



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

SISTEMA DE PREVISÃO E ALERTA DE INUNDAÇÕES EM ZONAS COSTEIRAS E PORTUÁRIAS

PTDC/AAC-AMB/120702/2010

PROCEDIMENTOS PARA A EXECUÇÃO

DO SISTEMA HIDRALERTA:

Desenvolvimento de aplicações em Python

Lisboa, novembro de 2013

Relatório HIDRALERTA 05/2013



Índice

1. Introdução	4
2. Objetivo	7
3. Wavewatch III (WWIII)	8
4. Ventos locais	8
5. Marés.....	10
6. Tempo.....	12
7. SWAN.....	13
7.1 Procedimentos de execução do SWAN	14
8. DREAMS	20
8.1 Matrizes de transferência e preparação para o NN_Overtopping2.....	26
9. NN_overtopping2.....	28
9.1 Procedimento para execução do NN_Overtopping2	30
10. Avaliação do risco	33
10.1 Valores admissíveis de galgamento	35
11. Resultados e Discussão.....	37
12. Conclusões.....	42
13. Bibliografia.....	43
ANEXO A	47
ANEXO B	51
ANEXO C	55
ANEXO D	57
ANEXO E.....	61

Índice de Figuras

Figura 1 – Esquema do procedimento utilizado desde a agitação marítima até à avaliação do risco	7
Figura 2 – Interface gráfica para o <i>download</i> dos dados do WWIII.....	8
Figura 3 – Interface gráfica para download dos dados de vento	9
Figura 4 - Níveis de Maré e Planos de Referência.....	10
Figura 5 – Interface gráfica para as marés astronómicas.....	12
Figura 6 - Exemplo das diversas grelhas empregues no modelo SWAN (Silva, 2009)	13
Figura 7 – Janela para seleccionar o projeto.....	15
Figura 8 – Identificação do projeto.....	16
Figura 9 – Selecção das “Grids” a considerar	16
Figura 10 – Definição dos parâmetros que definem as “Grids” da malha computacional	16
Figura 11 – Computational Grids do SWAN	17
Figura 12 – Seleção das diretorias das batimetrias consideradas e configuração dos parâmetros que as definem	17
Figura 13 – Condições de fronteira consideradas	18
Figura 14 – Condições da agitação ao largo. Fornecido pelo WWIII.....	18
Figura 15 – Parâmetros que definem as grelhas de ventos e a diretoria dos respetivos ficheiros	19
Figura 16 – Painel para execução de vários comandos no SWAN	20
Figura 17 – Grelha batimétrica do DREAMS.....	21
Figura 18 – Seleção dos ficheiros com as condições de fronteira	22
Figura 19 – Fronteiras definidas para a Praia da Vitória	22
Figura 20 – Condições do DREAMS consideradas para o caso de estudo.....	23
Figura 21 – Seleção do ficheiro com as coordenadas dos pontos	23
Figura 22 – Localização dos pontos do DREAMS. Descrição da Praia da Vitória.....	24
Figura 23 – Fotografias dos pontos do DREAMS e respetivas estruturas	25



Figura 24 – Exemplo da transformação das direcções de agitação do DREAMS para o NN_Overtopping2	27
Figura 25 – Parâmetros de entrada do NN_Overtopping2	28
Figura 26 – Perfis tipo da defesa frontal junto ao enraizamento do esporão 3 (D2)	31
Figura 27 – Perfis tipo da defesa frontal aderente (D1).....	31
Figura 28 – Perfis dos trechos do ponto D3	32
Figura 29 – Perfis dos trechos do ponto D8	32
Figura 30 – Valores de Hs dos pontos D1 ao D8 de Janeiro de 2008 a Dezembro de 2012.....	37
Figura 31 – Diagrama das direcções das ondas	38
Figura 32 – Quantidade de galgamento médio previsto pelo NN_Overtopping2 para cinco anos de dados de ondas para os pontos D1 a D8.....	39
Figura 33	41

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Elementos de marés para 2013	11
Tabela 2 - Concordância de marés entre Angra do Heroísmo e a Praia da Vitória	11
Tabela 3 – Exemplo do ficheiro com as características de ondas provenientes do WWIII, MM5 e NM.....	19
Tabela 4 – Parâmetro indicativo da permeabilidade e rugosidade da estrutura (Santos et al., 2011).	29
Tabela 5 – Parâmetros da geometria da estrutura para um NM de + 1.7 m (PMAV)	30
Tabela 6 – Avaliação da aceitabilidade do Grau de Risco obtido (Santos et al., 2011).	33
Tabela 7 – Graus de probabilidade de ocorrência de galgamentos não admissíveis (Santos et al., 2011).....	33
Tabela 8 – Grau de consequências associadas à ocorrência de acontecimento perigoso (Santos et al., 2011).....	34
Tabela 9 – Valores do caudal médio de galgamento admissível para estruturas marítimas (Silva, 2011).	35
Tabela 10 – Valores de caudal médio galgado admissível para as diversas alternativas existentes em zonas abrigadas pela estrutura (Silva et al., 2011).....	36
Tabela 11 – Valores do caudal médio de galgamento admissível para pessoas (Silva et al., 2011).	36
Tabela 12 – Valores do caudal médio de galgamento admissível para veículos (Silva et al., 2011).	36
Tabela 13 – Probabilidade de ocorrência com risco para as diversas categorias nas três estruturas em estudo.	39
Tabela 14 – Nível de probabilidade, consequências e risco associado a pessoas nos trechos D1 a D8 para um período de 5 anos.....	40

1. Introdução

A determinação de galgamentos em estruturas marítimas em zonas costeiras e portuárias é um assunto de elevada importância para a avaliação do risco associado à destruição dessas estruturas ou à inundação das zonas protegidas por estas. Este é um tema premente em Portugal, dada a elevada extensão da sua costa, a grande concentração de população e de atividades económicas nessas zonas, a severidade da agitação marítima e a importância dos portos para a economia nacional. Com efeito, são frequentes as situações de emergência provocadas pelo estado do mar, que põem em causa a segurança de pessoas e bens, com consequências graves para a economia e para o ambiente. Exemplos disto são: as inundações em Esmoriz e Cortegaça em Fevereiro de 2011 onde ocorreu o galgamento do paredão e verificaram-se graves estragos neste e nas infraestruturas e habitações junto à praia; os galgamentos muito frequentes do paredão do Estoril, afetando a sua utilização e o normal funcionamento da linha de comboios por ele protegida; os fortes galgamentos no Porto da Praia da Vitória, em 2001, que levaram à destruição dos molhes de proteção e a fortes restrições das atividades portuárias; e os intensos galgamentos que ocorreram na Marina do Lugar de Baixo, Madeira, em 2006, originando grandes danos no quebra-mar de proteção e inoperacionalidade da marina. Julga-se imperativo dotar as autoridades nacionais de um sistema de alerta que, com a devida antecedência, avise da ocorrência de situações de emergência e que permita a adoção, por essas entidades, de medidas para evitar perdas de vidas e minimizar prejuízos económicos e ambientais. Além disso, é importante que esse sistema seja também uma ferramenta de gestão a longo prazo, que permita simular cenários futuros relacionados com as alterações climáticas, que têm contribuído para um aumento do nível médio do mar e para a ocorrência de fortes tempestades, aumentando a probabilidade de inundações associadas às mesmas. Só deste modo é possível fazer um planeamento e gestão integrada e sustentada das zonas costeiras e portuárias. Notar também que um sistema deste tipo contribui para a satisfação do estipulado na diretiva 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23-10-2007, que recomenda a elaboração de cartas de risco de inundações até 2013 e planos de gestão dos riscos, incluindo a realização de sistemas de previsão e alerta precoce, até 2015.

O novo Sistema de Previsão e Alerta de Inundações em Zonas Costeiras e Portuárias, HIDRALERTA, inédito em Portugal, tem como ideia-base a utilização de previsões da agitação marítima nas zonas costeira e portuária, para calcular os efeitos dos galgamentos e inundações nessas zonas. A comparação destes valores com valores pré-estabelecidos vai permitir: i) a avaliação em tempo real de situações de emergência e a emissão de alertas às entidades

competentes, sempre que se preveja estar em causa a segurança de pessoas, bens ou atividades desenvolvidas; ii) construir mapas de risco, considerando séries temporais longas de previsões da agitação marítima ou cenários pré-definidos associados às mudanças climáticas e/ou eventos extremos.

O trabalho consistirá no acoplamento no HIDRALERTA do modelo de previsão da agitação marítima WAVEWATCHIII (Tolman, 1999) com os modelos de propagação de ondas SWAN (Booij, 1999) e DREAMS (Fortes, 1993), bem como a geração automática dos resultados.

Os principais resultados são:

- Sistema inovador de previsão de inundações e de alerta para gestão e segurança das zonas costeiras e portuárias por parte das autoridades responsáveis;
- Base de dados com toda a informação;
- Mapas de risco de inundações;
- Implementação e teste do sistema protótipo no Porto da Praia da Vitória, Açores.

No sentido de automatizar e integrar o sistema foram construídas várias aplicações em *python* e que foram interligadas com as interfaces já desenvolvidas em *Microsoft Access*. Neste relatório é mostrado todos os procedimentos necessários para o funcionamento do sistema HIDRALERTA.

2. Objetivo

Este relatório mostra os procedimentos levados a cabo para a avaliação do risco de galgamento e inundação na Praia da Vitória (Fig. 1). Inicialmente foram obtidos os dados da agitação marítima ao largo, através do WaveWatch III (WWIII). Depois fez-se a transferência das condições de agitação para junto da costa, através do modelo numérico SWAN conjuntamente com os dados dos ventos para a região de estudo. Para o interior do porto, aplicou-se a transferência do SWAN para o DREAMS. O DREAMS fornece os parâmetros de agitação junto das estruturas do porto, que juntamente com as características geométricas das estruturas, são utilizados para correr o NN_Overtopping2. Este último, fornece quando e quanto são galgadas as estruturas. A avaliação de risco relaciona a probabilidade de galgamento com as consequências desse mesmo galgamento para as pessoas, para as infraestruturas e para os veículos.

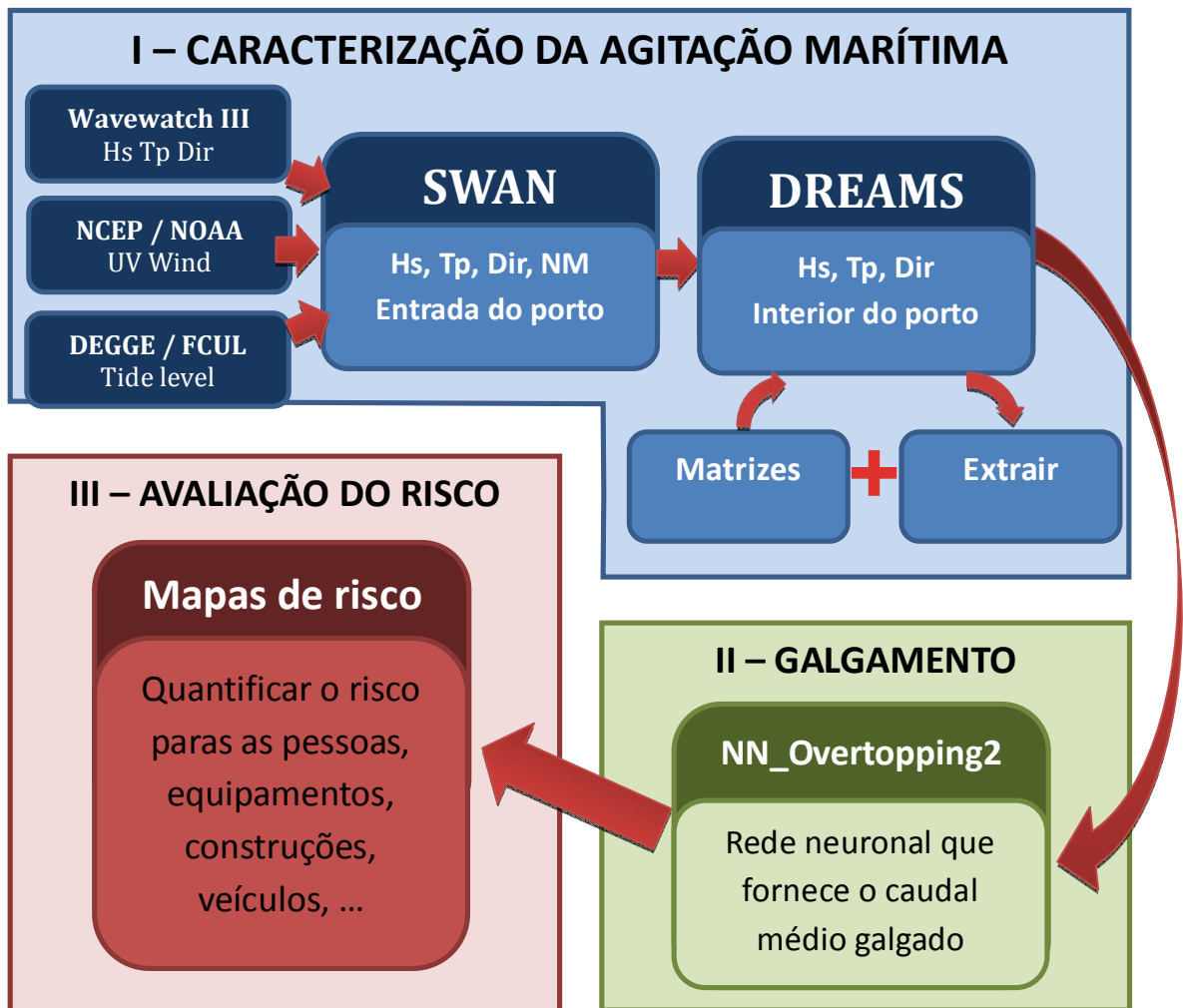


Figura 1 – Esquema do procedimento utilizado desde a agitação marítima até à avaliação do risco

3. Wavewatch III (WWIII)

Os dados do Wavewatch III são fornecidos pelo “The Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center” (FNMOC) a partir do USGODAE Data Catalog (<http://www.usgodae.org/>), de 6 em 6 horas para a Altura significativa H_s , Período médio T_m e Direção Dir . Foi desenvolvida uma aplicação (Fig. 2) com o intuito de fazer o download de todos os *GRIB files* existentes entre um determinado período de tempo, bem como a extração dos valores para cada um dos parâmetros para uma coordenada definida. A aplicação dá ainda a possibilidade de escolher o modelo global do WWIII que se aplica a todo o mundo, ou o modelo para o mediterrâneo que se aplica exclusivamente ao domínio da Europa, este último com uma resolução bastante superior ao anterior. O *output* da aplicação é um ficheiro *.txt* com uma coluna para a data, outras para a hora, minutos e segundos, respetivamente, e outras para cada um dos parâmetros de H_s , T_m e Dir . O código do programa pode ser consultados no ANEXO A.

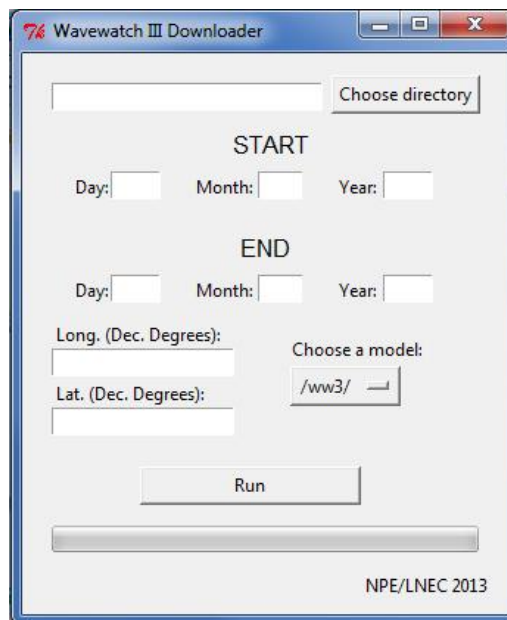


Figura 2 – Interface gráfica para o download dos dados do WWIII

4. Ventos locais

Os resultados do WWIII dizem respeito a parâmetros “swell”, isto é, dizem respeito aos parâmetros das ondas que não são geradas pela ação do vento local. Desta forma, torna-se necessário considerar no modelo SWAN a ação do vento local. Essa informação pode ser obtida através do

“National Climatic Data Center” (NCDC) do “National Oceanic And Atmospheric Administration” (NOAA) (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/rsad/air-sea/seawinds.html>). A grelha de dados tem uma resolução de 0.25° e a frequência da disponibilidade dos dados é de 6 horas. Os ventos disponibilizados denominam-se “Blended Sea Winds”, e provêm de duas fontes: do NCEP Reanalysis 2 e do ECMWF NWP. Para obtenção dos dados de vento (grelha) necessários para introduzir como input para o SWAN desenvolveu-se outra aplicação (Fig. 3) com vista a automatizar os downloads para um período desejado. Desta forma, é apenas necessário definir esse período e dois pontos que definam a posição e tamanho da grelha. O primeiro ponto diz respeito ao “bottom-left” e o segundo ao “top-right”. O código pode ser consultado no ANEXO B.

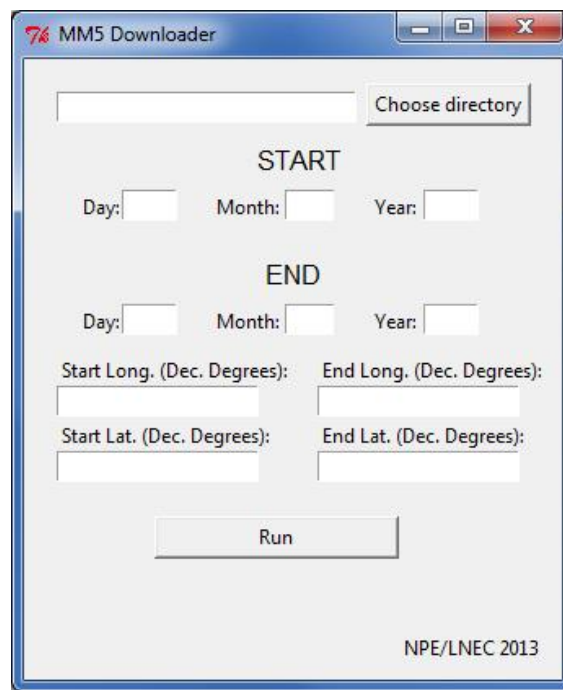


Figura 3 – Interface gráfica para download dos dados de vento

Nem para todos todas as 0h, 6h, 12h e 18h se conseguem obter todos os resultados, isto é, existem por vezes na grelha alguns “gaps”. O programa interpola os valores quando estes estão abaixo de um determinado limite. O ficheiro passa a designar-se por AAAAMMDDHH_Interp, em vez de AAAAMMDDHH_Real. Quando os “gaps” são muito grandes os ficheiros não devem ser utilizados e designam-se por AAAAMMDDHH_Trash. Este programa cria também o ficheiro com a listagem de todos os ficheiros de ventos criados que também será utilizado pelo SWAN para chamar todos os ficheiros de ventos.

O ficheiro de ventos tem uma estrutura simples com a listagem de todas as direcções U e depois todas as direcções V. Sendo que o 1º ponto da grelha a ser lido é o *bottom_left* e o último é o *top_right*.

5. Marés

Todas as alturas de maré estão referidas ao Zero Hidrográfico (ZH) de cada zona portuária. Os valores de Zero Hidrográfico correspondem ao Plano de Referência Hidrográfico da zona. Isto é, em relação ao qual são referidas as sondas e as linhas isobatimétricas nas cartas náuticas, e as previsões de altura de maré que figuram nas Tabelas de Marés do Instituto Hidrográfico. Nas cartas portuguesas, o ZH fica situado abaixo do nível da maré astronómica mais baixa, pelo que as previsões de altura de maré são sempre positivas. Para Angra do Heroísmo, ZH é igual a 1 m.

O Nível Médio da Maré, também designado por Nível Médio Físico, é uma superfície variável ao longo do tempo e que se sobrepõe à medida que a onda de maré se propaga ao longo do estuário, devido ao princípio da conservação de energia.

As tabelas de maré nunca têm, por definição, a componente de forçamento meteorológico, elas reportam apenas a componente astronómica (periódica regular). Por isso, os valores tabelados reportam apenas a maré astronómica.

A figura seguinte (Fig. 4) mostra os níveis de maré e os planos de referência que são utilizados:

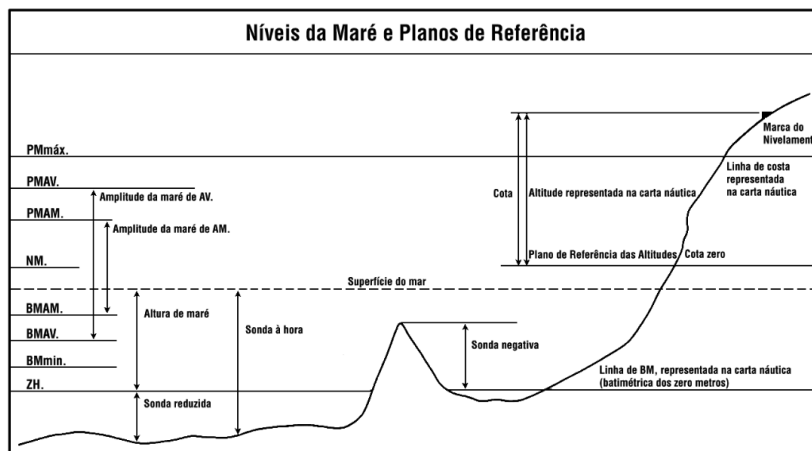


Figura 4 - Níveis de Maré e Planos de Referência

- PMmax** - Máxima Preia-mar do ano;
- PMav** - Média das Preias-mar em Águas Vivas;
- PMmed** - Média de todas as Preias-mar;
- PMam** - Média das Preias-mar em Águas Mortas;

NM - Nível médio da maré que corresponde ao valor do ZH de cada porto;

BMam - Média das Baixas-mar em Águas Mortas;

BMmed - Média de todas as Baixas-mar;

BMav - Média das Baixas-mar em Águas Vivas;

BMin - Mínima Baixa-mar do ano;

Para o ano de 2013, Angra do Heroísmo apresenta os seguintes valores de referência (Tab. 1):

Tabela 1 - Elementos de marés para 2013

PORTO	PMmax	mês	dia	hora	min	PM AV	PM AM	NM	BM AM	BM AV	BMmin	mês	dia	hora	min
ANGRA DO HEROÍSMO	1.79	1	13	2	13	1.65	1.29	1.00	.71	.35	.21	7	23	20	11

Para fazer a concordância de marés entre Angra do Heroísmo e a Praia da Vitória, o Instituto Hidrográfico fornece os seguintes parâmetros de correção (Tab. 2).

Tabela 2 - Concordância de marés entre Angra do Heroísmo e a Praia da Vitória

PORTO DE REFERÊNCIA	LOCAL	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (WGS84)		CORRECÇÕES EM TEMPO				CORRECÇÕES EM ALTURA (cm)				RELAÇÃO DE AMPLITUDE	
		LAT.(N) ° ' "	LONG.(W) ° ' "	PM		BM		PM		BM		AV	AM
				AM h m	AV h m	AM h m	AV h m	AM	AV	AM	AV		
ANGRA DO HEROÍSMO	Praia da Vitória	38 43.8	27 03.2	+11									1.10
	Santa Cruz (Graciosa) ...	39 05.0	27 59.9	+11									1.08

Para obter os dados relativos às previsões de marés astronómicas utilizou-se a informação fornecida pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (http://webpages.fc.ul.pt/~cmantunes/hidrografia/hidro_mares.html) em que estão disponíveis para diversas cidades as alturas de maré horárias desde 2008 até 2013. Com vista a utilizar esta informação com os dados do WWII foi necessário reorganizar os ficheiros e definir a amplitude e *storm surge*. Para tal desenvolveu-se uma aplicação que cria uma lista das marés de 6 em 6 horas (Fig. 5) (ANEXO D).

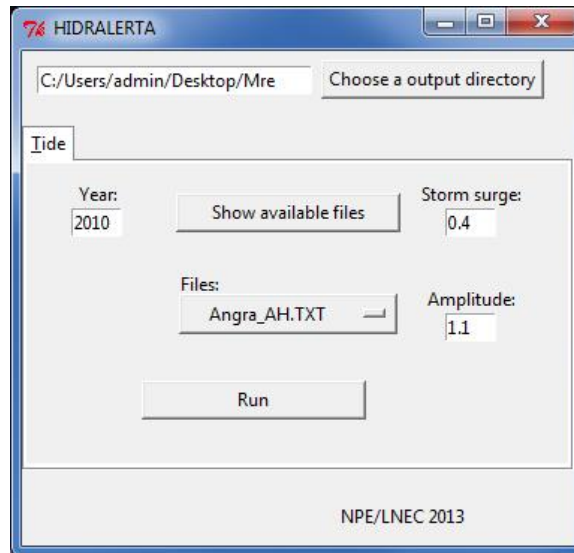


Figura 5 – Interface gráfica para as marés astronómicas

Para utilizar esta aplicação é apenas necessário definir a diretoria de *output* e o ano para o qual se pretendem os dados, que para o caso de estudo é desde 2008 a 2012, clicando em “Show available files” aparece a listagem de locais para onde existem dados disponíveis, que neste caso é “Angra_AH.TXT”, uma vez que Angra do Heroísmo é o local mais próximo da Praia da Vitória. De acordo com as tabelas de marés do Instituto Hidrográfico (Tab. 2), a relação de amplitude entre Angra do Heroísmo e a Praia da Vitória é de 1.1 e existe ainda uma correção temporal de +11 min que se desprezaram por ser uma diferença inferior à precisão dos modelos. Considerou-se também uma sobrelevação (*storm surge*) constante, igual a 0.4.

6. Tempo

Todos os dados obtidos tanto para o WWII, como para os ventos e também para as marés estão de acordo com o tempo Universal Time Coordinated (UTC) para as 0 horas – UTC+0. De facto, a hora legal dos Açores coincide com o tempo universal coordenado (UTC) no período compreendido entre a 1 hora UTC do último domingo de Março e a 1 hora UTC do último domingo de Outubro seguinte (período da hora de Verão). No entanto, diminuí sessenta minutos no período compreendido entre a 1 hora UTC do último domingo de Outubro e a 1 hora UTC do último domingo de Março seguinte (período da hora de Inverno). Portanto, caso se pretenda obter a hora legal para os Açores deve-se retirar uma hora no inverno para obter a maré. Em 2013 a mudança da hora é a 31 de Março e a 27 de Outubro.

7. SWAN

Booij *et al.* (1999) desenvolveram um modelo designado por Simulating Waves Nearshore (SWAN, The SWAN Team, 2008 e Sampaio, 2008). Este modelo computacional de geração e propagação de ondas, concebido para zonas costeiras, apoia-se na equação de conservação da densidade espectral da ação da onda.

O SWAN além dos fenómenos de geração, de refração, difração, de dissipação por declividade e interação não linear entre quatro ondas características efetuados pelos modelos de cálculo da onda ao largo, adiciona os processos existentes em águas pouco profundas, como a dissipação devido ao atrito do fundo, interação não linear entre três ondas e rebentação induzida pela diminuição da profundidade.

Sendo um modelo de terceira geração tem como objetivo obter estimativas realistas da ondulação em zonas costeiras, lagos e estuários, a partir de diversos dados de entrada. Salienta-se a necessidade de introduzir para além da grelha computacional, da grelha batimétrica e das condições de fronteira iniciais, outros elementos que permitam a melhoria dos resultados do modelo, tais como um campo de ventos atuantes, um campo de correntes e um campo variável de coeficientes de atrito de fundo. A aplicação de um sistema de grelhas encaixadas (metodologia de *nesting*), ou seja, a passagem de uma grelha de menor resolução para uma de maior resolução, permite melhorar a exatidão do modelo ao longo da evolução da resolução espacial, bem como dos tempos de cálculo, sem comprometer os resultados finais (Fig. 6).

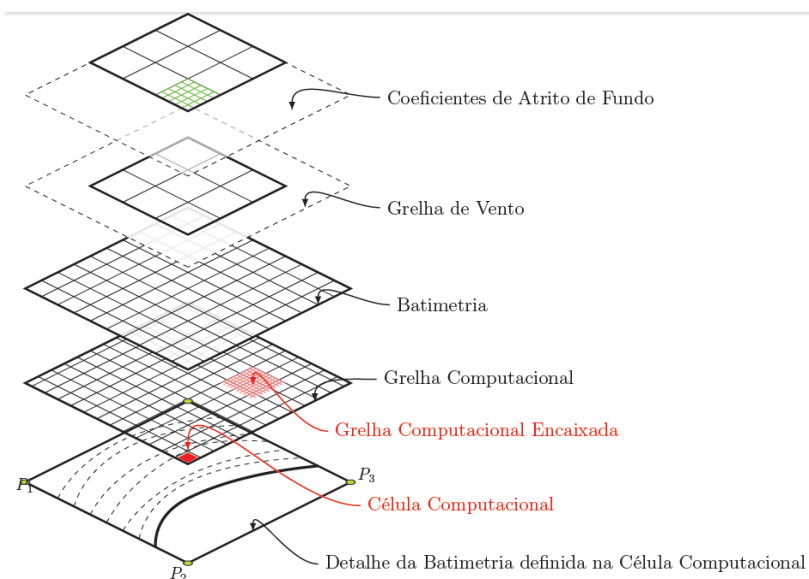


Figura 6 - Exemplo das diversas grelhas empregues no modelo SWAN (Silva, 2009)

À medida que a onda se propaga desde a zona de geração até ao local em análise, devem ser considerados os seguintes processos de geração, propagação e dissipação:

- Geração pelo vento;
- Refração por efeito do fundo e correntes;
- Difração de ondas;
- Empolamento por efeito do fundo e correntes;
- Bloqueio e reflexão devido a correntes contrárias e obstáculos;
- Transferência de energia entre grupos de ondas;
- Fenómenos de dissipação:

Dissipação por rebentação parcial (*whitecapping*);

Dissipação por rebentação devido ao efeito da batimetria;

Dissipação por atrito no fundo.

7.1 Procedimentos de execução do SWAN

Foi desenvolvido no **NPE/LNEC** uma interface gráfica em *Microsoft Access* para criar os ficheiros de *input* para o SWAN. Segue um exemplo de um ficheiro criado:

```
PROJECT 'PV' '1'  
SET 1.434 90 0 NAUTICAL  
MODE STATIONARY TWODIMENSIONAL  
COORDinates CART  
CGRID REG 454100 4264100 0 54800 43600 274 218 CIRCLE 24 0.04 0.5 25  
INPGRID BOTTOM REG 454000 4264000 0 275 220 200 200 EXC 0  
READINP BOTTOM 1. 'BATIMETRIA.BOT' idla=1  
INPGRID WIND REG 412188 4206336 0 8 6 22000 27700 EXC 0  
READINP WIND 1. '2008010100_Real.txt' idla=3
```

\$-----wave settings

```
BOUND SHAPespec JONSWAP peak DSPR Degrees  
BOUN SIDE N CON PAR 4.22 8.55 292.97 10  
BOUN SIDE S CON PAR 4.22 8.55 292.97 10  
BOUN SIDE E CON PAR 4.22 8.55 292.97 10  
BOUN SIDE W CON PAR 4.22 8.55 292.97 10
```

\$----- Physics


```

DIFFRACTION 1 0 0 1
QUAD
FRICTION JONSWAP

$-----

$NUMERIC ACCUR 0 0 0 0 [niter]=50

$----- Output

NGRID 'outNgrid' 492727 4279924 0 10909 11515 109 115
NESTout 'outNgrid' 'outgrid.dat'
FRAME 'PV' 454100 4264100 0 54800 43600 274 218
TABLE 'PV' HEADER 'malha1.dat' XP YP HSIGN TM02 PDIR DEP RTP DIR TM01
POINTS 'CN' FILE 'DADOS_PONTOS.DAT'
TABLE 'CN' HEADER 'pontos.dat' XP YP HSIGN TM02 PDIR DEP RTP DIR TM01
$
TEST 0,0
COMPUTE
STOP
    
```

Este ficheiro diz respeito a um determinado momento de cálculo. A este ficheiro estão associados todas as características necessárias para o modelo correr, inclusive o ficheiro “BATIMETRIA.BOT” e o ficheiro com as direções U e V dos ventos “2008010100_real.txt”. Ainda em relação à batimetria, é corrido o modelo para a “BATIMETRIA_NESTED.BOT” e para a “BATIMETRIA_NESTED_1.BOT”. Os procedimentos são os seguintes:

1. Abrir o ficheiro Microsoft Access do SWAN*.mdb;
2. Abrir formulário ABRE_PROJ2 e seleccionar projeto (Fig. 7):

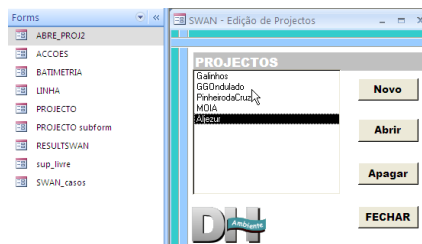


Figura 7 – Janela para seleccionar o projeto

3. Preencher, sucessivamente, as diversas abas do projeto, começando pela primeira, “project identification” (Fig. 8):

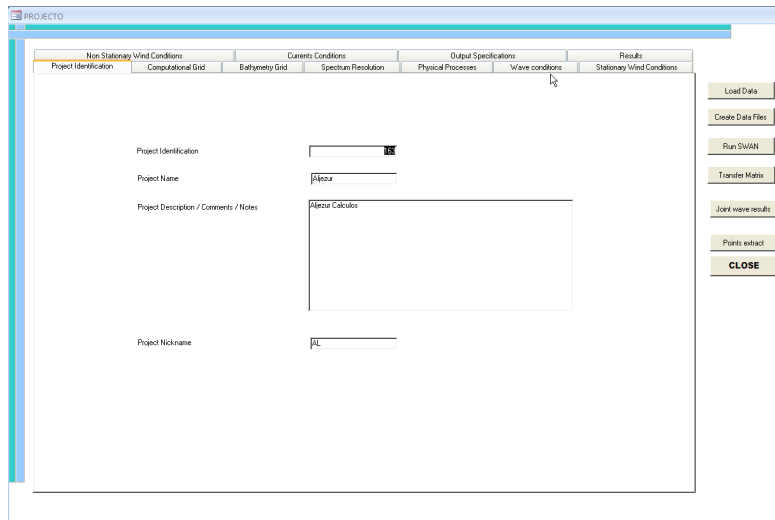


Figura 8 – Identificação do projeto

- No 2º separador, “Computacional Grid”, seleccionar a caixa “yes” para a “Nested grid” e “Nested grid_1” (Fig. 9):

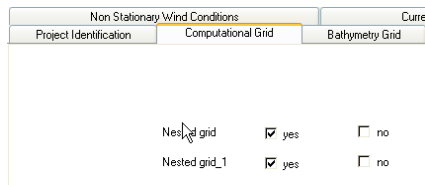


Figura 9 – Selecção das “Grids” a considerar

- Definir o “lower left XY” de cada uma das grelhas, bem como o seu comprimento em x e em y e ainda o espaçamento entre os pontos em DX e DY (Fig. 10):

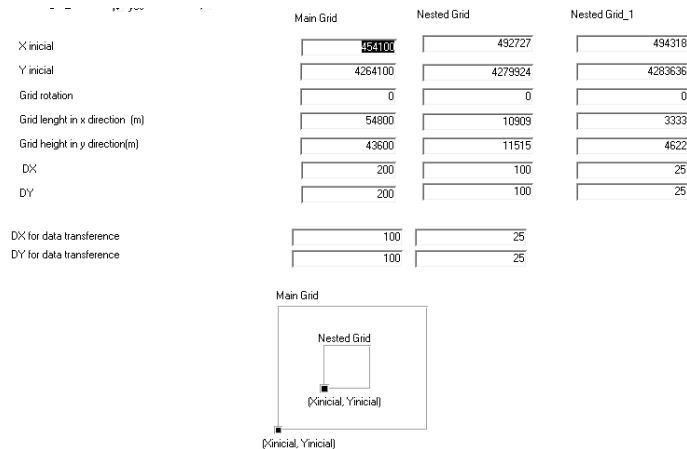


Figura 10 – Definição dos parâmetros que definem as “Grids” da malha computacional

A figura 11 mostra as 3 grelhas computacionais consideradas pelos SWAN. Utilizam-se estas grelhas com diferentes dimensões com vista a correr o modelo para uma dimensão suficientemente grande para a área de estudo e “aliviar” o processamento da informação aquando da execução dos modelos, uma vez que as grelhas mais pequenas têm uma maior resolução. Nesta figura também se observam os pontos P1, P2 e P3. O ponto P1 será o ponto utilizado para transferir os resultados para o modelo a utilizar a seguir, o DREAMS.

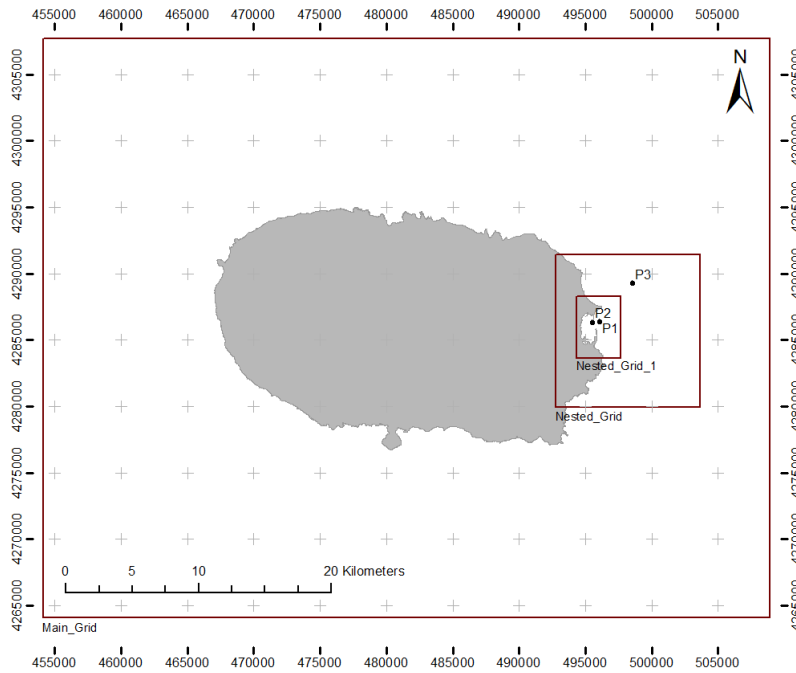


Figura 11 – Computational Grids do SWAN

6. Para a malha batimétrica é necessário definir o “extent”, indicando também a coordenada do “lower left” XY, o comprimento em x e y e ainda o espaçamento entre os pontos DX e DY (Fig. 12).

X inicial	454000	484000	494000
Y inicial	4264000	4278000	4282000
Grid rotation	0	0	0
nº. DX	275	200	200
nº. DY	220	200	320
DX (m)	200	100	25
DY (m)	200	100	25
Depth below which is not considered	0		

Read bathymetry from this file:

C:\Users\admin\Desktop\HIDRALERTA\SWAN\SWAN_PraiaVitoria_2008_2011_2012\Bathymetry\BAT

Read bathymetry for the nested grid from this file:

C:\Users\admin\Desktop\HIDRALERTA\SWAN\SWAN_PraiaVitoria_2008_2011_2012\Bathymetry\BAT

Read bathymetry for the Nested_1 from this file:

C:\Users\admin\Desktop\HIDRALERTA\SWAN\SWAN_PraiaVitoria_2008_2011_2012\Bathymetry\BAT

Import Bathymetry

First Point of bathymetry file

Figura 12 – Seleção das diretorias das batimetrias consideradas e configuração dos parâmetros que as definem

As dimensões da batimetria excedem, ou no mínimo são iguais às dimensões da Computational Grid. Isto é, acaba por ser a Computational Grid que define os Domínios para cada grelha. No separador “Bathimetry Grid”, seleccionam-se ainda a localização dos ficheiros das malhas (*.bot).

7. No separador “Spectrum Resolution” é necessário definir o “Directional resolution” para *Circle*, o que significa que as direções espectrais cobrem todo o círculo. O número de divisões para *Circle* é 24. A frequência mínima é de 0.04, a máxima de 0.5 e o número de divisões na frequência é 25. É também necessário definir a forma do espectro a utilizar, tanto em frequência como em direção, na fronteira da computational grid. O tipo de espectro é JONSWAP com representação do período de pico e a direção em graus.

8. No separador “Stationary Wave Conditions” é possível definir quais as fronteiras a partir de onde são aplicadas as condições das ondas (Fig. 13).

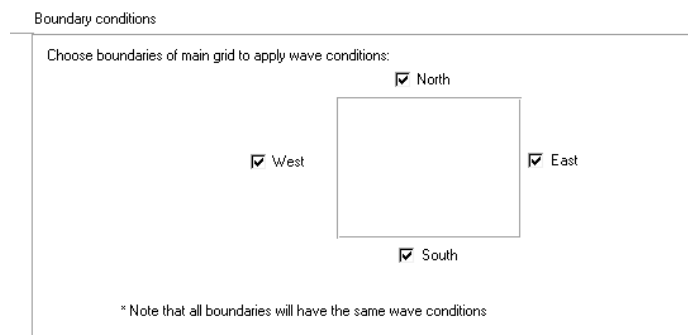


Figura 13 – Condições de fronteira consideradas

Também se indica a diretoria onde se encontra o ficheiro com as condições de agitação das ondas (Fig. 14):

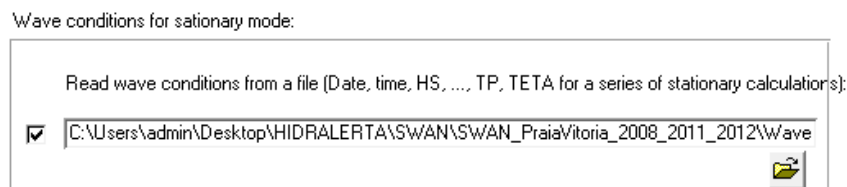


Figura 14 – Condições da agitação ao largo. Fornecido pelo WWIII.

O ficheiro com as condições de agitação das ondas tem a seguinte estrutura (Tab. 3):

Tabela 3 – Exemplo do ficheiro com as características de ondas provenientes do WWII, MM5 e NM

Data	d	h	s	Hs	Dir	freq.	Dir	NM
20080101	1	0	0	4.22	10	10	292.97	1.434
20080101	6	0	0	5.71	10	10	306.62	1.61
20080101	12	0	0	6.4	10	10	308.96	1.478
20080101	18	0	0	5.57	10	10	307.32	1.434
20080102	1	0	0	4.84	10	10	304.83	1.588
20080102	6	0	0	4.57	10	10	300.41	1.445
20080102	12	0	0	4.65	10	10	306.8	1.621
20080102	18	0	0	5.7	10	10	313.33	1.291
20080103	1	0	0	8.63	10	10	319.81	1.731
20080103	6	0	0	8.61	10	10	318.04	1.313
20080103	12	0	0	7.07	10	10	315.69	1.742
20080103	18	0	0	6.2	10	10	314.38	1.181
20080104	1	0	0	5.64	10	10	312.93	1.841
20080104	6	0	0	4.94	10	10	311.36	1.214
20080104	12	0	0	4.19	10	10	301.58	1.819
20080104	18	0	0	3.98	10	10	289.87	1.104
20080105	1	0	0	4.07	10	10	282.6	1.918

....

9. No separador “Stationary Wind Conditions” volta-se a definir o “Extent” da grelha, neste caso para a grelha dos ventos que são extraídos a partir do *Blended Sea Winds* (Fig. 15).

The image shows a software dialog box titled "Stationary Wind Conditions" with three columns for "Main Grid", "1st Nested Grid", and "2nd Nested Grid".

- Stationary Wind?:** All three grids have the "yes" checkbox checked.
- Constant in space?:** All three grids have the "yes" checkbox unchecked.
- Velocity (m/s):** All three grids have a value of 0.
- Direction (º):** All three grids have a value of 0.
- Variable in space?:** All three grids have the "yes" checkbox checked.
- X inicial:** All three grids have the value 412188.
- Y inicial:** All three grids have the value 4206336.
- Grid rotation:** All three grids have the value 0.
- nº DX:** All three grids have the value 8.
- nº DY:** All three grids have the value 6.
- DX (m):** All three grids have the value 22000.
- DY (m):** All three grids have the value 27700.
- Minimum depth considered:** All three grids have the value 0.
- Read wind from this file:** A text box contains the file path: "C:\Users\admin\Desktop\HIDRALERTA\SWAN\SWAN_PraiaVitoria_2008_2011_2012\Ventos_2008Corrigidos.txt".

Figura 15 – Parâmetros que definem as grelhas de ventos e a diretoria dos respetivos ficheiros

A diretoria dos ficheiros dos ventos também é adicionada neste separador. A estrutura dos ficheiros é descrita na secção 4 (MM5).

10. No “Output Specifications” define-se o nome do output para as *grids* e para os pontos que serão gerados, bem como para o ficheiro de pontos com as respetivas coordenadas para serem

extraídos. Este último é um ficheiro apenas com duas colunas com as coordenadas X e Y (separadas por um espaço).

11. No separador “Results” define-se a diretoria para onde serão exportados os resultados e o método de interpolação utilizado. Neste caso, o método de “Kriging”.
12. Agora, depois de verificados todos os separadores, no lado direito do formulário, premir o botão “Create Data Files” (Fig. 16):

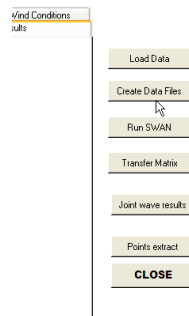


Figura 16 – Painel para execução de vários comandos no SWAN

Com esta operação, serão criados ficheiros “INPUT_*.swn” e o ficheiro de comandos “SWAN.BAT” para correr, efetivamente, o modelo SWAN.

13. Finalmente, clicar no *Batch* criado para executar o SWAN e esperar umas “belas” horas.
14. Clicar em “Transfer Matrix”. Será perguntado que malha considerar (1, 2 ou 3). Indicar que é a 3 para os pontos que se encontrarem dentro dessa *Grid* (P1 e P2 da Fig. 11). O ponto P3 apenas é abrangido pela *Nested Grid*, por isso selecionar 2.

8. DREAMS

A propagação de cada componente da agitação marítima é descrita pelo modelo DREAMS através da equação elíptica de declive suave (Neves, 2009 e Ramalheira Fernández, 2010), função da elevação da superfície livre (η) a que foi adicionada a rebentação (Eq. 1):

$$\nabla \cdot (CC_g \nabla \eta) + k^2 CC_g \eta = -i\omega V \eta \quad 1$$

Na qual C representa a velocidade de fase da onda (Eq. 2) e C_g a velocidade de grupo (Eq. 3) obtidas pelas seguintes expressões:

$$C = \sqrt{\frac{g}{k} \tanh(kh)} \quad 2$$

$$C_g = \frac{1}{2} C \left[1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right] \quad 3$$

Em que k representa o número de onda, ω a frequência angular de onda, h a profundidade local e V é o coeficiente de dissipação (Eq. 4) definido através de estudos efetuados por Battjes e Janssen (Silva, 2009):

$$V = 4B'Q_b \left(\frac{H_{max}}{H} \right)^2 \frac{1}{Tp} \quad 4$$

O DREAMS vai além da Nested_Grid_1 e considera uma grelha irregular de pontos que correspondem à batimetria apenas do porto da Praia da Vitória (Fig. 17).

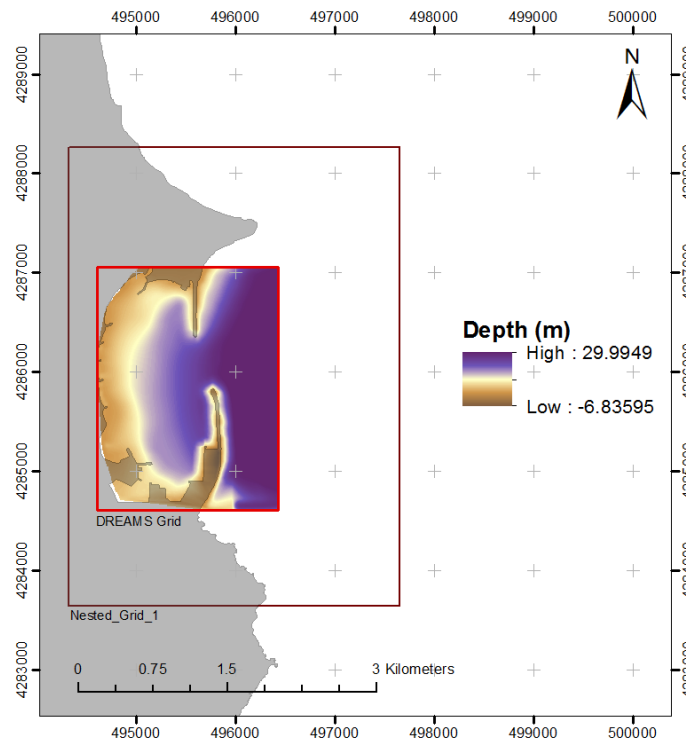


Figura 17 – Grelha batimétrica do DREAMS

Para correr o modelo começa-se por abrir o projeto e clica-se em “Edição de dados”. É necessário definir primeiro as condições de fronteira (COND_*.dad e NODES_*.dad), a grelha e os ficheiros de nós para diferentes intervalos de direções (Fig. 18).



Figura 18 – Seleção dos ficheiros com as condições de fronteira

Os ficheiros apresentados em cima dizem respeito aos vários troços que constituem a fronteira para a Praia da Vitória. A cada um destes troços corresponde um coeficiente de reflexão que varia entre 0 e 1. A fronteira definida para a Praia da Vitória corresponde ao contorno (a vermelho) da figura seguinte (Fig. 19):

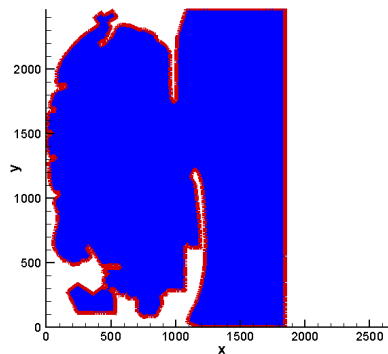


Figura 19 – Fronteiras definidas para a Praia da Vitória

Para correr o DREAMS e por forma a tornar o processamento computacional mais eficiente, este modelo gera um conjunto de combinações (gamas) onde são listados um conjunto de possíveis resultados que só no fim serão transferidos para os pontos de estudo (Fig. 20).

	De:	Até:	Step:
Período da onda (s)	4.00	20.00	2.00
Direcção em relação ao zero hidrográfico (graus)	0.00	180.00	22.50
Nível da maré (m)	0.20	2.20	0.40

Figura 20 – Condições do DREAMS consideradas para o caso de estudo

Seleciona-se no menu principal “Correr Simulação”, escolhe-se o separador “Executar Modelo” e definem-se as condições que se pretendem considerar. A figura 20 mostra as condições que foram consideradas para este caso de estudo: O intervalo entre cada parâmetro (Step:) e os mínimos (De:) e máximos (Até:). Clica-se em “DREAMS” e o modelo começa a gerar todas as condições. O processo é moroso, por isso é aconselhável dividir as condições consideradas por vários computadores.

Depois de terminadas as corridas, abre-se o separador “Resultados” e insere-se o caminho onde se encontra o ficheiro de pontos (Fig. 21).

Figura 21 – Seleção do ficheiro com as coordenadas dos pontos

O ficheiro de pontos tem a seguinte estrutura:

```

8
20
20
20      1475
21      1414
1329    546
37      1144
26      1599
75      1789
103     1951
1271    999
    
```

A primeira linha diz respeito ao número de pontos considerados, a segunda e a terceira linhas definem a área (componente em x e em y), em metros, de onde serão extraídos os valores que serão utilizados para calcular um valor médio dos resultados do DREAMS para cada ponto e as restantes linhas contêm as coordenadas locais dos pontos a extrair.

A figura seguinte (22) mostra a localização dos pontos considerados para cada estrutura.

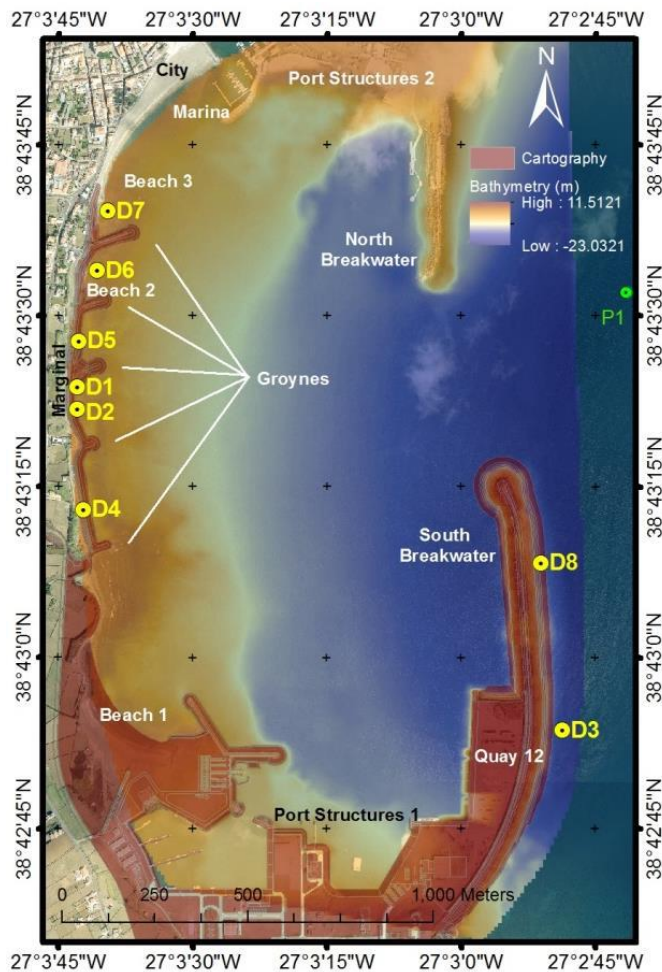


Figura 22 – Localização dos pontos do DREAMS. Descrição da Praia da Vitória.

As imagens seguintes mostram a localização dos pontos e a respetiva estrutura (Fig. 23).

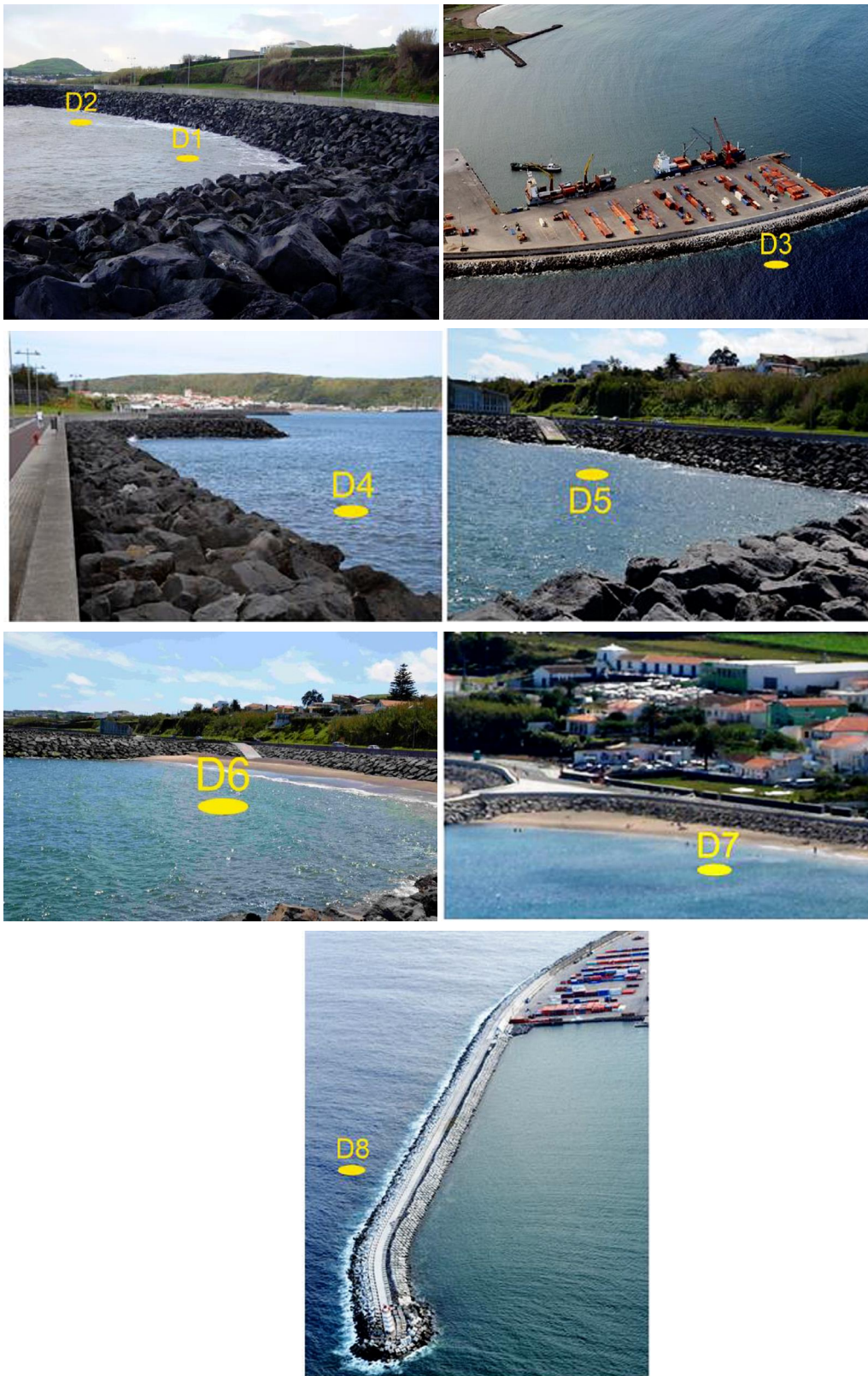


Figura 23 – Fotografias dos pontos do DREAMS e respetivas estruturas

O próximo passo passa por “Extrair Pontos” onde se obtém para cada ponto os ficheiros com os valores de *Hs* (“HHU_MEDIA_*.dad”) e os valores de *Dir* (“TETA_MEDIA_*.dad”) para cada condição. Depois clica-se em “Obter Matriz Transferência” e obtém-se para cada ponto as respetivas matrizes de transferência, isto é, gera-se um ficheiro para cada ponto tendo em conta a data de ocorrência (em mais detalhe na secção seguinte).

8.1 Matrizes de transferência e preparação para o NN_Overtopping2

A última etapa deste modelo consiste em obter os resultados para cada ponto tendo em conta o período de ocorrência.

1. Criam-se dois ficheiros com os resultados do SWAN: um com **Hs, Tp, Dir** e outro com **NM, Tp, Dir**.

Atenção: Na primeira linha de cada ficheiro deve constar o número total de dados (linhas) utilizados.

2. Neste ponto utiliza-se o programa desenvolvido para esta secção – Tranfer (ANEXO C).
 Consiste em:
 - a. Pegar em cada um dos ficheiros “TRANSFER_P*.CSV”, ordenar por NM, Tp, e Dir e colocar-se nas 3 primeiras linhas o número de condições utilizados para cada parâmetro, bem como as dimensões (?), neste caso:

```
6 2 #NM
9 2 #Tp
9 2 #Dir
```

- b. Para cada “TRANSFER_P.CSV” também são criados um conjunto de comandos que são sucessivamente adicionados a um ficheiro BATCH. Como por exemplo:

```
copy TRANSFER_P1.dat Matriz.dat
3D_interpol.exe
interpolacao.exe
copy resultados.dat P1_Pedro.dat
```

- c. As duas primeiras linhas do ficheiro BATCH têm escrito que copiam os ficheiros criados no ponto 1 para serem lidos pelo programa.

```
copy SWAN_2008_a_2012_NM.dat Largo.dat
copy SWAN_2008_a_2012_HS.dat dados_2009_juana.dat
```

- d. Executar o *batch* “interpolar_dados”
- e. A lista de resultados aparece para cada ponto (P*_Pedro.dat). Os ficheiros são constituídos nas 3 primeiras colunas com os dados do SWAN (*Hs*, *Tp*, *Dir*) e nas outras 3 com os resultados dos DREAMS (*Hs*, *Tp*, *Dir*).

Atenção: Quando o período proveniente do SWAN tem valores muito pequenos, estes são desprezados pelo DREAMS que coloca todos os parâmetros iguais a zero. Neste caso os **Tp < 4**. Uma vez que apenas se consideraram as condições para o DREAMS a partir de **Tp = 4** (Figura 20).

3. Os parâmetros calculados pelo/para o DREAMS requerem ainda algumas correções antes de serem utilizados pelo NN_Overtopping2 (secção seguinte).

- a. Para o H_s : É necessário definir o $H_{s_{max}}$. Este parâmetro consiste em limitar o H_s com a profundidade, na medida em que a aproximação da batimetria da cota 0 afeta a rebentação da onda, fazendo com que esta rebente antes de atingir efetivamente a costa. Desta forma, utiliza-se uma relação empírica para considerar apenas o valor real de H_s até 0.78 da profundidade da água, caso contrário utiliza-se $H_{s_{max}}$ como H_s . Isto é (Eq. 5):

$$H_{s_{max}} = 0.78 \times (NM + \text{Cota Datimétrica Projeto}) \tag{5}$$

$$\begin{cases} \text{se } H_s < H_{s_{max}} & H_{s_{corrig}} = H_s \\ \text{se } H_s \geq H_{s_{max}} & H_{s_{corrig}} = H_{s_{max}} \end{cases}$$

- b. Para o T_m (não é calculado com o DREAMS): Os espectros unimodais com forma semelhante ao espectro de JONSWAP podem relacionar-se com o período de pico T_p , fornecido pelo SWAN, através da seguinte expressão (Eq. 6):

$$T_{m,Tos} = \frac{T_p}{1.1} \tag{6}$$

- c. Para a Dir_{Est} : É necessário obter o ângulo entre a normal à estrutura e a direção da onda Dir (Fig. 24) O NN_Overtopping2 apenas considera ângulos entre 0° e 90° . Utiliza-se a seguinte expressão (Eq. 7):

$$\begin{cases} \text{if } Dir > \alpha & Dir_{Est} = Dir - \alpha \\ \text{if } Dir \leq \alpha & Dir_{Est} = \alpha - Dir \end{cases} \tag{7}$$

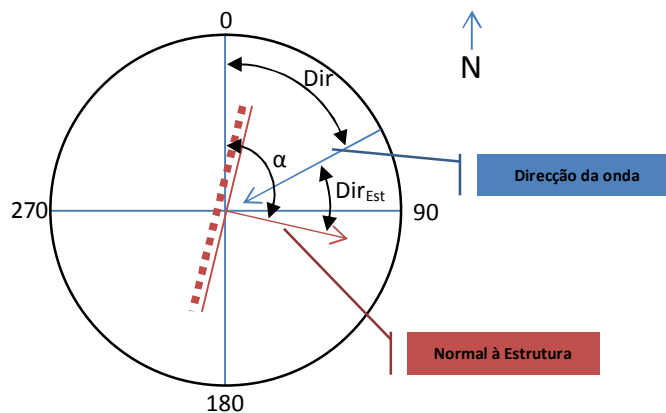


Figura 24 – Exemplo da transformação das direções de agitação do DREAMS para o NN_Overtopping2

9. NN_overtopping2

O NN_OVERTOPPING2, desenvolvido no projeto europeu CLASH (Coeveld et al., 2005) teve como objetivo gerar um método de previsão do caudal médio galgado, apoiando-se em testes de ensaios em modelo físico para várias características de agitação e diferentes tipos de estruturas recolhidos em vários laboratórios internacionais. Este modelo baseia-se na análise de redes neuronais, sistema de processamento de carácter empírico que se inspira num sistema de ligações paralelas semelhantes ao do cérebro humano, o que possibilita a interligação de grande variedade de parâmetros de entrada e saída, que fornecem a flexibilidade na descrição da geometria da estrutura. Assim, a grande vantagem da aplicabilidade desta metodologia está relacionada com a possibilidade de impor uma diversidade de parâmetros de entrada.

Para tal, esta ferramenta analisa cerca de 700 redes neuronais, com uma base de 8400 combinações de input-output resultantes de ensaios em modelo físico para várias características de agitação e diferentes tipos de estruturas. Essa variabilidade é imposta pelos 15 parâmetros exemplificados na Fig. 25.

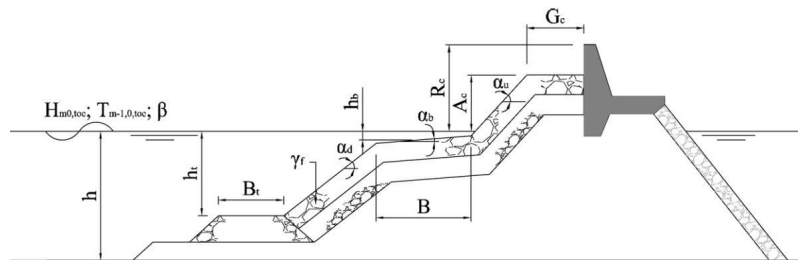


Figura 25 – Parâmetros de entrada do NN_Overtopping2

h – altura de água no pé da estrutura (m).

h_t – altura de água na banqueteta de pé do talude (m). Se não existir banqueteta de fundo, h_t é igual a h .

B_t – largura da banqueteta de pé de talude (m). Caso não exista esta banqueteta, B_t é nulo.

B – largura da berma da estrutura medida na horizontal (m).

h_b – altura da água na berma da estrutura (m).

α_b – ângulo que a berma faz com a horizontal ($^\circ$).

R_c – distância entre o nível médio da água e a cota do coroamento da estrutura (m).

A_c – distância entre o nível médio da água e a cota da berma superior da estrutura (m).

G_c – largura da berma superior (m).

α_d – ângulo que o talude imediatamente abaixo da berma faz com a horizontal ($^\circ$).

α_u – ângulo que o talude imediatamente acima da berma faz com a horizontal ($^\circ$).

γ_r – parâmetro indicativo da rugosidade e permeabilidade da estrutura.

O parâmetro mais condicionante no dimensionamento de estruturas marítimas está relacionado com a definição da cota de coroamento, implícita de forma direta no controlo ou redução do galgamento da mesma. No entanto, não se pode considerar como solução mais adequada a que apresente as cotas de coroamento mais elevado, pois para além dos custos adicionais relativos à maior quantidade de material, mão-de-obra e maior tempo disponibilizado, estão também associados os impactes ambientais.

Assim, para tentar reduzir ou eliminar o galgamento sem implicar uma zona de espraiamento exagerada, é necessário recorrer a outros parâmetros que permitam uma maior dissipação da energia da onda.

Um dos parâmetros possíveis de suscitar esse aumento de dissipação está relacionado com a geometria da estrutura de defesa. A escolha por formas mais complexas, com aplicação de bermas, permite criar um número mais elevado de descontinuidades no perfil desta e assim admitir uma maior dispersão da energia. O mesmo acontece se se optar por uma superestrutura com defletor, possibilitando o retorno da onda incidente e por consequência uma menor quantidade de caudal galgado. O ângulo do talude com a horizontal, também implícito na geometria da estrutura pode influenciar de forma considerável o fenómeno de galgamento.

A seleção das características do material adotado para o manto da estrutura é outro fator decisivo. Blocos mais rugosos e de formas mais elaboradas permitem uma maior permeabilidade do talude exterior e, conseqüentemente, uma maior dissipação da energia das ondas incidentes. O parâmetro representativo da rugosidade e da permeabilidade da estrutura é descrito pela variável γf , Tabela 4.

Tabela 4 É Parâmetro indicativo da permeabilidade e rugosidade da estrutura (Santos et al., 2011).

Tipo de manto resistente	f
Superfície lisa e impermeável	1.0
Enrocamento	0.5
Cubos (2 camadas; colocação desarrumada)	0.5
Cubos (1 camada; colocação desarrumada)	0.52
Cubos Antifer	0.5
Acropodes	0.49
Tetrápodes	0.4
Dolos	0.43

O parâmetro γf pode ainda ser reduzido quando é tido em conta o efeito de retorno da onda após colidir com a estrutura. Neste caso (Eqs. 8 e 9):

Se $\gamma_f < 0.9$

$$\begin{cases} \text{para } \frac{R_c}{Hm} \geq 0.5 & : \gamma_{f_corrig} = \gamma_f - 0.05 \\ \text{para } \frac{R_c}{Hm} < 0.5 & : \gamma_{f_corrig} = \gamma_f \end{cases} \quad 8$$

Se $\gamma_f \geq 0.9$

$$\begin{cases} \text{para } \frac{R_c}{Hm} > 1 & : \gamma_{f_corrig} = \gamma_f - 0.3 \\ \text{para } \frac{R_c}{Hm} \leq 0.5 & : \gamma_{f_corrig} = \gamma_f \\ \text{para } 0.5 < \frac{R_c}{Hm} \leq 1 & : \text{interpolation} \end{cases} \quad 9$$

9.1 Procedimento para execução do NN_Overtopping2

Para correr o NN_Overtopping2 são necessários gerar dois ficheiros:

- Um ficheiro com os dados de agitação marítima:

COLUNA 1: Hs_corrigido

COLUNA 2: Tm01

COLUNA 3: Dir_Est

- Um ficheiro com os parâmetros que caracterizam cada estrutura (tabela 5). Construído com o auxílio da tabela 6:

Tabela 5 – Parâmetros da geometria da estrutura para um NM de + 1.7 m (PMAV)

Stretch	Structure toe location (m CD)	Wall height (m)	h _t (m)	B _t	γ _f (-)	cot(α ₀) (-)	cot(α ₀) (-)	R _c (m)	B (m)	h _b (m)	tan(α ₀) (-)	A _c (m)	G _c (m)
D1	-1.00	1.00	2.70	0	0.5	1.5	1.5	4.8	11	-0.8	0	3.8	5.25
D2	-1.40	1.45	3.10	0	0.5	1.5	1.5	5.25	0	0	0	3.8	5.25
D3_1	-18.00	3.9	19.70	0	0.35	4.3	1.5	9.3	0	10.45	0	6.9	8
D3_2	-18.00	3.9	19.70	0	0.35	4.3	1.5	9.3	0	10.45	0	6.9	16
D4	-1.70	1.56	3.40	0	0.5	1.5	1.5	5.36	0	0	0	3.8	5.25
D5	-1.00	0.84	2.70	0	0.5	1.5	1.5	4.64	0	0	0	3.8	5.25
D6	-1.00	1.37	2.70	0	0.5	1.5	1.5	5.17	0	0	0	3.8	5.25
D7	-0.55	1.20	2.25	0	0.5	1.5	1.5	5.00	0	0	0	3.8	5.25
D8_G1	-18.00		19.70	0	0.4	6	1.5	5.4	0	11.5	0	6.9	8.25

Atenção: Cria-se um ficheiro para cada ponto. Alguns parâmetros variam ao longo do tempo, nomeadamente os parâmetros que dependem de NM.

As figuras 26 e 27 mostram os perfis tipo das defesas frontais junto aos esporões

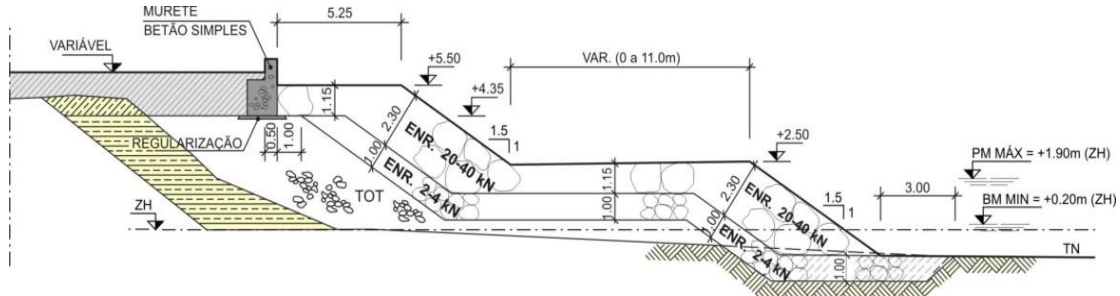


Figura 26 – Perfis tipo da defesa frontal junto ao enraizamento do esporão 3 (D2)

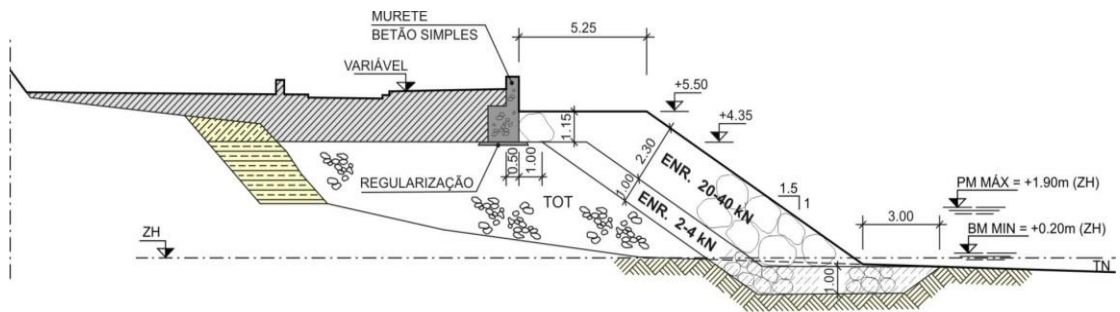


Figura 27 – Perfis tipo da defesa frontal aderente (D1)

Tabela 6 – Características dos esporões

Sector da defesa frontal	Agitação (junto aos molhes)			Cota do pé do talude (m ZH)	Altura do muro (m)	Perfil
	Rumo	Hs	Tm			
Esp. 1 – Esp. 2	ENE	8	10	-1.0	0.85	Tipo
				-1.7 (D4)	1.56	
Esp. 2 – Esp. 3	E	9	10	-0.5	1.20	Tipo
				-1.4 (D2)	1.45	
				-1.0 (D1)	1.00	Junto ao esporão 3
Esp. 3 – Esp. 4	E	9	10	-1.2	0.77	Alimentação artificial
				-0.6	0.82	Tipo
				-1.0	0.84	
Esp. 4 – Esp. 5	ESE	9	10	-1.6	1.40	Alimentação artificial
				0.0	1.20	Tipo
				-1.0	1.37	
Esp. 5 – Esp. 6	ESE	9	10	-1.4	0.80	Alimentação artificial
				0.0	0.77	Tipo
				-0.55	1.20	Alimentação artificial

Uma vez que a estrutura do Quebra-mar Sul (Figura 27) não está de acordo com a geometria típica do NN_Overtopping2 (Figura 25), para calcular os galgamentos no trecho do ponto D3 foram consideradas dois perfis fictícios (D3_1 e D3_2, Tabela 5), que diferem apenas na largura da berma superior (G_c) (Figura 26). O valor final do galgamento para este trecho será resultado da média dos dois valores obtidos por cada perfil fictício. No caso do ponto D8 está-se interessado em avaliar a influência do galgamento sobre a estabilidade e utilização da superestrutura por parte das pessoas e veículo, de modo que a descarga seja avaliada no ponto G1 (Figura 27).

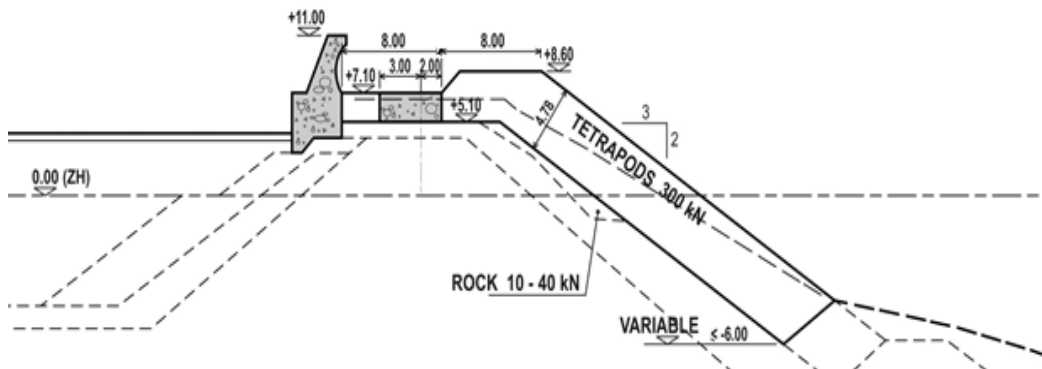


Figura 28 – Perfis dos trechos do ponto D3

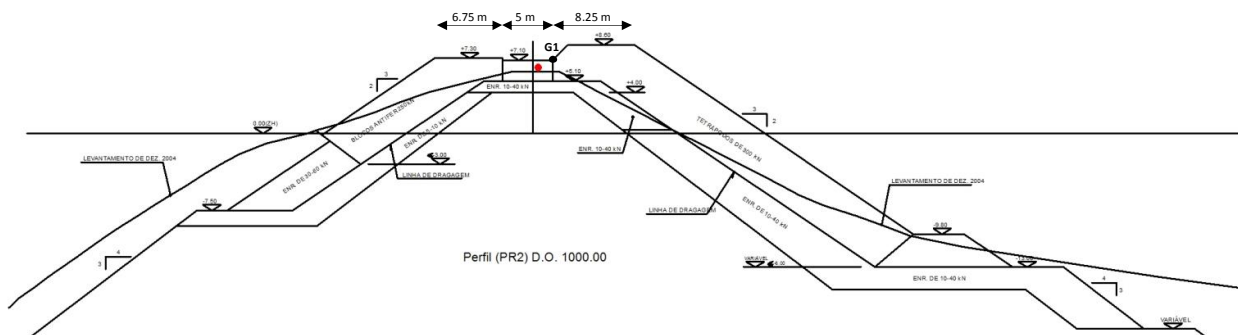


Figura 29 – Perfis dos trechos do ponto D8

É ainda necessário colocar os ficheiros criados no local onde se encontra o BATCH editá-lo para correr com os ficheiros criados e meter o nome do output que se deseja (a amarelo).

`copy agitacao_2008_a_2012_D3.dad dados_agitacao.dad`

`copy estrutura_2008_a_2012_D3.dad dados_estrutura.dad`

`galgamento_neuronal.exe`

`copy ficheiros_NN_Over.dat NN_OVERTOPPING.INP`

`copy NN_OVERTOPPING.INP .\resultadosNN_OVERTOPPING_D2.INP`

NN_OVERTOPPING.EXE

copy NN_OVERTOPPING.LIS NN_OVERTOPPING_final.dat

galgamento_neuronal_tratar.exe

copy Resultados_galgamento_final.dat \Resultados_galgamento_final_D3_2_hoje.dat

copy Resultados_Total.dat \Resultados_Total_D3_2_hoje.dat

10. Avaliação do risco

Neste trabalho, a avaliação do risco de galgamento de uma dada estrutura é baseada na combinação entre os valores de probabilidade de ocorrência de um galgamento superior a um determinado limiar de caudal médio galgado e os valores de consequências relativos à superação desse limiar. Por simplificação, atribui-se à probabilidade de ocorrência uma escala de graus de probabilidade em vez da probabilidade da ocorrência do acontecimento perigoso e um grau de consequências em vez do prejuízo associado a este acontecimento, em que (Eq.10):

$$R = \text{Grau de Probabilidade} \times \text{Grau de Consequências} \quad 10$$

Para definir esses graus, a Tabela 6, a Tabela 7 e a Tabela 8, referentes aos graus de probabilidade e de consequências, são guias de orientação que devem refletir as características do problema em estudo.

Tabela 6 É Avaliação da aceitabilidade do Grau de Risco obtido (Santos et al., 2011).

Grau de Risco	Descrição	Controlo do Risco
1 . 3	Insignificante	Risco desprezável; não é preciso levar a cabo medidas de controlo de risco.
4 . 10	Reduzido	Risco que pode ser considerado aceitável/tolerável caso se seleccione um conjunto de medidas para o seu controlo.
15 . 30	Indesejável	Risco que deve ser evitado se for razoável em termos práticos; requer uma investigação detalhada e análise de custo-benefício; é essencial a monitorização.
40 . 125	Inaceitável	Risco intolerável; tem que se proceder ao controlo do risco (e.g. eliminar a origem dos riscos, alterar a probabilidade de ocorrência e/ou as consequências, transferir o risco, etc.).

Tabela 7 É Graus de probabilidade de ocorrência de galgamentos não admissíveis (Santos et al., 2011).

Grau	Descrição	Probabilidade de Ocorrência
1	Improvável	0 . 1%
2	Raro	1 . 10%
3	Ocasional	10 . 25%
4	Provável	25 . 50%
5	Frequente	> 50%

Tabela 8 É Grau de consequências associadas à ocorrência de acontecimento perigoso (Santos et al., 2011).

Grau	Descrição	Consequências						
		Pessoas	Ambiente	Gestão portuária	Património			
					Edifícios	Equipamentos	Estrutura	Veículos
1	Insignificantes	Possibilidade e de ferimentos muito ligeiros	Impacto ambiental desprezável	Alterações ligeiras nas atividades portuárias	Danos exteriores quase inexistentes	Danos quase inexistentes	Dano na zona ativa da estrutura não necessitando reparação	Danos quase inexistentes
2	Reduzidas	Uma única lesão ligeira	Pequenos derrames (por exemplo de combustível)	Algumas alterações nas atividades portuárias; má publicidade para o porto a nível local	Danos interiores e exteriores insignificantes	Danos ligeiros que não implicam a paragem do equipamento; resolução de problemas quase imediata	Ocorrência de movimentos e quedas de blocos sem exposição de filtros; reparação imediata desnecessária	Danos insignificantes que não afetam a sua utilização
5	Sérias	Múltiplas lesões ligeiras ou uma única lesão grave	Algumas áreas com acesso proibido devido a poluição causada por derrames	Operações de carga e descarga condicionadas; possibilidade de paragem parcial do porto; má publicidade generalizada	Danos interiores moderados	Danos que implicam inatividade temporária do equipamento para reparação	Ocorrência de movimentos e quedas de blocos com exposição de filtros; superestrutura afetada mas sem movimentos significativos	Danos sérios com consequências na sua utilização, mas que não levam à sua paragem temporária
10	Muito sérias	Muitas lesões graves ou uma perda de vida	Episódios de poluição dentro e fora do porto com possibilidade de consequências irreparáveis para o ambiente	Impossibilidade de realização de operações de carga e descarga durante vários dias; má publicidade a nível nacional	Grandes danos no interior; estrutura do edifício afetada	Danos gravem; inatividade prolongada do equipamento	Filtros afetados; movimentos substanciais da superestrutura	Danos exteriores sérios com consequências na sua utilização que levam a uma paragem prolongada
25	Catastróficas	Muitas perdas de vidas	Derrames generalizados; contaminação muito grave; consequências irreparáveis para o ambiente; necessidade de ajuda internacional	Restrições muito sérias às operações de carga e descarga durante muito tempo; perda de trocas comerciais durante muito tempo; má publicidade internacional	Danos interiores muito gravem; estrutura do edifício seriamente afetada; colapso iminente	Perda do equipamento (reparação impossível)	Colapso da estrutura	Danos sérios inviabilizando a sua utilização em definitivo

Assim, o processo de avaliação qualitativa do risco de galgamento de uma estrutura marítima é efetuado da seguinte forma:

- Divisão do local de estudo em subzonas, atendendo ao tipo de utilização da zona protegida pela estrutura e conseqüente variabilidade do caudal médio admissível de galgamento e ainda o perfil transversal da estrutura de defesa;
- Cálculo da probabilidade de ocorrência de galgamentos não admissíveis, com base na resposta da estrutura à agitação incidente e nos limites admissíveis para cada tipo de estrutura. Classificação dessa probabilidade tendo em conta os graus definidos na Tabela 7;
- Definição do grau de consequências, baseado na Tabela 8.

- Obtenção do grau de risco para cada subzona através do módulo do grau da probabilidade de ocorrência e do grau de consequências de ocorrência de galgamentos não admissíveis. Criação de um mapa de riscos.

10.1 Valores admissíveis de galgamento

Raramente as estruturas marítimas conseguem evitar o fenómeno de galgamento, admitindo uma passagem de água com um determinado caudal médio por metro linear da estrutura. Este valor de caudal médio galgado máximo admissível está relacionado com a probabilidade de ocorrência e com as consequências advindas deste fenómeno.

O caudal galgado pode provocar simples inundações, sem grandes danos associados, ou pode chegar ao extremo de por em perigo vidas humanas. Assim, os valores admissíveis de galgamento dependem das atividades desenvolvidas na zona de estudo, das infraestruturas existentes e da necessidade de garantir a segurança de pessoas e/ou veículos, entre outros.

(Pullen, 2007) estabeleceram valores críticos do caudal médio recomendado para diversas situações, apresentados na Tabela 9, Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12.

Tabela 9 É Valores do caudal médio de galgamento admissível para estruturas marítimas (Silva, 2011).

	Condições e tipo de danos	Caudal médio \bar{q} (l/s/m)
Estrutura de defesa com talude no tardo	Sem danos se o coroamento e o tardo estiverem bem protegidos.	50 . 200
	Sem danos no coroamento e no tardo mesmo se não estiverem protegidos.	1 . 10
	Sem danos no coroamento e no tardo de um dique de argila coberto por relva.	0.1
Defesas frontais	Danos em zonas de circulação pavimentadas localizadas atrás da defesa frontal.	200
	Danos em zonas de circulação relvadas ou levemente protegidas.	50

Como se pode verificar as estruturas não protegidas apresentam-se consideravelmente mais limitadas que as restantes a nível de caudal médio admissível.

As tabelas seguintes apresentam valores de caudal mais restrito, por se tratar de consequências consideravelmente mais graves provindas deste fenómeno, como atingir de forma direta a população, ou de forma indireta, atingindo as embarcações ou veículos que estejam no local.

Tabela 10 É Valores de caudal médio galgado admissível para as diversas alternativas existentes em zonas abrigadas pela estrutura (Silva et al., 2011).

Condições e tipo de danos	Caudal médio $\bar{E} q$ (l/s/m)
Danos significativos ou afundamento de grandes barcos	50
Afundamento de barcos pequenos localizados a 5-10m da estrutura	10 ⁽¹⁾
Danos em grandes barcos	
Danos em edifícios	1 ⁽²⁾
Danos em equipamentos localizados a 5 . 10m da estrutura	0.4 ⁽¹⁾

(1) Limites relacionados com o galgamento obtido na estrutura marítima.

(2) Limites relacionados com o galgamento efetivo obtido no edifício.

Tabela 11 É Valores do caudal médio de galgamento admissível para pessoas (Silva et al., 2011).

Condições e tipo de danos ⁽³⁾	Caudal médio $\bar{E} q$ (l/s/m)
Pessoal treinado, com equipamento e calçado adequado, com perceção de que se pode molhar. O galgamento gera escoamentos de pouca altura, sem jatos de água a cair, perigo reduzido de queda para o mar.	1 . 10
Pessoas cientes, com visão clara do mar, que não ficam facilmente perturbadas ou assustadas, capazes de tolerar o facto de ficarem molhadas, que se deslocam numa zona larga.	0.1
Pessoas totalmente desprevenidas, que não conseguem observar a agitação incidente, que podem facilmente ficar assustadas ou perturbadas, com vestuário inapropriado para se molharem ou que se desloquem numa zona estreita ou propícia a tropeções e quedas.	0.03

(3) Estas condições não têm que ocorrer em simultâneo.

Tabela 12 É Valores do caudal médio de galgamento admissível para veículos (Silva et al., 2011).

Condições e tipo de danos	Caudal médio $\bar{E} q$ (l/s/m)
Circulação a baixa velocidade, galgamento gera escoamentos de pouca altura, sem jatos de água a cair na via, veículo não imerso.	10 . 50 ⁽⁴⁾
Circulação a velocidade moderada ou alta, galgamento projetado com grande velocidade ou com jatos de água a cair na via que podem imergir o veículo.	0.01 . 0.05 ⁽⁵⁾

É perceptível pelas tabelas anteriormente expostas, o amplo intervalo de valores, apresentando-se como situação mais crítica, a possibilidade de veículos ficarem imersos (0.01 l/s/m), e a mais favorável relacionada com estruturas sem danos, em que o coroamento e o tardoço estão bem protegidos (200 l/s/m).

De acordo com os limites de galgamento da estrutura descritos por Pullen *et al.* (2007), os seguintes limites foram adotados:

É Contentores no cais 12, localizados a 5-10m da estrutura galgada (0.4 l/s/m);

É Os utilizadores do terraplano junto do cais 12 não ficam facilmente perturbados ou assustados e, além disso, deslocam-se numa zona larga (0.1 l/s/m);

- É As pessoas que se deslocam na marginal da baía da Praia da Vitória têm uma visão clara do mar e deslocam-se numa zona larga (0.1 l/s/m);
- É Todas as estruturas analisadas (de D1 a D7) apresentam uma geometria do ponto de vista do tardo, que podem ser enquadradas no caso de defesa frontal (200 l/s/m);
- É O trecho de D8 pode ser considerado uma estrutura bem protegida (200 l/s/m);
- É Danos no edifício localizado no enraizamento do esporão 3 (1 l/s/m);
- É Os veículos circulam a baixa velocidade (10 l/s/m).

11. Resultados e Discussão

Os valores de H_s que se obtiveram no DREAMS e com as devidas correções para que fosse um parâmetro de entrada no NN_Overtopping2 estão apresentados na figura seguinte (30):

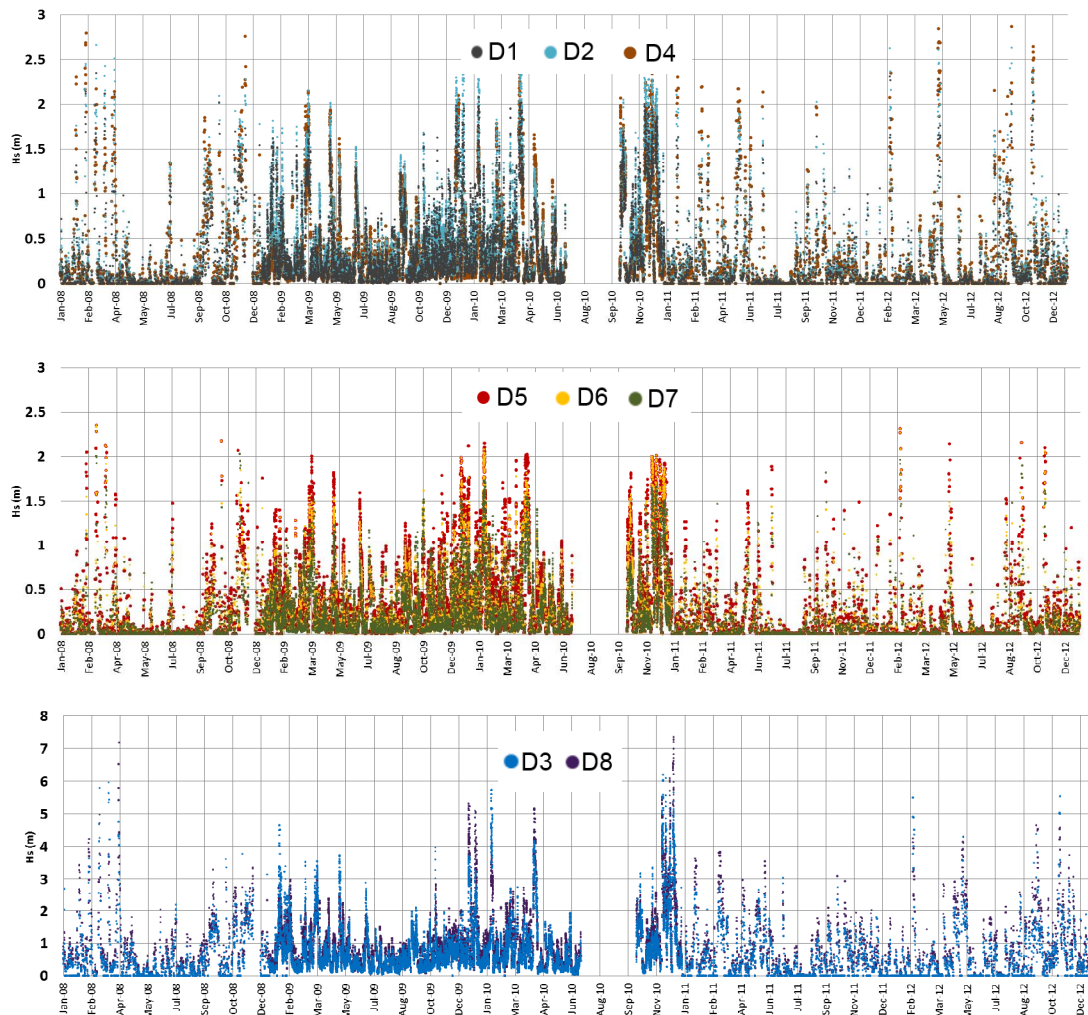


Figura 30 – Valores de H_s dos pontos D1 ao D8 de Janeiro de 2008 a Dezembro de 2012

A figura 31 é um diagrama das direcções das ondas que permite identificar as direcções mais frequentes para cada ponto. Consultar o código que se encontra no ANEXO E.

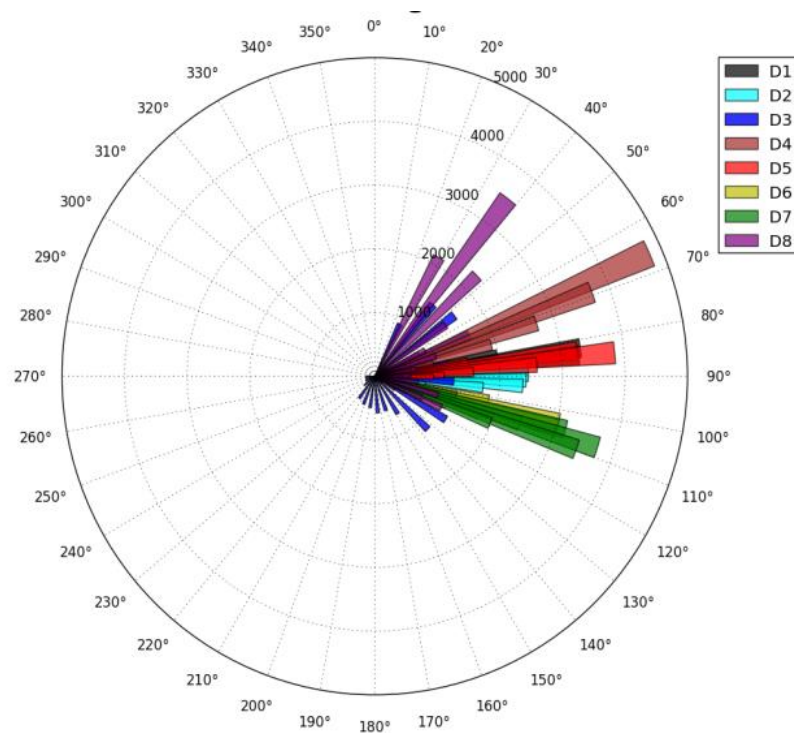


Figura 31 – Diagrama das direcções das ondas

A figura 32 mostra os resultados obtidos para 5 anos de previsões de dados de ondas dos pontos D1 ao D8. De acordo com a figura pode-se concluir que D8 tem o maior número de ocorrências de galgamentos e os mais intensos. Neste trecho as descargas médias de galgamento atingiram os 5 l/s/m. No entanto no ponto D3, o número de ocorrências de galgamento e a quantidade galgada são significativamente mais baixos, porque este ponto está muito exposto ao efeito das ondas de retorno que acabam por afetar muito as direcções das ondas, como se consegue observar na figura 31. Ao longo da defesa frontal da baía, os trechos com maiores galgamentos são o D2 e D4. D7 é o trecho mais protegido.

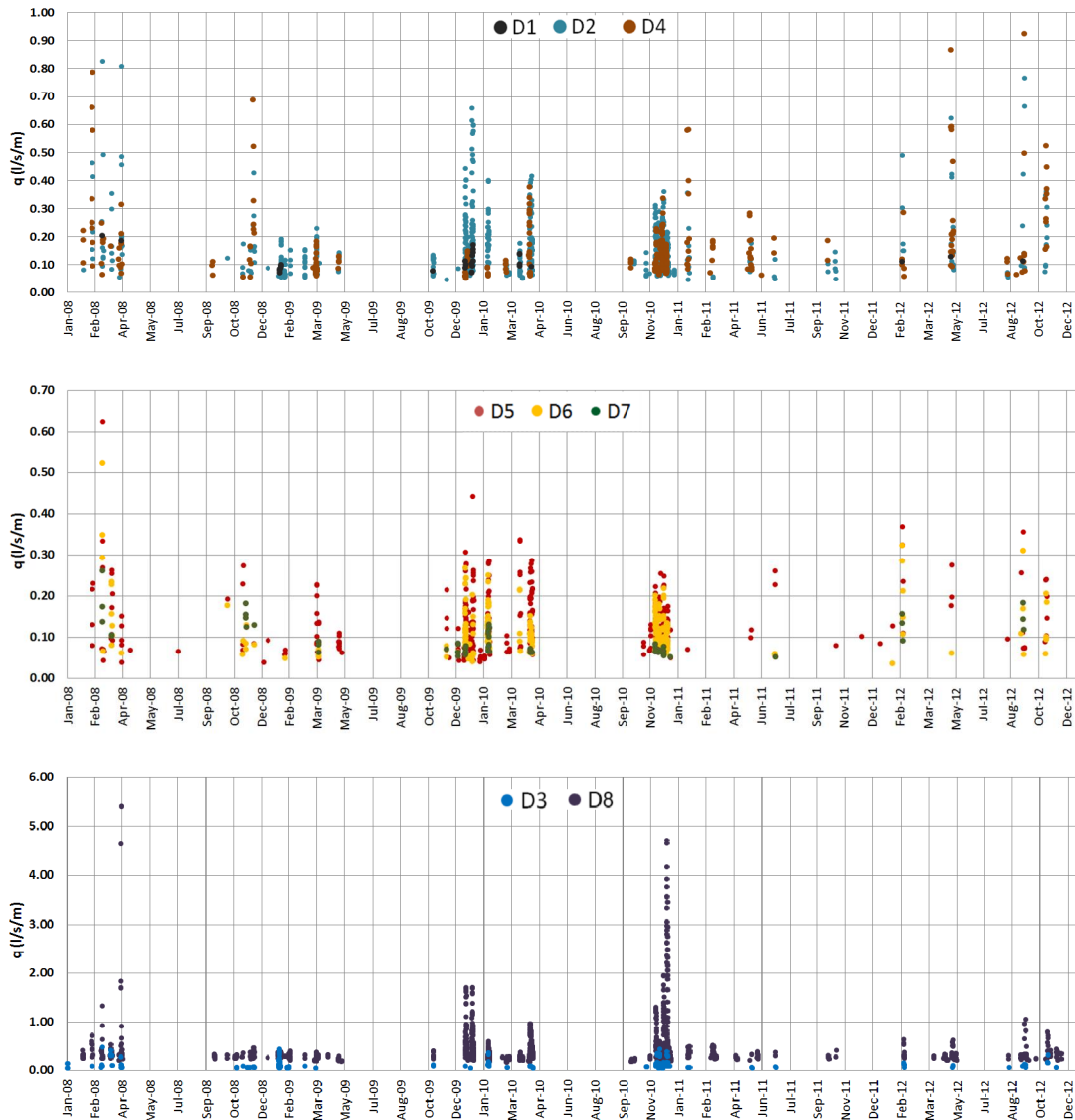


Figura 32 – Quantidade de galgamento médio previsto pelo NN_Overtopping2 para cinco anos de dados de ondas para os pontos D1 a D8

A tabela 13 apresenta as probabilidades para diferentes limites considerados para os pontos D1 a D3 para um período de 5 anos de dados. Como esperado, os limites de galgamento são mais frequentemente ultrapassados quando associados ao perigo para as pessoas. Consequentemente, a tabela 14 mostra um exemplo do nível de probabilidades, consequências e riscos para as pessoas.

Tabela 13 – Probabilidade de ocorrência com risco para as diversas categorias nas três estruturas em estudo.

		Estrutura	Veículos	Equipam.	Edifícios
D1	0.00%	0.00%	-	0.00%	Pessoas
D2	0.00%	0.00%	-	0.00%	0.08%
D3	0.00%	0.00%	0.02%	-	2.63%
D4	0.00%	0.00%	-	-	1.16%
D5	0.00%	0.00%	-	-	1.27%
D6	0.00%	0.00%	-	-	1.49%
D7	0.00%	0.00%	-	-	0.81%
D8_G1	0.00%	0.00%	2.26%	-	0.13%

O nível de consequências foi estabelecido da seguinte forma:

- Para o trecho do Quebra-mar Sul que protege o Cais 12 (D3), o nível máximo de consequências considerado foi igual a 2, devido à necessidade de algumas alterações nas atividades do porto para assegurar a segurança das pessoas e dos bens. Não há necessidade de interromper as atividades do porto, porque a largura do Cais permite a segurança da carga e descarga dos navios e a reposição de equipamentos em perigo por causa dos galgamentos.
- Para D1, o nível de consequências que foi considerado foi igual a 1, pela possibilidade de fechar o edifício salvaguardando as pessoas e os bens que se encontram no interior e nas proximidades.
- No caso da estrutura de defesa frontal (D2 e D4 até D7) o nível de consequências adotado foi igual a 2. Essencialmente, esta estrutura protege a estrada da marginal, os veículos deslocam-se a baixa velocidade e podem aparcar ao lado em caso de galgamento. Além de existir uma berma larga que previne o galgamento direto para a estrada. Também, em alturas de galgamentos, a área pode ser fechada e existe uma estrada alternativa.

Tabela 14 – Nível de probabilidade, consequências e risco associado a pessoas nos trechos D1 a D8 para um período de 5 anos

	Probabilidade (%)	Nível Prob.	Consequências	Nível Risco
D1	0.08	1	1	1
D2	2.63	2	2	4
D3	0.87	1	2	2
D4	1.27	2	2	4
D5	1.49	2	2	4
D6	0.81	1	2	2
D7	0.13	1	2	2
D8_G1	7.55	2	2	4

Depois de avaliar o risco nas estruturas estudadas e de considerar os limites de aceitabilidade dos nível de risco de Simm and Cruickshank (1998), pode-se concluir que o porto e a baía da Praia da

Vitória apresentam um risco baixo ou mesmo insignificante para as pessoas em relação aos fenómenos de galgamento. Apenas algumas medidas de prevenção são necessárias e já estão a ser devidamente executadas pelas entidades responsáveis. A Figura 33 mostra o mapa de risco de galgamento com os resultados deste estudo. Para além de informação qualitativa dos galgamentos, no que diz respeito à sua frequência e valores máximos obtidos para cada trecho. Considerou-se que cada um dos pontos representaria todo o trecho de cada estrutura de proteção até que esta tivesse uma configuração diferente.

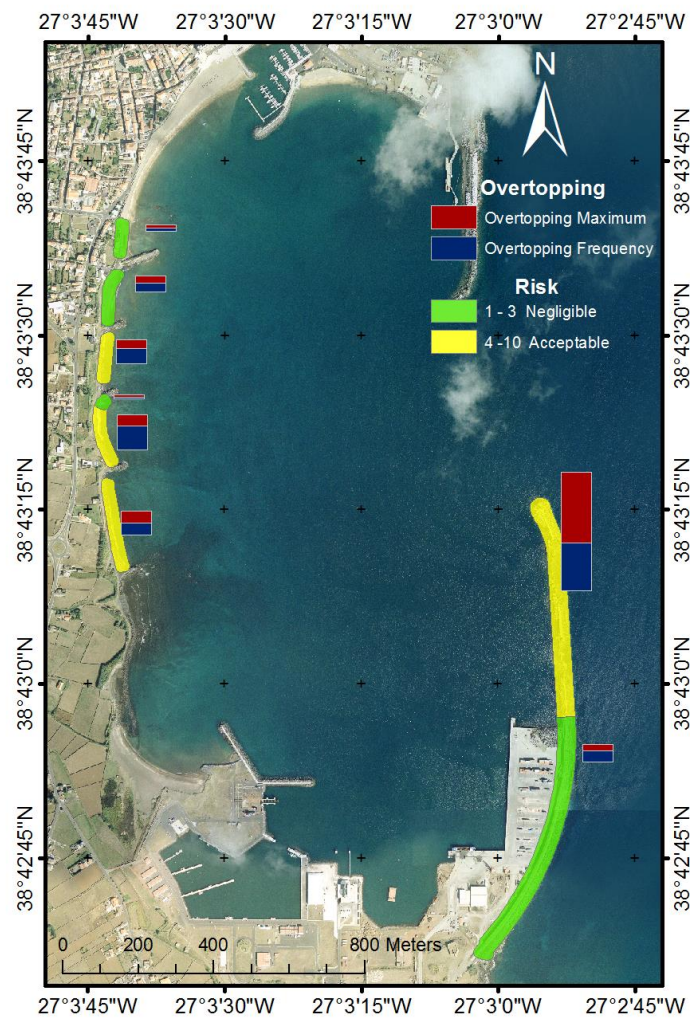


Figura 33

12. Conclusões

Este relatório mostra os recentes desenvolvimentos do projeto HIDRALERTA, um sistema integrado para a modelação da engenharia costeira e portuária. Um conjunto de procedimentos automáticos foram desenvolvidos no sentido de melhorar a implementação do sistema. Para mostrar e testar estes novos procedimentos, as previsões de agitação marítima de 2008 a 2012 do modelo WAVEWATCH III foram transferidas para vários pontos no interior do porto da Praia da Vitória, usando dois modelos numéricos para a propagação e deformação das ondas (SWAN e DREAMS), incluídos no sistema HIDRALERTA. A ferramenta NN_Overtopping2, baseada na análise de redes neuronais, foi utilizada para estudar as descargas médias de galgamentos em várias estruturas ao longo do porto e baía da Praia da Vitória. Finalmente, o nível de risco foi estabelecido, com base na combinação do nível de probabilidade de ocorrência de galgamentos quando esta passava os limites pré-definidos e os correspondentes níveis de consequências de acordo com as pessoas, infraestruturas e veículos existentes em redor de cada local analisado. Desta forma, o mapa de risco foi gerado e conclui-se que o porto e baía da Praia da Vitória apresentam um risco baixo ou insignificante para as pessoas em relação aos fenómenos de galgamento.

13. Bibliografia

- Azevedo E.B., Mendes, P., Gonçalo, V., 2008. Projects CLIMAAT and CLIMARCOST Climate and Meteorology of the Atlantic archipelagos, Maritime and Coastal climate. *Proceedings of the. 1 Workshop Internacional sobre Clima e Recursos Naturais nos Países de Língua Portuguesa - WSCRA08*, Sal, March 2 to 8, 2008 (in Portuguese).
- Booij, N., Ris, R.C., Holthuijsen L.H., 1999. A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation. *Journal of Geophysical Research*, 104(C4), pp. 7649-7666.
- Coeveld, E.M., Van Gent, M.R.A., Pozueta, B., 2005. *Neural Network. Manual NN_OVERTOPPING 2. CLASH WP8, WL | Delft Hydraulics*, Delft, The Netherlands June.
- Fortes, C.J.E.M., 1993. *Modelação matemática da refração e difração combinadas de ondas marítimas (análise pelo método dos elementos finitos)*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica, IST., Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Fortes, C.J.E.M., 2002. *Nonlinear wave transformations in harbours. A Finite element analysis*. PhD thesis, Mechanical Engineering, IST, Portugal (in Portuguese).
- Mase, H., Reis, M.T., Nagahashi, S., Saitoh, T., Hedges, T.S., 2007. "Effects of zero-overtopping data in artificial neural network predictions". *Proc. Coastal Structures 2007*, Venice, Italy, July 2-4.
- Neves, D.R., Rodrigues, S., Reis, M.T., Fortes, C.J.E.M., Santos, J.A., 2010. Application to the Port of Sines (Portugal) of a new Tool for Risk Assessment in Port Navigation using the GIS Guiomar System. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10, 4, pp. 483-504. ISSN 1646-8872 (in Portuguese).
- Neves, D.R., Santos, J.A., Reis, M.T., Fortes, C.J.E.M., Simões, A., Azevedo, E.B., Rodrigues, M.C., 2012. Risk assessment methodology for the overtopping of maritime structures. Application to the port and bay of Praia da Vitória, Azores, Portugal. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 12, 3, pp. 291-312. ISSN: 1646-8872 (in Portuguese).
- Neves, D.R.C.B., Zózimo, A.C., Pinheiro, L.V., Fortes, C.J.E.M., 2009. GUIOMAR: Geo(graphical) User Interface for cOastal and MARine Modeling. Supported Decision System. *Journal of Coastal Research*, SI 56, pp. 1542-1546.
- Pullen, T., Allsop, N.W.H., Bruce, T., Kortenhaus, A., Schuttrumpf, H., Van der Meer, J.W., 2007. *EurOtop: Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual*. Environment Agency, UK, Expertise Netwerk Waterkeren, NL, and Kuratorium fur Forschung im Kusteningenieurwesen, DE, August.
- Raposeiro, P.D., Reis, M.T., Fortes, C.J.E.M., Ferreira, J.C., 2009. Methodology for estimating run-up and flooding at the coastal zone using the GUIOMAR system: *Application to Vale do Lobo beach COASTGIS 2009*.
- Raposeiro, P.D., Fortes, C.J.E.M., Reis, M.T., Ferreira, J.C., 2010. Development of a methodology to evaluate the flood risk at the coastal zone. In *Geographic Technologies Applied to Marine Spatial Planning and Integrated Coastal Zone Management*, Calado, H. e Gil, A. (Eds.), Universidade dos Açores – Centro de Informação Geográfica e Planeamento Territorial, August, pp. 129-137. ISBN: 978-972-8612-64-1.

- Reis, M.T., Fortes, C.J., Neves, D.R.C.B., Sandos, J.A., Vieira, A.S., Simoes, A., Azevedo, E.B. 2006. Overtopping calculations on the Praia da Vitória for risk and alert evaluation. *VI Congresso sobre planeamento e gestão das zonas costeiras dos países de expressão portuguesa*, Cabo Verde.
- Rocha, T., Fortes, C., Reis, M.T., Santos, J.A., Neves, D., Portela, L., Pinto, F.T., 2013. Comparative evaluation of overtopping risk at Praia da Vitória, Terceira, Azores. *Vetor – Revista de Ciências Exatas e Engenharias* (in press, in Portuguese).
- Sabino, A., R. Nóbrega, et al., 2008. Life-Saver: Flood Emergency Simulator. *Proceedings of the 5th International ISCRAM Conference*. Washington, D.C.
- Silva, E., Santos, J. A., Reis, M. T. 2011. Porto da Praia da Vitória. Estimativa dos galgamentos da proteção marginal da baía. 7ª Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, AIPCN/PIANC, Porto, 6 e 7 de Outubro de 2011.
- Simm, J., Cruickshank, I., 1998. *Construction Risk in Coastal Engineering*. Thomas Telford, London.
- Tolman, H.L., 1999. *User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 1.18*. NOAA / NWS / NCEP / OMB technical note 166, 110 pp.

Lisboa, novembro de 2013

Autor:



Pedro Poseiro

Bolseiro de Investigação do projeto HIDRALERTA



ANEXO A

#WW3

```
from Tkinter import StringVar, Button, Entry, Tk, Label, Listbox, OptionMenu
from Tkconstants import END, HORIZONTAL, BOTH
from gdal import Open
from tkFileDialog import askdirectory
from ttk import Progressbar
from urllib2 import Request, urlopen
from os import path, makedirs

interv = range(0,12,6)

class interface(object):

    def __init__(self, master=None):
        self.window = master
        self.window.title("Wavewatch III Downloader")

        # Directory
        self._text = StringVar()
        lab = Entry(self.window, textvar = self._text, width=30)
        lab.pack()
        lab.place(x=20, y=20)

        button_opt = {'fill': BOTH, 'padx': 320, 'pady': 15}
        dirbut = Button(self.window, text = "Choose directory", fg = 'black', command= self.openDirectory)
        dirbut.pack(**button_opt)
        dirbut.place(x=210, y=15)

        # START DATE Label
        start = Label(self.window, text = 'START', font="bold")
        start.pack()
        start.place(x=140, y=50)

        # Select start day
        labday1 = Label(self.window, text = 'Day:', width=10)
        labday1.pack()
        labday1.place(x=10, y=80)

        self.day1 = StringVar()
        day1 = Entry(self.window, textvar = self.day1, width=5)
        day1.pack()
        day1.place(x=60, y=80)

        # Select start month
        labmonth1 = Label(self.window, text = 'Month:', width=10)
        labmonth1.pack()
        labmonth1.place(x=100, y=80)

        self.month1 = StringVar()
        month1 = Entry(self.window, textvar = self.month1, width=5)
        month1.pack()
        month1.place(x=160, y=80)

        # Select start year
        labyear1 = Label(self.window, text = 'Year:', width=10)
        labyear1.pack()
        labyear1.place(x=190, y=80)

        self.year1 = StringVar()
        year1 = Entry(self.window, textvar = self.year1, width=5)
        year1.pack()
        year1.place(x=245, y=80)

        # END DATE Label
        start = Label(self.window, text = 'END', font="bold")
        start.pack()
        start.place(x=145, y=120)

        # Select end day
        labday2 = Label(self.window, text = 'Day:', width=10)
        labday2.pack()
        labday2.place(x=10, y=150)

        self.day2 = StringVar()
        day2 = Entry(self.window, textvar = self.day2, width=5)
        day2.pack()
        day2.place(x=60, y=150)

        # Select end month
        labmonth2 = Label(self.window, text = 'Month:', width=10)
        labmonth2.pack()
        labmonth2.place(x=100, y=150)

        self.month2 = StringVar()
        month2 = Entry(self.window, textvar = self.month2, width=5)
        month2.pack()
        month2.place(x=160, y=150)

        # Select end year
        labyear2 = Label(self.window, text = 'Year:', width=10)
        labyear2.pack()
        labyear2.place(x=190, y=150)

        self.year2 = StringVar()
        year2 = Entry(self.window, textvar = self.year2, width=5)
        year2.pack()
        year2.place(x=245, y=150)

        # Select X coordinate
        labX = Label(self.window, text = 'Long. (Dec. Degrees):')
        labX.pack()
        labX.place(x=20, y=180)

        self.X = StringVar()
        self.X = Entry(self.window)
        self.X.pack()
        self.X.place(x=20, y=200)

        # Select Y coordinate
        labY = Label(self.window, text = 'Lat. (Dec. Degrees):')
        labY.pack()
```

```

labY.place(x=20, y=220)

self.Y = StringVar()
self.Y = Entry(self.window)
self.Y.pack()
self.Y.place(x=20, y=240)

# Select the model
labModel = Label(self.window, text = 'Choose a model:')
labModel.pack()
labModel.place(x=180, y=190)

items = ["/ww3_regional/med/", "/ww3/"]
listB = Listbox(self.window)
for item in items:
    listB.insert(END, item)
self.model = StringVar()
self.model.set(items[1])
menu = OptionMenu(self.window, self.model, *items)
menu.pack()
menu.place(x=180, y=210)

# Progress bar
self.progressbar = Progressbar(orient=HORIZONTAL, length=290, mode='determinate')
self.progressbar.pack()
self.progressbar.place(x=20, y=320)

# Rights
info = Label(self.window, text = "NPE/LNEC 2013")
info.pack()
info.place(x=230, y=350)

# Execute
but = Button(self.window, text = 'Run', command = self.window.bind('<Return>',self.main), width = 20) # self.window.bind('<Return>',
but.pack()
but.place(x=80, y=280)

def openDirectory(self,*args):
    self.dirname = askdirectory(parent=self.window, initialdir='/home/', title="Choose directory")
    self._text.set(self.dirname)

def transform(self,*args):
    # open the raster and its spatial reference
    grb = self.newpath + '/' + self.filename + '.grb'

    if Open(grb) == None:
        return 'None'
    else:
        self.dataset = Open(grb)

        # geotransformation and its inverse
        gt = self.dataset.GetGeoTransform()
        dev = (gt[1]*gt[5] - gt[2]*gt[4])
        gtinv = (gt[0]+gt[1]/2, gt[5]/dev, -gt[2]/dev, gt[3]+gt[5]/2, -gt[4]/dev, gt[1]/dev)

        # band as array
        b = self.dataset.GetRasterBand(1)
        arr = b.ReadAsArray()

        if self.filename.startswith('US058GOCN') and self.filename[22:26] == '0240':
            x,y = float(self.X.get()+360,float(self.Y.get()))
        elif self.filename.startswith('US058GNET') and self.filename[22:26] == '0240':
            x,y = float(self.X.get()+180,float(self.Y.get()))
        elif self.filename.startswith('US058GOCN') and (self.filename[22:26] == '0158' or self.filename[22:26] == '0179'):
            x,y = float(self.X.get()),float(self.Y.get())

        # convert it to pixel/line on band
        u = x - gtinv[0]
        v = y - gtinv[3]

        # half cell size thing needed
        xpix = int(gtin[1] * u + gtinv[2] * v)
        ylin = int(gtin[4] * u + gtinv[5] * v)

        return "{0:.2f}".format(arr[ylin,xpix])

def pointXY(self,*args):
    url = self.site + self.date + '/' + self.filename
    path = self.newpath + '/' + self.filename + '.grb'
    req = Request(url)
    r = urlopen(req)
    f = open(path, 'wb')
    f.write(r.read())
    f.close()
    value = self.transform(self._text.get(), self.filename, self.X, self.Y)
    return value

def files_site(self,*args):
    url2 = urlopen(self.site + self.date)
    i = 0
    condition = []
    for lines2 in url2.readlines():
        if lines2.startswith('", self.pbar)
but.grid()

# Rights
info = Label(frame, text = "NPE/LNEC 2013")
info.grid()

self.window.mainloop()

def openDirectory(self,*args):
    self.dirname = askdirectory(parent=self.window, initialdir='/home/', title="Choose directory")
    self.text.set(self.dirname)

def url_file(self,*args):
    url = self.site + '/' + self.filename
    req = Request(url)
    r = urlopen(req)
    path1 = self.newpath + '/' + self.filename
    if not path.exists(path1):
        f = open(path1, 'wb')
        f.write(r.read())
        f.close()
    _file=Dataset(path1,'r')
    self.lat = _file.variables['lat']
    self.lon = _file.variables['lon']
    self.u = _file.variables['u']
    self.v = _file.variables['v']

def write_txt(self,*args):
    lat_list = self.lat[:]
    lon_list = self.lon[:]
    lat_lims=[float(self.lat_start.get()),float(self.lat_end.get())]
    lon_lims=[float(self.lon_start.get()),float(self.lon_end.get())]
    if lat_lims[0]>lat_lims[1]:
        lat_lims=[lat_lims[1],lat_lims[0]]
    index_lat=(where((lat_list >= lat_lims[0]) & (lat_list <= lat_lims[1])))[0]
    if lon_lims[0]>lon_lims[1]:
        lon_lims=[lon_lims[1],lon_lims[0]]
    if float(self.lon_start.get()) < 0 and float(self.lon_end.get()) < 0:
        lon_lims=[360+lon_lims[0],360+lon_lims[1]]
    index_lon=(where((lon_list >= lon_lims[0]) & (lon_list <= lon_lims[1])))[0]
    grid_lat,grid_lon=mgrid[index_lat[0]:index_lat[-1]+1,index_lon[0]:index_lon[-1]+1]

    for self.time, ti in enumerate(['00', '06', '12', '18']):
        u9=self.u[self.time,0,index_lat[0]:index_lat[-1]+1,index_lon[0]:index_lon[-1]+1]
        v9=self.v[self.time,0,index_lat[0]:index_lat[-1]+1,index_lon[0]:index_lon[-1]+1]
        u1 = list(array(u9).reshape(-1,))
        v1 = list(array(v9).reshape(-1,))
        grid_lat1 = list(array(grid_lat).reshape(-1,))
        grid_lon1 = list(array(grid_lon).reshape(-1,))
        grid_lat_2 = grid_lat[:-1]

        u1list = []
        v1list = []
        points = []
        interp = '_Real'
        nan = []
        for cont, i in enumerate(u1):
            if i != -9999:
                u1list.append(u1[cont])
                v1list.append(v1[cont])
                point = [grid_lat1[cont],grid_lon1[cont]]

```

```

        points.append(point)
    else:
        interp = '_Interp'
        nan.append(i)
        if len(nan) > 0.80*len(u1):
            interp = '_Trash'

points=array(points)
u1list=array(u1list)
v1list=array(v1list)

if interp != '_Trash':
    u_grid = griddata(points, u1list, (grid_lat_2, grid_lon), method='cubic')
    v_grid = griddata(points, v1list, (grid_lat_2, grid_lon), method='cubic')

    if isnan(u_grid).any()==True:
        u_grid = u_grid[:-1]
        u_grid_list = list(array(u_grid).reshape(-1,))
        v_grid = v_grid[:-1]
        v_grid_list = list(array(v_grid).reshape(-1,))

        u1list2 = []
        v1list2 = []
        points2 = []
        for cont, i in enumerate(u_grid_list):
            if isnan(i) == False:
                u1list2.append(u_grid_list[cont])
                v1list2.append(v_grid_list[cont])
                point2 = [grid_lat1[cont], grid_lon1[cont]]
                points2.append(point2)

        points2=array(points2)
        u1list2=array(u1list2)
        v1list2=array(v1list2)

        u_grid = griddata(points2, u1list2, (grid_lat_2, grid_lon), method='nearest')
        v_grid = griddata(points2, v1list2, (grid_lat_2, grid_lon), method='nearest')

    else:
        u_grid = [0]
        v_grid = [0]

with open(self.newpath + '/' + str(self.dateyear) + str(self.datemonth) + str(self.dateday) + str(ti) + interp + '.txt',
'w+') as f:
    u_grid2 = list(array(u_grid[:-1]).reshape(-1,))
    v_grid2 = list(array(v_grid[:-1]).reshape(-1,))
    for u1 in u_grid2:
        f.writelines(str(u1) + '\n')
    for v1 in v_grid2:
        f.writelines(str(v1) + '\n')

def main(self,*args):
    self.newpath = self.text.get() + '/' + 'files'
    if not path.exists(self.newpath): makedirs(self.newpath)
    self.site='ftp://eclipse.ncdc.noaa.gov/pub/seawinds/SI/uv/6hrly/netcdf/2000s/'
    open_site=urlopen(self.site)
    for lines in open_site.readlines():
        split = lines.rsplit()
        if split[8].endswith('.nc'):
            self.filename = split[8]
            self.dateyear = self.filename[2:6]
            self.datemonth = self.filename[6:8]
            self.dateday = self.filename[8:10]
            if int(self.year1.get()) == int(self.year2.get()):
                if int(self.dateyear) == int(self.year1.get()):
                    if int(self.month1.get()) == int(self.month2.get()):
                        if int(self.datemonth) == int(self.month1.get()) and int(self.dateday) in range(int(self.day1.get()),
int(self.day2.get()+1)):
                            self.url_file(self,*args)
                            self.write_txt(self,*args)
                        else:
                            if (int(self.datemonth) == int(self.month1.get()) and int(self.dateday) in range(int(self.day1.get()),
32)) \
in range(1,32) \
or (int(self.datemonth) in range(int(self.month1.get()+1), int(self.month2.get())) and int(self.dateday)
in range(1,32)) \
or (int(self.datemonth) == int(self.month2.get()) and int(self.dateday) in range(1,
int(self.day2.get()+1))):
                                self.url_file(self,*args)
                                self.write_txt(self,*args)
                            else:
                                if int(self.dateyear) == int(self.year1.get()):
                                    if (int(self.datemonth) == int(self.month1.get()) and int(self.dateday) in range(int(self.day1.get()), 32)) \
or (int(self.datemonth) in range(int(self.month1.get()+1), 13) and int(self.dateday) in range(1,32)):
                                        self.url_file(self,*args)
                                        self.write_txt(self,*args)
                                    elif int(self.dateyear) in range(int(self.year1.get()+1), int(self.year2.get())):
                                        if int(self.datemonth) in range(1, 13) and int(self.dateday) in range(1,32):
                                            self.url_file(self,*args)
                                            self.write_txt(self,*args)
                                        elif int(self.dateyear) == int(self.year2.get()):
                                            if (int(self.datemonth) in range(1, int(self.month2.get())) and int(self.dateday) in range(1,32)) \
or (int(self.datemonth) == int(self.month2.get()) and int(self.dateday) in range(1, int(self.day2.get()+1))):
                                                self.url_file(self,*args)
                                                self.write_txt(self,*args)

def producer(self, pbar):
    print '3'
    a = date(int(self.year1.get()),int(self.month1.get()),int(self.day1.get()))
    b = date(int(self.year2.get()),int(self.month2.get()),int(self.day2.get()))

```

```

tot = (b-a).days
print '4',tot
i=0
while i < 101:
    #time.sleep(1)
    pbar.step(1)
    i += 1
pbar.destroy

def pbar(self, event):
    print '1'
    name="producer %d" % self.dialog_count
    self.dialog_count += 1

    pbar = pbar_dialog(self.window, title=name)

    p = threading.Thread(name=name, target=self.producer, args=(pbar,))
    p2 = threading.Thread(name=name, target=self.main)
    print '2'
    p.start()
    p2.start()

def cancel(self, event):
    self.window.destroy()

class pbar_dialog:
    toplevel=None
    pbar_count = 0

    def __init__(self, window, ns=None, event=None, title=None, max=100):
        self.ns = ns
        self.pbar_value = IntVar()
        self.title = title
        self.max = max

        pbar_dialog.pbar_count += 1

        if not pbar_dialog.toplevel:
            pbar_dialog.toplevel= Toplevel(window)

        self.frame = ttk.Labelframe(pbar_dialog.toplevel, text=title)
        #self.frame.pack()
        self.pbar = ttk.Progressbar(self.frame, length=300, variable=self.pbar_value)
        self.pbar.grid(row=0, column=1, columnspan=2, padx=5, pady=5)

        btn = ttk.Button(self.frame, text="Cancel")
        btn.bind("<Button-1", self.cancel)
        btn.grid(row=0, column=3, pady=10)
        self.frame.pack()

        self.set(0)

    def set(self,value):
        self.pbar_value.set(value)

    def step(self,increment=1):
        self.pbar.step(increment)

    def cancel(self, event):
        self.destroy()

    def destroy(self):
        self.frame.destroy()
        pbar_dialog.pbar_count -= 1
        if pbar_dialog.pbar_count == 0:
            pbar_dialog.toplevel.destroy()
            pbar_dialog.toplevel = None

    def automatic(self, ns, event):
        for i in range(1,100):
            self.step()

if __name__ == '__main__':
    interface()

```


ANEXO C

#Transfer

```
import glob
import os
import csv
from numpy import genfromtxt, dtype, sort, savetxt

dt = dtype([('a', 'f'), ('b', 'f'), ('c', 'f'), ('d', 'f'), ('e', 'f'), ('f', 'f'), ('g', 'f'), ('h', 'f'), ('j', 'f')])

directory = 'C:/Users/admin/Desktop/HIDRALERTA/2. DREAMS/Regimes/PV/'
os.chdir(directory)

for files in glob.glob("TRANSFER*.CSV"):
    reader = csv.reader(open(files, "r"), dialect="excel")
    my_data = genfromtxt(files, delimiter=',', dtype=dt)
    a=sort(my_data, order=('a','b','c'))
    savetxt(files[:-4]+'_dat', a, fmt='%-7.3f')
    with open(files[:-4]+'_dat', 'r') as f:
        e=f.read()
        with open(files[:-4]+'_dat', 'w+') as g:
            g.writelines('%s %s\n' %(str(6), str(2)))
            g.writelines('%s %s\n' %(str(9), str(2)))
            g.writelines('%s %s\n' %(str(9), str(2)))
            g.writelines('%s' %(e))

    with open('interpolar_intermed.txt', 'a') as h:
        h.writelines('copy %s Matriz.dat\n' %(files[:-4]+'_dat'))
        h.writelines('3D_interpol.exe\n')
        h.writelines('interpolacao.exe\n')
        h.writelines('copy resultados.dat %s\n' %(files[9:-4]+'_Pedro.dat'))
        h.writelines('\n')
        h.close()

with open('interpolar_intermed.txt', 'r') as h:
    t=h.read()

with open(directory + 'interpolar_dados.bat', 'w+') as j:
    j.writelines('copy SWAN_2008_a_2012_NM.dat Largo.dat\n')
    j.writelines('copy SWAN_2008_a_2012_HS.dat dados_2009_juana.dat\n')
    j.writelines('\n')
    j.write('%s' %(t))

os.remove(directory + 'interpolar_intermed.txt')
```



ANEXO D

#Marés

```

from Tkinter import Tk, StringVar, Entry, Button, Label, Listbox, OptionMenu
from ttk import Frame, Notebook
from Tkconstants import END, BOTH
from urllib2 import urlopen
from numpy import array
import urllib
from calendar import monthrange
from datetime import datetime

class Interface(Frame):

#####
##### MAIN #####
#####

    def __init__(self):
        Frame.__init__(self)
        self.pack()
        self.Panel = Frame(self)
        self.Panel.pack()
        nb = Notebook(self.Panel,width = 700, height = 350)
        nb.enable_traversal()
        nb.pack(pady=50)
        self.main()
        self.Tide(nb)

    def openDirectory(self,*args):
        self.directory = askdirectory(parent=root, initialdir='/home/')
        self._dir.set(self.directory)

    def main(self):
        #Directory
        self._dir = StringVar()
        lab = Entry(root,textvar = self._dir,width=30)
        lab.pack()
        lab.place(x=10, y=10)

        button_opt = {'fill': BOTH, 'padx': 320, 'pady': 15}
        dirbut= Button(root, text = "Choose a output directory", fg = 'black', command= self.openDirectory)
        dirbut.pack(**button_opt)
        dirbut.place(x=200, y=6)

        # Rights
        info = Label(root, text = "NPE/LNEC 2013")
        info.pack()
        info.place(x=210, y=300)

        # Execute
        but = Button(root, text = 'Run', command = self.bind('<Return>',self.mainTide), width = 20) #
        self.frame.bind('<Return>',
            but.pack()
            but.place(x=80, y=220)

#####
##### Tide Level #####
#####

    def Tide(self,nb):
        self.frame = Frame(nb, name='tide')
        nb.add(self.frame, text='Tide', underline=0, padding=2)

        # Select year
        year = Label(self.frame, text = 'Year:',width=10)
        year.pack()
        year.place(x=10, y=10)

        self.year_tide = StringVar()
        self.year_tide = Entry(self.frame, textvar = self.year_tide, width=5)
        self.year_tide.pack()
        self.year_tide.place(x=30, y=30)

        # Empty list
        self.items = ['<Empty>']
        listB = Listbox(self.frame)
        listB.insert(END, self.items)

        self.menu = OptionMenu(self.frame, self.items, *self.items)
        self.menu.pack()

```

```

self.menu.place(x=100, y=85, width=150)

# Execute year files
but = Button(self.frame, text = 'Show available files', command =
self.frame.bind('<Return>',self.mainTideFiles), width = 20) # self.frame.bind('<Return>',
but.pack()
but.place(x=100, y=20)

# Files list
labModel = Label(self.frame, text = 'Files:')
labModel.pack()
labModel.place(x=100, y=70)

# Amplitude
amp = Label(self.frame, text = 'Amplitude:',width=10)
amp.pack()
amp.place(x=260, y=80)

self.amp = StringVar()
self.amp = Entry(self.frame, textvar = self.amp, width=5)
self.amp.pack()
self.amp.place(x=280, y=100)

# Storm surge
storm = Label(self.frame, text = 'Storm surge:',width=10)
storm.pack()
storm.place(x=260, y=10)

self.storm = StringVar()
self.storm = Entry(self.frame, textvar = self.storm, width=5)
self.storm.pack()
self.storm.place(x=280, y=30)

def mainTideFiles(self,*args):
    site = 'ftp://ftp01.fc.ul.pt/Mares/' + str(self.year_tide.get()) + '/'
    url = urlopen(site)
    self.items = []
    for lines in url.readlines():
        file_t = lines.split()
        if len(file_t)==11:
            file_tide = ('%s %s %s' %(file_t[8],file_t[9],file_t[10]))
        else:
            file_tide = file_t[8]
        if file_tide.endswith('AH.TXT'):
            self.items.append(file_tide)
            listB = Listbox(self.frame)
            for item in self.items:
                listB.insert(END, item)
            self.coord = StringVar()
            self.coord.set(self.items[0])
            menu = OptionMenu(self.frame, self.coord, *self.items)
            menu.pack()
            menu.place(x=100, y=85, width=150)

def mainTide(self,*args):
    _file = self.coord.get()
    url = 'ftp://ftp01.fc.ul.pt/Mares/' + str(self.year_tide.get()) + '/' + _file
    path = self.directory
    urllib.urlretrieve(url, path + '/' + _file)
    local_file = (path + '/' + _file)

    with open(local_file, 'r') as h:
        print h
        result=[]
        cont_month =1
        init=6
        cont_arr=0
        final={}
        for cont,line in enumerate(h.readlines()):
            if cont>=init and cont <init+monthrange(int(self.year_tide.get()),cont_month)[1]:
                x= [float(x) for x in line.split(' ') if x!='']
                result.append(x)
                if cont==init+monthrange(int(self.year_tide.get()),cont_month)[1]-1:
                    init = cont+9
                    array(result)
                    final[cont_month]=result
                    result=[]
                    cont_month+=1

        result_str = '{0:10} {1:10}'

        cont=0
        result=[]
        for key,value in final.items():
            for i in values:

```



```
1),i[j]])
        cont+=1

        with open(path + '/' + 'mare_' + _file + '.txt', 'w+') as g:
            for i in result:
                g.writelines(str(i[0]) + '\t' + str(i[1]) * float(self.amp.get()) +
float(self.storm.get()))+'\n')

#####

root=Tk()
root.title('HIDRALERTA')
root.geometry("370x330")
Interface().mainloop()
```



ANEXO E

#Rose diagram

```

import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import os
import glob
import math
import matplotlib.cm as cm

directory='C:/Users/admin/Desktop/HIDRALERTA/2. DREAMS/Regimes/PV/'
os.chdir(directory)

def Rose_Diagram(filename):
    for _file in glob.glob(filename):
        with open(_file) as f:
            x=[]
            for cont,line in enumerate(f.readlines()):
                a = line.rstrip()
                if a[3] == '0.0000' or a[4] == '0.0000' or a[5] == '0.0000':
                    print '1'
                else:
                    x.append(float(a[5])) #Direction
            f.close()

        a=np.histogram(x, bins=20)

        a0=[]
        for i in range(len(a[0])):
            b=a[0][i]
            a0.append(b)
        print a0

        a1=[]
        for i in range(len(a[0])):
            b=a[1][i]-2.5
            a1.append(b)

        angle=a1

        angle = [math.radians(a) for a in angle]

        lux=a0

    return angle, lux

fig = plt.figure()
fig = fig.add_subplot(336)
plt.clf()
sp = plt.subplot(1, 1, 1, projection='polar')
sp.set_theta_zero_location('N')
sp.set_theta_direction(-1)
sp.xaxis.set_ticks(np.arange(0,2*math.pi,math.pi/18))
#sp.axes.get_yaxis().set_visible(False)

angle, lux = Rose_Diagram("P1_Pedro.dat")
d1 = sp.bar(angle, lux,width=0.09, color='black', alpha=0.7, label="D1")
angle, lux = Rose_Diagram("P2_Pedro.dat")
d2 = sp.bar(angle, lux,width=0.09, color='cyan', alpha=0.7, label="D2")
angle, lux = Rose_Diagram("P3_Pedro.dat")
d3 = sp.bar(angle, lux,width=0.09, color='b', alpha=0.8, label="D3")
angle, lux = Rose_Diagram("P4_Pedro.dat")
d4 = sp.bar(angle, lux,width=0.09, color='brown', alpha=0.7, label="D4")
angle, lux = Rose_Diagram("P5_Pedro.dat")
d5 = sp.bar(angle, lux,width=0.09, color='r', alpha=0.7, label="D5")
angle, lux = Rose_Diagram("P6_Pedro.dat")
d6 = sp.bar(angle, lux,width=0.09, color='y', alpha=0.7, label="D6")
angle, lux = Rose_Diagram("P7_Pedro.dat")
d7 = sp.bar(angle, lux,width=0.09, color='g', alpha=0.7, label="D7")
angle, lux = Rose_Diagram("P8_Pedro.dat")
d8 = sp.bar(angle, lux,width=0.09, color='purple', alpha=0.7, label="D8")

c = sp.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1), loc=2, borderaxespad=0.)

plt.title("Rose Diagram\n", fontsize=30)
plt.show()

```