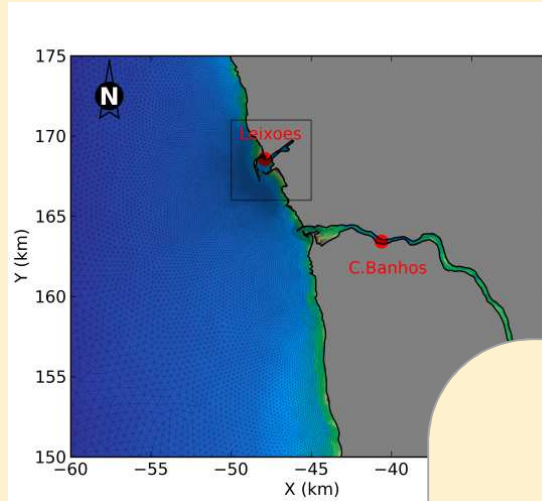


This material by Parties of the EOOSC-hub Consortium is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Upstream boundary limited by data availability



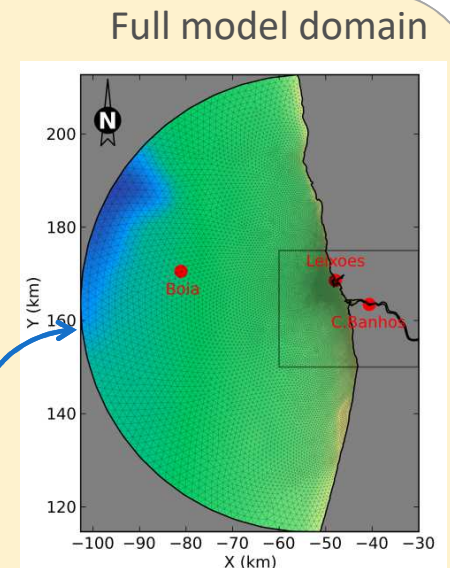
Study region (Leixões harbor)



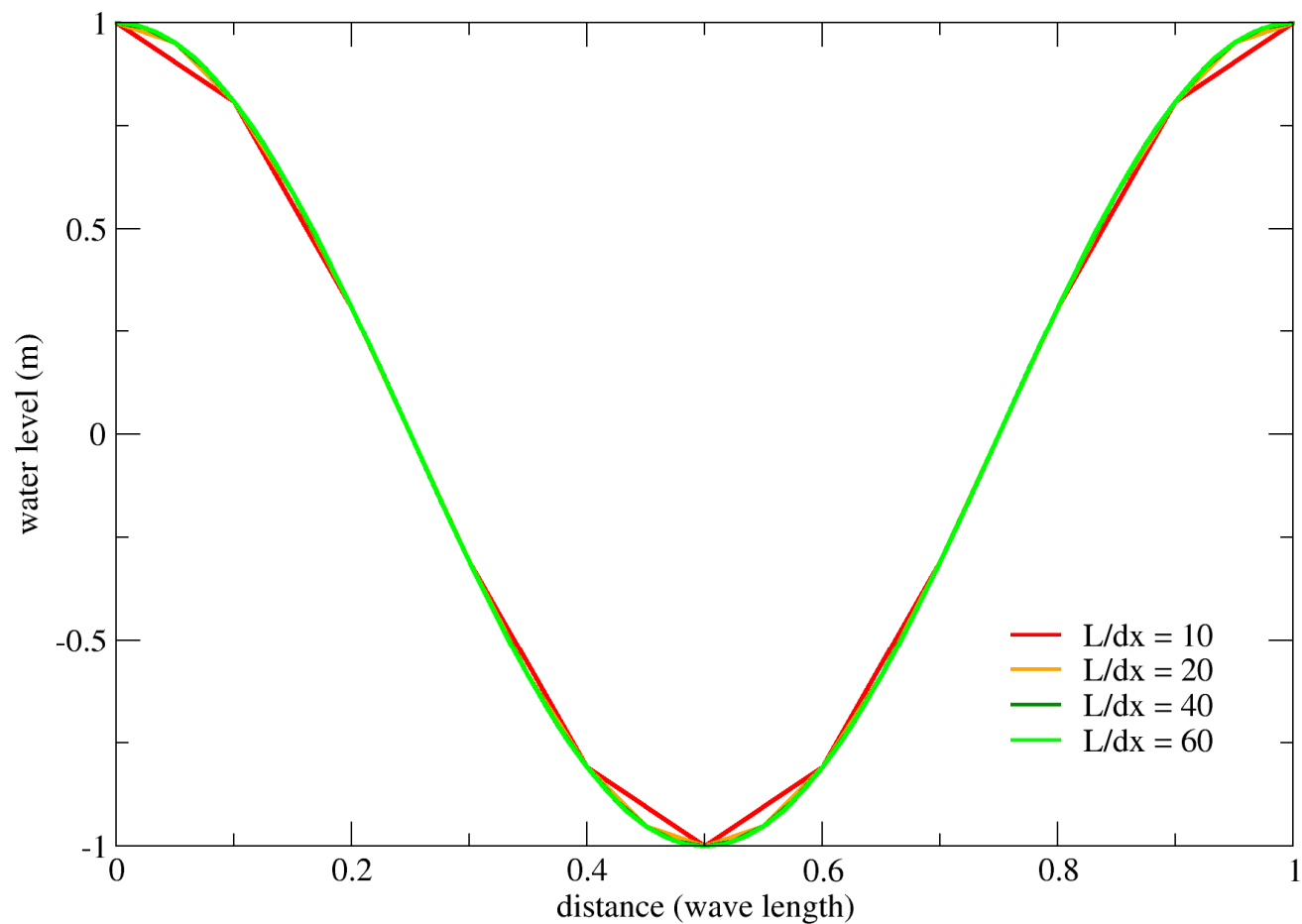
Douro estuary

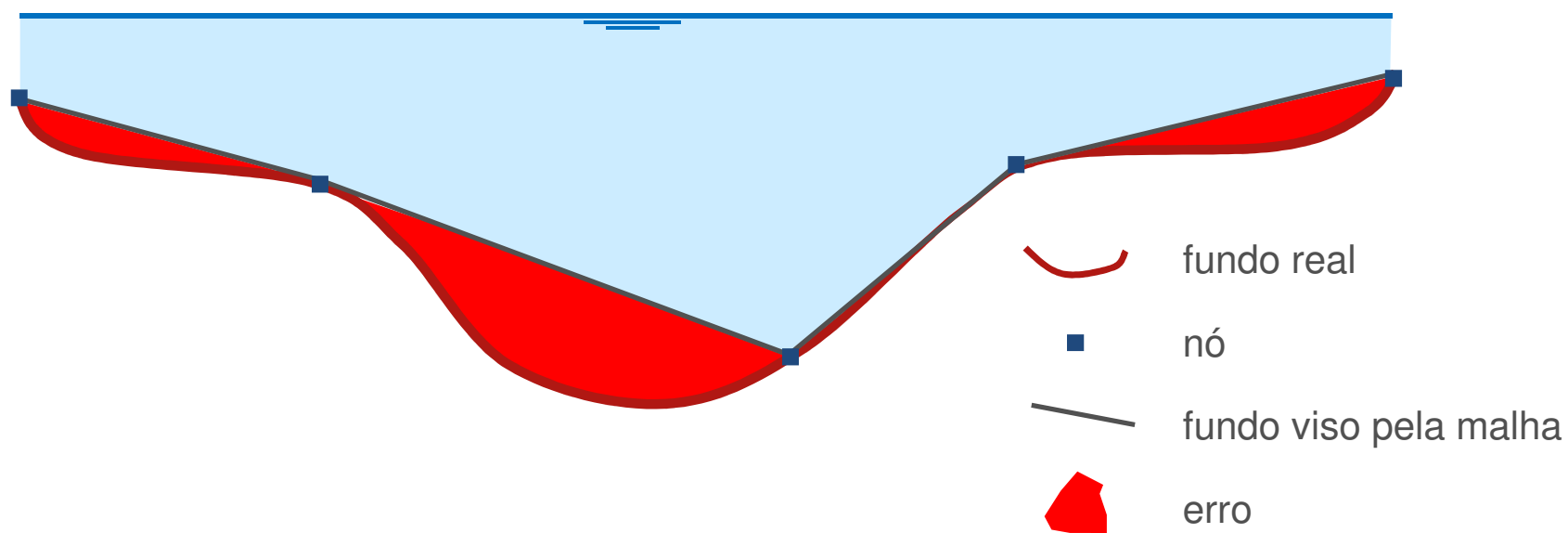
Upstream boundary determined by dam

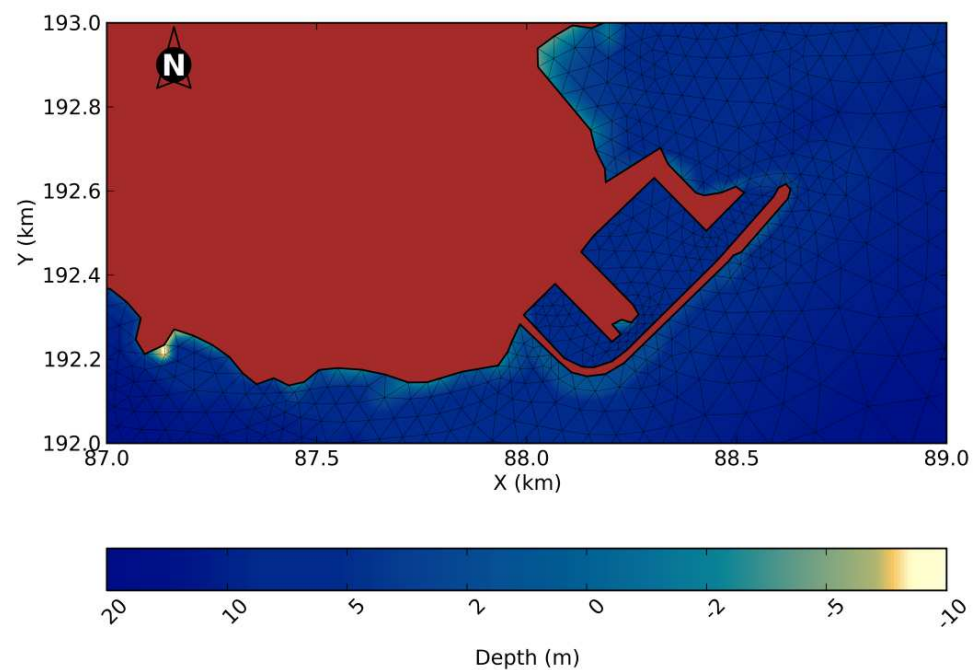
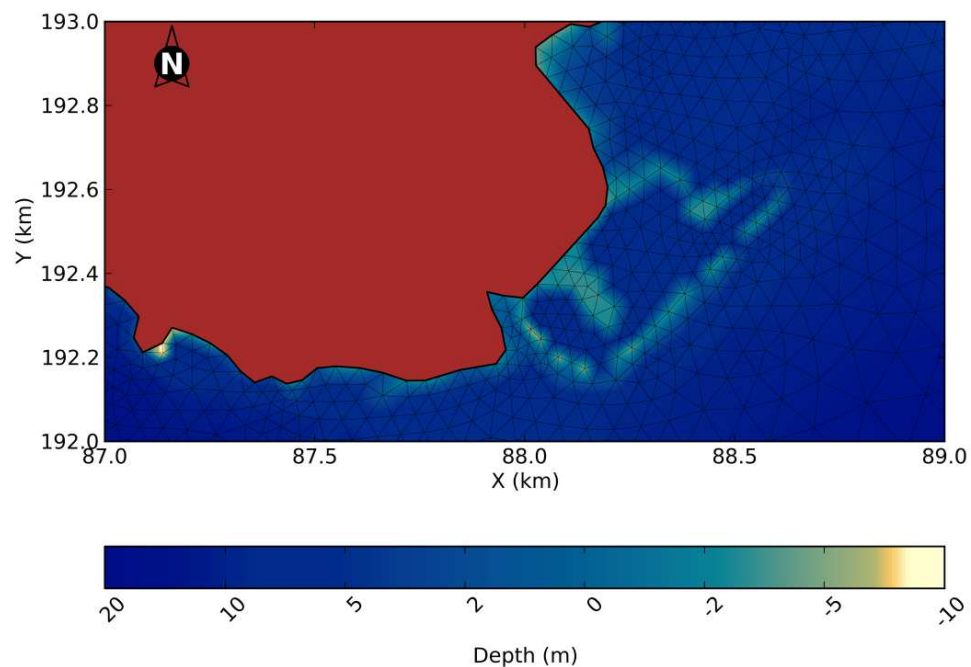
Ocean boundary away from the tidal jet and allows the inclusion of wave data in the domain

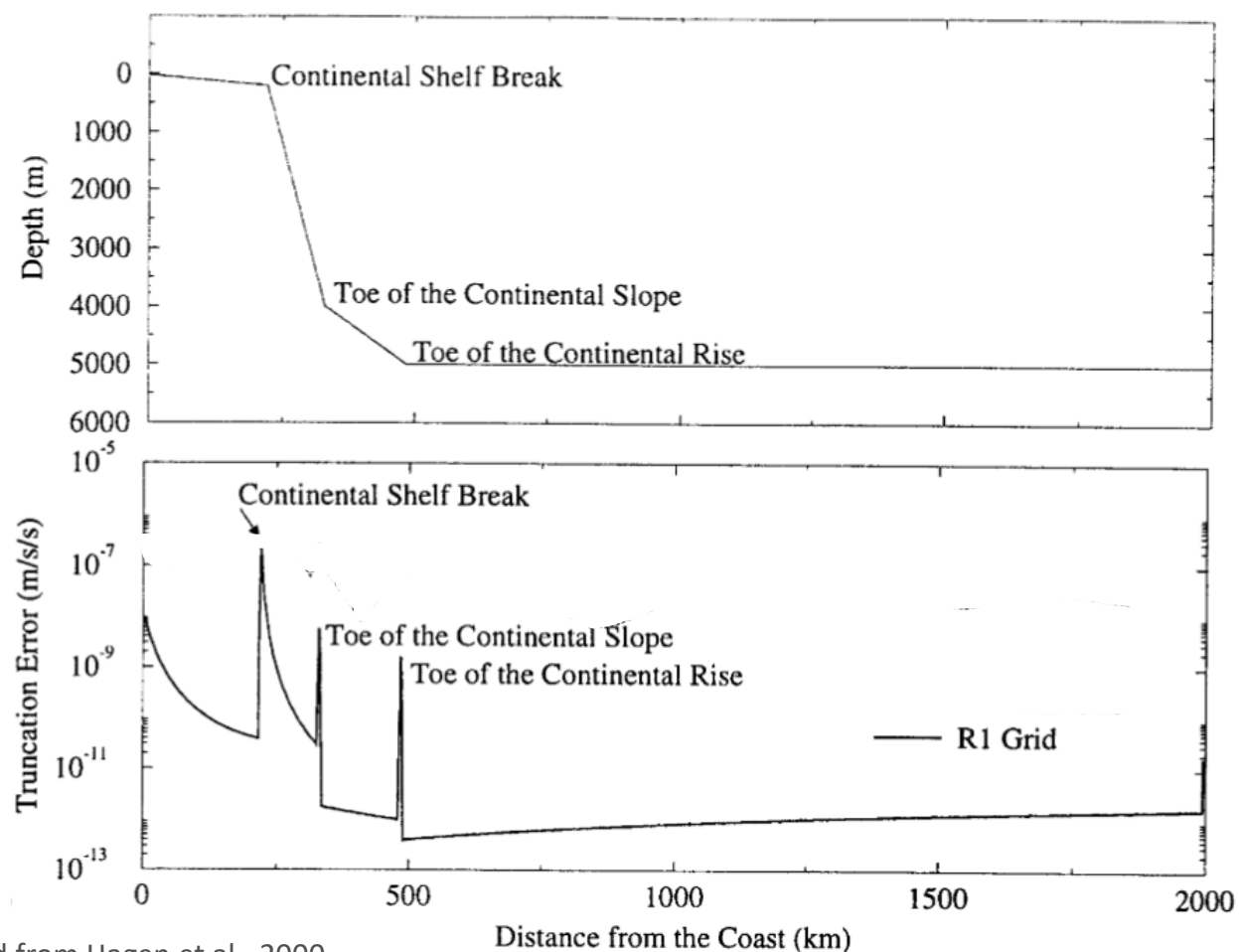


Full model domain





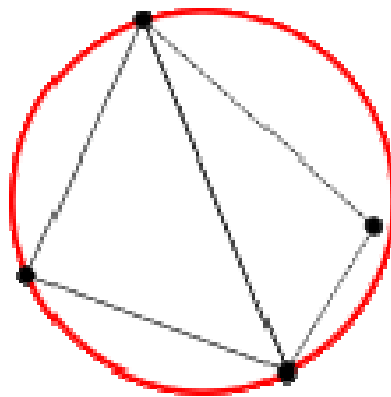




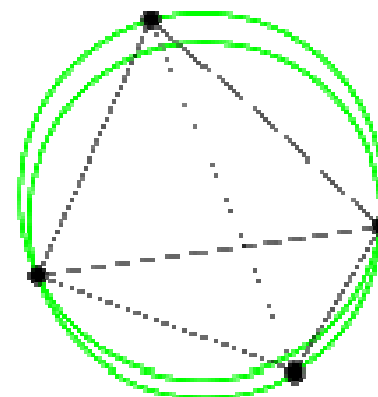
Adapted from Hagen et al., 2000



- Delaunay triangles: no node is inside the circumcircle of any triangle



Triangles that do not meet the Delaunay criterion



Triangles that meet the Delaunay criterion

Figures from wikipedia