



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Comparação de duas ferramentas de cálculo do galgamento baseadas na análise de redes neuronais

ANDRÉ ALEIXO BRAVO
Licenciado em Engenharia Civil

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de Especialização em Hidráulica

Orientador (es):

Doutor, João Alfredo Ferreira dos Santos (Prof. Coordenador do ISEL)

Doutor, Maria Teresa Leal Gonsalves Veloso dos Reis (Inv. Auxiliar do LNEC)

Júri:

Presidente: Doutor, Maria Ana de Carvalho Viana Baptista (Prof. Coord. c/Agregação do ISEL)

Vogais:

Doutor, Conceição Juana Espinosa Morais Fortes (Inv. Principal do LNEC)

Doutor, João Alfredo Ferreira dos Santos (Prof. Coordenador do ISEL)

Doutor, Maria Teresa Leal Gonsalves Veloso dos Reis (Inv. Auxiliar do LNEC)

Novembro de 2012

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar ao Professor João Alfredo Santos e à Doutora Maria Teresa Reis que me ajudaram na elaboração deste trabalho. Agradeço a generosa partilha da sua sabedoria, conhecimento, dedicação, paciência, colaboração e simpatia.

Em segundo lugar quero apresentar a minha gratidão a toda a equipa do Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas do LNEC, por me terem recebido de forma notável. Congratulo o espírito de equipa que ali prevalece.

Aos meus Pais e Irmã que me proporcionaram todas as condições ao meu estudo académico e me deram sempre todo o amor e apoio necessário.

Por fim, um agradecimento especial aos meus avós: os meus excelentes avós Tenreiro e Helena. É com imenso carinho que lhes agradeço terem-me acolhido em sua casa e providenciado sempre toda a comodidade e condições de estudo, todos os maravilhosos petiscos às refeições, toda a cultura e conhecimento/experiência transmitidos, todas as oportunidades de conversa e de desabafo e, principalmente, todo o amor, respeito e tolerância com que sempre me trataram. Estou-lhes eternamente grato.

Obrigado

RESUMO

O galgamento de estruturas marítimas é um fenómeno caracterizado pela passagem de água sobre o seu coroamento devido à ação da agitação marítima incidente. Numa estrutura do tipo quebra-mar de taludes, a onda marítima perde parte significativa da sua energia no espraçamento. Se a zona de talude emersa não for suficiente extensa para ocorrer a dissipação total da energia, o nível máximo de espraçamento excede a cota do coroamento da estrutura e verifica-se galgamento. O caudal médio de água que galga as estruturas, habitualmente medido em m^3/s por metro linear de estrutura, constitui a par da estabilidade da estrutura, um dos principais parâmetros condicionantes em projeto. A quantificação incorreta dos efeitos do fenómeno pode não só originar implicações de índole financeira e económica, como colocar em risco a segurança de pessoas, bens e equipamentos, bem como as atividades que justificam a existência daquelas obras de proteção.

Neste trabalho é utilizada uma metodologia recente de previsão de galgamentos em estruturas marítimas, a qual se baseia no conceito de análise de redes neuronais para o desenvolvimento das ferramentas de cálculo. São aplicadas as ferramentas NN_OVERTOPPING2, do projeto Europeu de investigação CLASH, e Overtopping, que faz parte da dissertação de doutoramento de Verhaeghe (2005). Esta segunda ferramenta mostra uma maior valia em relação à primeira, por ter sido desenvolvida para prever galgamentos nulos para determinados estados de agitação incidentes nas estruturas.

O caso de estudo é referente a um troço (em frente ao posto 2) do molhe Oeste do Porto de Sines que serve de abrigo ao terminal de graneis líquidos. Para o perfil desta estrutura existem dados de galgamentos que resultaram de ensaios em modelo físico reduzido realizados no LNEC.

Devido à colocação diferenciada dos blocos Antifer em duas zonas do manto de proteção, o que lhe confere diferentes características de rugosidade e de permeabilidade, foi utilizada uma metodologia recomendada por Pullen *et al.* (2007) no cálculo do coeficiente de redução do galgamento γ_f , que tem em conta, entre outras variáveis, aquelas características físicas.

O presente trabalho visa comparar os resultados estimados pelas duas ferramentas de redes neuronais, tendo como referência os valores do caudal médio galgado por metro linear de estrutura obtidos nos referidos ensaios. Será observado que os resultados produzidos pelas ferramentas são bastante satisfatórios, apresentando no entanto significativas divergências no domínio dos pequenos galgamentos.

Palavras-Chave: galgamento; espraçamento; redes neuronais; molhe Oeste do Porto de Sines.

ABSTRACT

Wave overtopping defines the water that flows over the crest of a sea-defence structure due to the sea wave action. In a rubble-mound breakwater, the wave loses a significant part of its energy in the wave run-up. If the slope of the structure is not long enough to allow total energy dissipation, the maximum wave run-up exceeds the crest level and overtopping ensues. The mean discharge that overtops the structure's crest - usually measured in m^3/s per meter length of the structure -, along with the structure stability, is one of the main design parameters. If a correct prediction of the phenomenon effects is not made, it may result not only in financial and economic issues but it can also be dangerous for people, goods and equipment, as well as for all the connected activities that are protected by these structures.

This study applies a recent overtopping prediction method for sea defences, which is based on neural network analysis for the development of calculation tools. The NN_OVERTOPPING2 tool, from the CLASH European project, and the Overtopping tool, which is part of the PhD thesis of Verhaeghe (2005) are applied. The advantage of the second tool is that it is able to quantify null overtopping.

The object of this study is a stretch (in front of berth 2) of the west breakwater of Sines harbour, which shelters the oil terminal. For this structure cross-section there are overtopping data that were obtained from physical model tests made at LNEC.

Due to the different placement of the Antifer blocks in two zones of the armour layer of the rubble mound breakwater, giving it different kinds of roughness and permeability, a methodology recommended by Pullen *et al.* (2007) was applied to calculate the parameter γ_f , which includes those physical characteristics.

The aim of this study is to compare the results produced by the two neural network tools, having as reference the values of mean overtopping discharge per meter length of the structure obtained from the referred physical model tests. It will be observed that the results produced by tools are quite reasonable; however it shows significant differences in the domain of small overtopping.

Keywords: wave overtopping; wave run-up; neural networks; west breakwater of Sines harbor.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
SIMBOLOGIA	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações gerais	1
1.2 Objetivos e metodologia	3
1.3 Estrutura da dissertação	3
2. CARACTERIZAÇÃO DO FENÓMENO DO GALGAMENTO.....	5
2.1 Enquadramento	5
2.2 Galgamento em estruturas marítimas	6
2.3 Fatores condicionantes	9
2.3.1 Agitação marítima	9
2.3.2 Geometria da estrutura	10
2.3.3 Nível médio de água.....	11
3. ANÁLISE DE REDES NEURONAIS.....	12
3.1 Introdução	12
3.2 Ferramentas neuronais	13
3.2.1 Ferramenta do CLASH.....	15
3.2.2 Ferramenta de Verhaeghe.....	19
4. METODOLOGIA DE CÁLCULO DO COEFICIENTE DE REDUÇÃO DO GALGAMENTO γ_F RECOMENDADA POR PULLEN <i>ET AL.</i> (2007)	23
4.1 Introdução	23
4.2 Formulação empírica de cálculo	24
5. CASO DE ESTUDO – POSTO 2 DO MOLHE OESTE DO PORTO DE SINES.....	29
5.1 Considerações gerais	29

6. APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE CÁLCULO AO CASO DE ESTUDO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	33
6.1 Introdução	33
6.2 Procedimento de cálculo do coeficiente γ_f.....	33
6.3 Ferramentas neuronais	37
6.4 Análise de resultados	42
6.4.1 Nível de maré de 0.0 m (ZH)	43
6.4.1.1 CLASH	43
6.4.1.2 Verhaeghe	50
6.4.2 Nível de maré +4.0 m (ZH).....	55
6.4.2.1 CLASH	55
6.4.2.2 Verhaeghe	58
7. ANÁLISE DE RESULTADOS PARA UMA SÉRIE DE REGISTOS DE AGITAÇÃO MARÍTIMA EM SINES	63
7.1 Introdução	63
7.2 CLASH	64
7.3 Verhaeghe.....	65
8. CONCLUSÕES E FUTUROS DESENVOLVIMENTOS	67
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
10. ANEXOS.....	73
Anexo A. – Resultados do cálculo das variáveis estatísticas (conjunto de 6 ensaios)...	73
Anexo B. – Resultados do cálculo das variáveis estatísticas (conjunto de 4 ensaios)...	75
Anexo C. – Representação gráfica dos resultados.....	76
Anexo D. – Parâmetros de entrada das ferramentas neuronais	80
Anexo E. – Resultados estimados pelas ferramentas neuronais	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Ataque da agitação marítima numa estrutura.....	5
Figura 2.2: Valores limite do caudal médio galgado (adaptado de USACE, 2002).....	7
Figura 3.1: Parâmetros de entrada da ferramenta NN_OVERTOPPING2 (Neves <i>et al.</i> , 2012).....	15
Figura 3.2: Esquema da rede neuronal (adaptado de Pozueta <i>et al.</i> , 2004).....	16
Figura 4.1: Definição de R_{\max} e R_c numa estrutura de proteção marítima.....	24
Figura 4.2: Definição dos ângulos β na estrutura	26
Figura 5.1: Porto de Sines (Fonte: www.portodesines.pt).....	29
Figura 5.2: Molhe Oeste do Porto de Sines (Fonte: www.portodesines.pt)	30
Figura 5.3: Perfil proposto para a reabilitação final do molhe Oeste do Porto de Sines que é semelhante ao trecho do molhe que protege o posto 2.....	31
Figura 6.1: Descrição das variáveis correspondentes às zonas da estrutura (adaptado de	37
Figura 6.2: Caso de estudo – Perfil do molhe Oeste do Porto de Sines - Posto 2	38
Figura 6.3: Berma “fictícia” posicionada no talude à cota -7.00 m (ZH).....	39
Figura 6.4: Berma “fictícia” posicionada no talude à cota 0.00 m (ZH) (nível de maré).....	39
Figura 6.5: Berma “fictícia” posicionada no talude à cota +6.20 m (ZH).....	40
Figura 6.6: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.47; 0.85) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.0020 \text{ m}^3/\text{s/m}$	44
Figura 6.7: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} considerando o ponto de transição 3 e os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.0020 \text{ m}^3/\text{s/m}$	45
Figura 6.8: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.60; 0.80) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.0020 \text{ m}^3/\text{s/m}$	46
Figura 6.9: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} considerando o ponto de transição 2 e os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.0020 \text{ m}^3/\text{s/m}$	47
Figura 6.10: Comparação entre os resultados de Overtopping, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.55; 0.80) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.0020 \text{ m}^3/\text{s/m}$	51
Figura 6.11: Comparação entre os resultados de Overtopping, q_{NN} considerando o ponto de transição 2 e os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.0020 \text{ m}^3/\text{s/m}$	52
Figura 6.12: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.60; 0.80) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.07 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.005 \text{ m}^3/\text{s/m}$	56
Figura 6.13: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} considerando o ponto de transição 3 e os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.07 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.005 \text{ m}^3/\text{s/m}$	57

Figura 6.14: Comparação entre os resultados de Overtopping, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.55; 0.80) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.07 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$; c) valores inferiores a $0.005 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$	59
Figura 6.15: Comparação entre os resultados de Overtopping, q_{NN} considerando o ponto de transição 3 e os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.07 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$; c) valores inferiores a $0.005 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$	60
Figura 6.16: Comparação entre os resultados de Overtopping, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.60; 0.80) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.07 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$; c) valores inferiores a $0.005 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$	61
Figura 6.17: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} considerando o ponto de transição 2 e os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.07 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$; c) valores inferiores a $0.005 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$	62
Figura 7.1: Série temporal dos caudais médios galgados (valores de protótipo) no trecho do molhe Oeste que protege o posto 2 considerando efeitos de escala e de modelo (NN_OVERTOPPING2) ...	65
Figura 7.2: Série temporal dos caudais médios galgados (valores de protótipo) no trecho do molhe Oeste que protege o posto 2 considerandos efeitos de escala e de modelo (Overtopping)	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1: Valores críticos do caudal médio de galgamento para a estrutura marítima (adaptado de Pullen <i>et al.</i> , 2007)	7
Tabela 2.2: Valores críticos do caudal médio de galgamentos para pessoas (adaptado de Pullen <i>et al.</i> , 2007).....	8
Tabela 2.3: Valores críticos do caudal médio de galgamentos para veículos (adaptado de Pullen <i>et al.</i> , 2007).....	8
Tabela 2.4: Valores críticos do caudal médio de galgamentos para navios, edifícios e equipamento localizado na zona abrigada pela estrutura (adaptado de Pullen <i>et al.</i> , 2007).....	8
Tabela 3.1: Limites de aplicação dos parâmetros de entrada de NN_OVERTOPPING2 colocados à escala para $H_{m0}=1$ m de acordo com a semelhança de <i>Froude</i>	18
Tabela 3.2: Limites de aplicação dos parâmetros de entrada do modelo <i>quantifier</i> de Overtopping colocados à escala para $H_{m0}=1$ m de acordo com semelhança de <i>Froude</i>	20
Tabela 3.3: Limites de aplicação dos parâmetros de entrada do modelo <i>classifier</i> de Overtopping colocados à escala para $H_{m0}=1$ m de acordo com a semelhança de <i>Froude</i>	21
Tabela 5.1: Caudais médios de galgamento por metro linear de estrutura obtidos no modelo físico, q_{MF} , em valores do protótipo (LNEC, 2008).....	32
Tabela 6.1: Combinações estruturais analisadas	41
Tabela 6.2: Possíveis erros e significados (NN_OVERTOPPING2)	22
Tabela 6.3: Possíveis erros e significados (Overtopping)	22
Tabela 6.4: Valores do EQM obtidos para a ferramenta NN_OVERTOPPING2 para o nível de maré de 0.0 m (ZH).....	43
Tabela 6.5: Valores do EQM obtidos para a ferramenta Overtopping para o nível de maré de.....	50
Tabela 6.6: Verificação dos parâmetros de entrada para PT 1, γ_f (0.55; 0.80) e H_{m0} (medido)=6 m (Overtopping).....	53
Tabela 6.7: Verificação dos parâmetros de entrada para PT 2, γ_f (0.50; 0.80) e H_{m0} (medido)=6 m (Overtopping).....	54
Tabela 6.8: Valores do EQM obtidos para a ferramenta NN_OVERTOPPING2 para o nível de maré de +4.0 m (ZH).....	55
Tabela 6.9: Valores do EQM obtidos para a ferramenta Overtopping para o nível de maré de.....	58

SIMBOLOGIA

A_c	Bordo livre do manto permeável da estrutura	[m]
B	Largura da berma da estrutura	[m]
B_h	Largura da berma da estrutura, medida horizontalmente	[m]
B_t	Largura do pé do talude da estrutura	[m]
$\cot \alpha_d$	Declive da estrutura abaixo da berma	[-]
$\cot \alpha_u$	Declive da estrutura acima da berma	[-]
EQM	Erro quadrático médio	[-]
F_r	Número de <i>Froude</i>	[-]
$F_{r, \text{modelo}}$	Número de <i>Froude</i> no modelo físico reduzido	[-]
$F_{r, \text{protótipo}}$	Número de <i>Froude</i> no protótipo	[-]
g	Aceleração da gravidade	[m/s ²]
G_c	Largura do coroamento da estrutura	[m]
h	Profundidade da água em frente à estrutura	[m]
h_b	Profundidade da água na berma	[m]
h_t	Profundidade da água no pé do talude da estrutura	[m]
H	Altura de onda	[m]
H_{m0}	Altura de onda significativa espectral na base da estrutura	[m]
$H_{m0} \text{ (medido)}$	Altura de onda significativa espectral na base da estrutura medida no ensaio	[m]
H_s	Altura significativa de onda	[m]
IC	Índice de concordância	[-]
L	Comprimento de onda	[m]
$L_{m\acute{a}x}$	Projeção horizontal no talude do ponto $R_{u2\%}$	[m]
$L_{m\acute{m}n}$	Projeção horizontal no talude do ponto $-1.5 \times H_{m0}$	[m]
L_{talude}	Largura do talude em projeção horizontal entre os pontos $R_{u2\%}$ acima e $1.5 H_{m0}$ abaixo do NMA	[m]
L_0	Comprimento de onda ao largo	[m]
m_0	Momento de ordem 0 do espectro	[m ²]
m_{-1}	Momento de ordem -1 do espectro	[m ² /s ⁻¹]
N	Escala da grandeza	[-]
N_g	Escala da aceleração da gravidade	[-]
N_L	Escala de comprimentos	[-]
N_q	Escala dos caudais médios	[-]

N_t	Escala do tempo	[-]
N_v	Escala das velocidades médias	[-]
NMA	Nível médio de água	[m]
q	Caudal médio galgado	[m ³ /s/m]
q_{MF}	Caudal médio galgado medido no modelo físico	[m ³ /s/m]
q_{NN}	Caudal médio galgado obtido pelas ferramentas neuronais	[m ³ /s/m]
$q[n\%]$	Quantil onde n representa a percentagem do quantil	[-]
Q	Caudal médio galgado adimensional	[-]
$R_{m\acute{a}x}$	Nível máximo de espraiamento	[m]
R_c	Bordo livre da parte impermeável do coroamento da estrutura	[m]
$R_{u2\%}$	Nível de espraiamento que é excedido por 2% do número de ondas incidentes	[m]
s_0	Declividade da onda	[-]
$s_{m-1,0}$	Declividade da onda calculada com $T_{m-1,0}$	[-]
$\tan \alpha_B$	Declive da berma da estrutura	[-]
T	Período de onda	[s]
$T_{m-1,0}$	Período médio de onda espectral na base da estrutura definido por m_{-1}/m_0	[s]
T_p	Período de pico de onda	[s]
v	Velocidade média	[m/s]
α	Ângulo do talude da estrutura com a horizontal	[°]
β	Direção de ataque da onda	[°]
γ	Constante do espectro empírico JONSWAP	[-]
γ_f	Coefficiente de redução do galgamento devido à rugosidade/permeabilidade do manto	[-]
$\gamma_{f, \text{liso}}$	Coefficiente de redução do galgamento – superfície do talude impermeável	[-]
γ_b	Fator de correção do galgamento que tem em conta a influência da localização da berma	[-]
γ_β	Fator de correção do galgamento que tem em conta o efeito da direção de ataque da onda	[-]
ξ_0	Número de <i>Iribarren</i>	[-]
$\xi_{m-1,0}$	Número de <i>Iribarren</i> calculado com $T_{m-1,0}$	[-]
π	3.1415	[-]
μ	Valor médio	[-]
σ	Desvio padrão	[-]

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

O litoral representa uma importante faixa do território português cuja preservação importa promover, não só devido aos valores naturais e paisagísticos que nele encerra, como também devido ao facto de nele se concentrarem três quartos da população portuguesa e de contribuir para 85 por cento do Produto Interno Bruto nacional (PAPVL, 2012). A atratividade intrínseca do litoral, que assume cada vez mais uma importância estratégica em termos ambientais, económicos, sociais, culturais e recreativos - e consequente aumento da procura para diferentes usos e ocupações - justifica plenamente a existência de infraestruturas que garantam a segurança, proteção e funcionalidade daquelas atividades nas zonas costeiras e portuárias.

O carácter particularmente adverso do regime de agitação da costa portuguesa, principalmente na costa ocidental do continente, a que se alia à sua extensão de aproximadamente 2.800 km, proporciona com relativa frequência situações de emergência provocadas pelo estado do mar, que põem em causa a salvaguarda de pessoas e bens. Um dos principais riscos está associado ao galgamento das estruturas marítimas e é esse o âmbito do presente trabalho. O fenómeno do galgamento pode ser observado quando a onda marítima atinge a estrutura de proteção marítima e parte da massa líquida passa sobre o seu coroamento devido ao embate da onda na estrutura. O valor normalmente estimado é o caudal médio galgado, medido em m^3/s por unidade de comprimento de estrutura.

As estruturas marítimas são dimensionadas para um grau de galgamento admissível, que deverá ser tanto menor, quanto mais sensível ao galgamento for a zona circundante da estrutura. Na tentativa de apurar com a maior fiabilidade possível os valores do galgamento nas estruturas, que em primeira instância podem evitar o sobredimensionamento/subdimensionamento daquelas obras de engenharia, são utilizadas ferramentas de modelação e previsão de galgamentos cujos resultados são por norma validados em ensaios realizados em modelo físico reduzido. A modelação física continua a ser o método mais fiável para determinar o galgamento porque permite uma descrição correta da maioria das variáveis do escoamento.

Contudo, reside precisamente na descrição do efeito e do comportamento de todas as variáveis a maior limitação daquelas ferramentas. As expressões matemáticas que estão na base de algumas formulações (empíricas ou semi-empíricas) regularmente usadas no cálculo do galgamento, não conseguem ainda reproduzir fielmente alguns dos fenómenos relevantes no processo de interação

da onda com a estrutura. Além disso, mostram-se pouco flexíveis quer em termos de condições da agitação, quer relativamente à geometria das estruturas.

Nesse sentido e, reconhecendo a importância do tema em análise, a União Europeia financiou entre 2002 e 2004 um projeto de investigação Europeu CLASH (*Crest Level Assessment of coastal Structures by full scale monitoring, neural network prediction and Hazard analysis on permissible wave overtopping* – EVK3-CT-2001-00058) (De Rouck & Geeraerts, 2005), cujo principal propósito era melhorar o conhecimento sobre o galgamento de estruturas marítimas, nos seus múltiplos aspetos. Os principais objetivos científicos do projeto referido foram (i) analisar efeitos de escala entre o modelo e protótipo na simulação do fenómeno do galgamento e (ii) desenvolver uma ferramenta de previsão de galgamentos, com base em informação sobre testes de galgamentos reunidos numa extensa base de dados. A ferramenta, NN_OVERTOPPING2, foi desenvolvida a partir do conceito de análise de redes neuronais artificiais que, já tendo sido aplicado com sucesso noutros campos da hidráulica marítima e costeira, permitem estabelecer relação entre as variáveis de entrada do problema – por exemplo, os parâmetros definidores da agitação marítima incidente e da geometria das estruturas - e a variável de saída, no caso o caudal médio galgado. Tendo como exemplo uma quantidade significativa de testes de galgamento, as redes neuronais são treinadas a produzir os resultados desejados.

Contemporaneamente ao projeto de investigação e incidindo no mesmo tipo de modelação foi desenvolvida por Verhaeghe (2005), uma ferramenta semelhante para cálculo de galgamentos, Overtopping. Esta ferramenta utiliza também a informação da base de dados do CLASH, mas não necessariamente os mesmos testes de galgamento. Verhaeghe propõe um conjunto de dois modelos computacionais em que um deles foi particularmente concebido para identificar situações de agitação marítima que levam a galgamentos nulos.

Estas duas ferramentas constituem métodos robustos de modelação e previsão de galgamento e com aplicação na maioria das estruturas marítimas, inclusive naquelas de geometria mais complexa. Exemplo desta geometria é o perfil do molhe Oeste do Porto de Sines, localizado na costa sudoeste de Portugal continental e que, recentemente, com o intuito da reabilitação final daquele molhe, foi objeto de ensaios com modelo físico reduzido, realizados no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC, 2008), para avaliar a estabilidade do manto protetor e os seus galgamentos para diferentes condições de agitação.

No entanto, existem pormenores construtivos no molhe em que surge a necessidade de se estimar alguns dos parâmetros estruturais antes de os introduzir nas redes neuronais. Um exemplo é o caso do coeficiente de redução do galgamento - γ_f - parâmetro que descreve o efeito das características

de rugosidade e permeabilidade do talude no fenómeno do galgamento. Para estruturas como a do molhe de Sines pode ser utilizada uma metodologia de carácter empírico proposta por Pullen *et al.* (2007) para estimar o valor ponderado de γ_f .

1.2 Objetivos e metodologia

O principal objetivo desta dissertação é efetuar uma comparação entre os resultados obtidos por duas ferramentas de cálculo de galgamentos desenvolvidas a partir de uma técnica de modelação de redes neuronais artificiais em estruturas marítimas, no caso o trecho do molhe Oeste do Porto de Sines frente ao posto 2 daquele porto. Para isso, teve-se que:

- Desenvolver um procedimento de cálculo para determinar o coeficiente de redução do galgamento γ_f devido à rugosidade/permeabilidade do talude da estrutura; as expressões matemáticas de cálculo e simplificações adotadas foram seguidas de acordo com as recomendações de Pullen *et al.* (2007) para este tipo de estrutura;
- Aplicar à estrutura em estudo as ferramentas neuronais (NN_OVERTOPPING2 e Overtopping) para a previsão de galgamentos e comparar com os resultados dos ensaios em modelo físico reduzido realizados no LNEC (2008);
- Analisar os resultados e avaliar a eficácia e capacidade das duas ferramentas;
- Simular caudais de galgamento para uma série de registos de agitação marítima.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em oito capítulos, a que se adicionam as referências bibliográficas e cinco anexos. No Capítulo 1 é dado destaque à importância do tema em análise assim como se faz referência às metodologias contempladas neste estudo. No Capítulo 2 apresenta-se a caracterização do fenómeno do galgamento nas suas várias vertentes e são abordados os principais fatores condicionantes. No Capítulo 3 é introduzido o conceito de análise de redes neuronais aplicadas ao cálculo do fenómeno, bem como os princípios por que se regem. São descritas as características das ferramentas utilizadas neste trabalho que se baseiam nesta análise, incluindo os limites de aplicabilidade. No Capítulo 4 aborda-se uma metodologia de carácter empírico para o cálculo do coeficiente de redução do galgamento devido à rugosidade/permeabilidade da estrutura, o qual constitui uma variável de entrada das redes neuronais. O Capítulo 5 é dedicado à descrição da estrutura em estudo, o molhe Oeste do Porto de Sines. São apresentados os resultados dos ensaios realizados no LNEC com um modelo físico

reduzido desta estrutura. No Capítulo 6 são explicadas com pormenor as metodologias de cálculo aplicadas ao caso de estudo e posteriormente apresentados e analisados os resultados obtidos por cada ferramenta. No Capítulo 7 é proposta uma análise de resultados de galgamento para uma série temporal de registos de agitação marítima. No Capítulo 8 apresentam-se as conclusões do estudo e eventuais futuros desenvolvimentos do mesmo.

2. CARACTERIZAÇÃO DO FENÓMENO DO GALGAMENTO

2.1 Enquadramento

Quando a onda marítima, no seu processo de propagação, encontra um obstáculo, pode, de acordo com as características desse obstáculo e com as suas próprias, contorná-lo, galgá-lo, atravessá-lo (transmitir-se através dele), refletir-se ou dissipar-se contra ele. Em regra nenhum destes fenómenos ocorre isoladamente.

Na maior parte dos casos o “obstáculo” será a própria costa, onde a onda marítima acaba por dissipar a totalidade da sua energia. Contudo a necessidade de implementação de estruturas marítimas de proteção na linha costeira torna-as especialmente expostas ao ataque da agitação (Figura 2.1).

O fenómeno do galgamento em estruturas marítimas está sempre associado à dissipação e frequentemente à reflexão de energia da onda incidente. A energia da onda que não se dissipa por rebentação, por atrito ou por percolação, nem é refletida para o largo, converte-se sob a forma de espraiamento no talude da estrutura. Se a cota do coroamento da estrutura não for suficientemente elevada para impedir o transporte de massa de água sobre o seu topo ocorre galgamento.



Figura 2.1: Ataque da agitação marítima numa estrutura

2.2 Galgamento em estruturas marítimas

O galgamento é um fenómeno de previsão complexa tanto no espaço como no tempo devido à ação irregular da agitação marítima. A forma mais comum de avaliar o galgamento é considerar o volume médio (no tempo) de água que galga um metro linear de desenvolvimento da estrutura, q , expresso em $m^3/s/m$ (ou $l/s/m$). Ensaios em modelo físico reduzido sugerem que os estados de agitação sejam simulados por 1000 (ou mais) ondas para estimar com consistência os resultados de galgamento (Pullen *et al.*, 2007). Todavia, pode também ser simplesmente avaliado como o volume galgado, em m^3 , por uma onda individual que incide na estrutura.

Consoante a forma como a massa líquida transpõe a estrutura, é possível classificar o tipo de galgamento.

Quando a onda se dissipa contra a estrutura e se espraia no talude de tal forma que dá origem a uma lâmina contínua de água que galga a estrutura, diz-se que ocorre um galgamento por “*green water*”. Caso a onda rebente sobre a estrutura e projete um grande volume de salpicos que passa acima do seu coroamento, verifica-se um galgamento por “*splash*”. Também pode acontecer que, pela ação do vento forte nas cristas das ondas, pequenas gotículas de água sejam arrastadas e transportadas sobre o coroamento da estrutura. Este tipo de galgamento (“*spray*”), para além de difícil previsão, é pouco expressivo em termos quantitativos em comparação com os anteriormente mencionados.

Na análise e avaliação do galgamento são normalmente definidos limites admissíveis de caudais galgáveis nas estruturas de modo a não comprometer o normal funcionamento da obra e a assegurar o grau de abrigo pretendido. Os galgamentos previstos numa estrutura marítima constituem, a par da sua estabilidade, dos fatores mais importantes em projeto, onde são perentórias as condicionantes relacionadas com a agitação marítima, a geometria da estrutura e o nível de maré.

Com a finalidade de estabelecer valores admissíveis para a variável, q , o *U.S. Army Corps of Engineers* compilou estudos de vários autores, dando origem ao quadro apresentado na Figura 2.2, que apresenta valores limites de caudais médios, q , de acordo com a função da estrutura e o nível de estragos associados.

q (m ³ /s)/m	Segurança do tráfego		Segurança estrutural				q (l/s)/m
	Veículos	Peões	Edifícios	Obras de defesa (com talude no tardoz)	Diques relvados	Obras de defesa (defesas frontais)	
10 ⁰	Inseguros a qualquer velocidade	Muito perigoso	Danos estruturais	Danos mesmo se frotalmente protegidas	Danos	Danos mesmo em zonas de circulação pavimentadas	1000
10 ⁻¹				Danos no tardoz não protegido		Danos em zonas de circulação não pavimentadas	200
10 ⁻²				Danos em coroamento não protegido	Ausência de danos	Ausência de danos	Ausência de danos
10 ⁻³	Perigo em quebra- -mares mistos	Pequenos danos em equipamentos e revestimentos	Ausência de danos	Ausência de danos			
10 ⁻⁴					Perigoso em quebra-mares verticais	Ausência de danos	Ausência de danos
10 ⁻⁵	Inseguro estacionar em quebra-mares mistos	Desconfortáveis mas sem perigo	Ausência de danos	Ausência de danos	Ausência de danos		
10 ⁻⁶	Inseguro estacionar em quebra-mares verticais					Molhados mas não desconfortáveis	Ausência de danos
10 ⁻⁷	Seguros a qualquer velocidade	Ausência de danos	Ausência de danos	Ausência de danos	Ausência de danos		
							0.03
							0.02
							0.01
							0.004
							0.001
							0.0001

Figura 2.2: Valores limite do caudal médio galgado (adaptado de USACE, 2002)

Mais recentemente, Pullen *et al.* (2007) apresenta novos valores limites do caudal médio por metro linear do coroamento da estrutura considerando as eventuais consequências para a estrutura, pessoas, veículos, navios e equipamentos, como pode ser consultado na seguinte série de tabelas.

Tabela 2.1: Valores críticos do caudal médio de galgamento para a estrutura marítima (adaptado de Pullen *et al.*, 2007)

Condições e Tipo de Danos		Caudal médio q (m ³ /s/m)
Estrutura de defesa com talude no tardoz	Sem danos se o coroamento e o tardoz estiverem bem protegidos	0.05-0.2
	Sem danos no coroamento e no tardoz de um dique de argila coberto por relva	0.001-0.01
	Sem danos no coroamento e no tardoz mesmo se não estiverem protegidos	0.0001
Defesas frontais	Danos em zonas de circulação pavimentadas localizadas atrás da defesa frontal	0.2
	Danos em zonas de circulação relvadas ou levemente protegidas	0.05

Tabela 2.2: Valores críticos do caudal médio de galgamentos para pessoas (adaptado de Pullen *et al.*, 2007)

Condições e Tipo de Danos	Caudal médio q (m ³ /s/m)
Pessoal treinado, com equipamento e calçado adequado, com perceção de que se pode molhar, galgamento gera escoamentos de pouca altura, sem jatos de água a cair, perigo reduzido de queda para o mar	0.001-0.01
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 ⁽¹⁾	0.0001

⁽¹⁾ Estas condições não têm que se verificar em simultâneo.

Tabela 2.3: Valores críticos do caudal médio de galgamentos para veículos (adaptado de Pullen *et al.*, 2007)

Condições e Tipo de Danos	Caudal médio q (m ³ /s/m)
Circulação a baixa velocidade, galgamento gera escoamentos de pouca altura (<i>pulsating overtopping</i>), sem jatos de água a cair na via, veículo não imerso	0.01-0.05 ⁽¹⁾
Circulação a velocidade moderada ou alta, galgamento projetado com grande velocidade (<i>impulsive overtopping</i>) ou com jatos de água a cair na via que podem imergir o veículo	$1 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}$ ⁽²⁾

⁽¹⁾ Estes limites estão relacionados com o galgamento efetivo obtido na via de circulação.

⁽²⁾ Estes limites estão relacionados com o galgamento obtido na estrutura marítima, mas é assumido que a via de circulação se encontra imediatamente atrás da estrutura.

Tabela 2.4: Valores críticos do caudal médio de galgamentos para navios, edifícios e equipamento localizado na zona abrigada pela estrutura (adaptado de Pullen *et al.*, 2007)

Condições e Tipo de Danos	Caudal médio q (m ³ /s/m)
Danos significativos ou afundamento de grandes navios	0.05
Afundamento de navios pequenos localizados a 5-10m da estrutura	0.01 ⁽¹⁾
Danos em grandes navios	0.001 ⁽²⁾
Danos em edifícios	0.001 ⁽²⁾
Danos em equipamento localizado a 5-10m da estrutura	0.0004 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Estes limites estão relacionados com o galgamento obtido na estrutura marítima.

⁽²⁾ Estes limites estão relacionados com o galgamento efetivo obtido no edifício.

Os resultados de testes de avaliação dos efeitos do galgamento em pessoas sugerem que a informação dada pelo caudal médio galgado, q , não deverá ser usada, em algumas circunstâncias, como o único indicador de segurança, visto que, o volume do maior galgamento pode variar significativamente com as condições de agitação e a geometria da estrutura. Por vezes, é aconselhado que se dê particular atenção ao volume máximo provocado por ondas individuais na definição de níveis de segurança (Pullen *et al.*, 2007).

2.3 Fatores condicionantes

2.3.1 Agitação marítima

A agitação marítima é o principal fator condicionante do galgamento. A sua ação pode caracterizar-se por parâmetros relacionados com a altura de onda, com o período e com a direção de propagação ou de ataque.

A influência do período é representada, indiretamente, através da declividade da onda (s_0), que relaciona a altura de onda, H , com o comprimento de onda, L . Este parâmetro é determinado para a altura de onda local, junto à estrutura e, habitualmente, o valor usado é a altura H_{m0} , que corresponde à altura significativa calculada com o momento de ordem zero do espectro (m_0). Por outro lado, o comprimento de onda é referido ao largo (L_0). Assim:

$$s_0 = \frac{H_{m0}}{L_0} \quad 2.1$$

De acordo com a teoria linear da onda, L_0 pode ser relacionado com o período de onda, T , e a partir deste conhecer-se o comprimento de onda numa qualquer profundidade h .

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \quad 2.2$$

$$L = L_0 \tanh\left(\frac{2\pi}{L} h\right) \quad 2.3$$

Para além do período e da altura de onda é necessário avaliar a forma como a onda rebenta sobre a estrutura dada a sua forte influência no tipo de galgamento. A ação da onda sobre a estrutura, assim como alguns dos seus efeitos, é avaliada, usualmente, pelo número de *Iribarren*, ξ_0 (2.4). Este

parâmetro permite distinguir os diferentes tipos de rebentação ao relacionar a inclinação do talude α com a declividade (s_0).

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{s_0}} \quad 2.4$$

Para valores de $\xi_0 < 0.5$ associa-se a ocorrência de rebentação progressiva, onde a dissipação de energia ocorre de uma maneira contínua num percurso relativamente longo, formando uma esteira de espuma que se prolonga até ao talude.

Para valores $0.5 < \xi_0 < 3$ identifica-se a rebentação como sendo do tipo mergulhante, a onda torna-se instável e cai sobre o talude, dissipando a maior parte da energia de maneira instantânea.

Quando a onda apresenta pouca declividade, ou seja, elevado número de *Iribarren* ($\xi_0 > 3.5$), esta deforma-se e espraia-se sobre o talude, avançando sem rebentar. Estas ondas apresentam rebentação de fundo e uma forte componente de reflexão.

A transição entre aqueles dois tipos de rebentação toma o nome de rebentação colapsante, fenómeno durante o qual a onda não rebenta inteiramente e dá-se a formação de espuma que se estende pelo talude. Ocorre para valores $\xi_0 \approx 3.0$ a 3.5 .

O número de *Iribarren*, no entanto, não tem em conta o ângulo de incidência das ondas (β). A maior ou menor obliquidade com que as ondas atacam a estrutura marítima pode conduzir a diferenças significativas no caudal de galgamento registado. A sua ocorrência tende a anular-se quando o ângulo entre a direção de propagação das ondas e a direção perpendicular ao perfil da estrutura se torna gradualmente maior.

2.3.2 Geometria da estrutura

É na definição da geometria da estrutura marítima que reside a possibilidade de controlar e reduzir a ocorrência de galgamento.

O parâmetro característico da estrutura mais relevante é a altura do coroamento da estrutura acima do nível médio de água. Quanto maior for aquela distância menos provável se torna o galgamento da estrutura. No entanto, adotar soluções que contemplem cotas de coroamento exageradamente

elevadas que funcionem como obstáculos intransponíveis à passagem da água não só comprometem seriamente o custo da estrutura como criam um impacto visual não desejado na paisagem litoral. Por isso, intervém-se ao nível de outras variáveis em que o seu papel é reconhecidamente preponderante na diminuição da frequência e intensidade do fenómeno, tais como, na inclinação do talude, na dimensão e posição das bermas (ou patamares horizontais), na largura do coroamento, na permeabilidade e rugosidade da estrutura. A colocação de uma superestrutura defletora no topo permite também minimizar os efeitos do galgamento pelo aumento da dissipação e reflexão da energia das ondas incidentes.

2.3.3 Nível médio de água

A maré condiciona fortemente o galgamento, que é mais intenso em preia-mar, período em que a altura de maré é máxima, e quando se conjuga com situações de tempestades.

A onda que embate sobre a estrutura tende a espalhar-se no talude, dissipando grande parte da sua energia, como já aqui foi referido. Em preia-mar, a distância entre o nível da superfície livre e a cota de coroamento é menor do que em condições de baixa-mar. O facto de haver uma menor área de talude emersa, leva a que haja a uma maior probabilidade de ocorrência de galgamentos, uma vez que, para além da rebentação estar mais próxima da zona superior do talude, grande parte da energia não é dissipada no espalhamento. Todavia, por vezes, o aumento da profundidade devido à subida da maré pode alterar o tipo de rebentação e nalguns casos torná-la menos violenta. Um aumento da profundidade tem influência na declividade das ondas ao diminuir a razão entre a altura da onda e o seu comprimento e, deste modo, afetar a forma como a onda rebenta. A rebentação pode passar do tipo colapsante para o tipo rebentação de fundo prevalecendo nesta situação o fenómeno de reflexão.

As tempestades que derivam de perturbações atmosféricas de forte intensidade são propícias a episódios de maior risco de galgamento. Nestes eventos, as depressões (pressões na atmosfera inferiores à normal) e a ação excepcional de vento na direção das estruturas marítimas são fatores de grande importância pois normalmente geram uma subida pontual do nível da água.

3. ANÁLISE DE REDES NEURONAIS

3.1 Introdução

Em fase de projeto de estruturas marítimas ou no estudo de soluções já implementadas requer-se a disponibilização de métodos fiáveis e precisos de previsão de galgamentos. Com uma vasta aplicação sobretudo em estruturas de configuração mais simples, fórmulas empíricas e semi-empíricas têm sido paulatinamente desenvolvidas e aplicadas no cálculo de caudais médios de galgamento.

No entanto, este tipo de formulação mostra algumas limitações, para além das referidas, provenientes da dificuldade que existe em fazer-se refletir nas expressões matemáticas, o efeito de todas as variáveis que intervêm e influenciam no fenómeno.

Nesse sentido, uma técnica de modelação de redes neuronais mostrou-se interessante aplicada a este tipo de problemas, ao permitir estabelecer uma ligação entre as causas do fenómeno e os efeitos por ele produzidos, sem que contudo, uma relação física entre as múltiplas variáveis esteja totalmente definida.

A técnica de redes neuronais tem sido aplicada em várias áreas da hidráulica marítima e costeira. Referindo apenas, especificamente, o seu estudo e aplicação em estruturas marítimas, as redes neuronais já foram utilizadas, por exemplo, na análise de estabilidade do manto de proteção de quebra-mares (Mase *et al.*, 1995), no estudo das solicitações das ondas em estruturas de parede vertical (Van Gent & Van den Boogaard, 1998), na previsão de espriamento e galgamento (Medina, 1999 e Medina *et al.*, 2002) e no estudo do fenómeno de transmissão das ondas (Panizzo *et al.*, 2003).

3.2 Ferramentas neuronais

Nas ferramentas baseadas em resultados de redes neuronais dispõe-se de um procedimento de transformação de parâmetros de entrada do problema (por exemplo, as características geométricas do perfil da estrutura e os parâmetros definidores do estado de agitação incidente naquele perfil) na variável de saída (no caso, o caudal médio galgado por unidade de comprimento de coroamento da estrutura). Com efeito, a rede neuronal é uma ferramenta matemática de modelação e identificação de sistemas físicos para os quais é difícil perceber e resolver o papel das diversas variáveis de entrada no comportamento do sistema (Neves *et al.*, 2012).

As ferramentas que aqui são abordadas, designadas de neuronais, são modelos computacionais desenvolvidos a partir do conceito de análise de redes neuronais e que constituem ferramentas de previsão de galgamentos com aplicação na maioria das estruturas marítimas.

As redes neuronais funcionam essencialmente, tal como no sistema neurológico, a partir do processamento de dados e os seus resultados (estimativas de galgamento) dependem fortemente da qualidade e da quantidade de dados que têm disponíveis (Van Gent & Van den Boogaard, 1998). Daí que, conforme os objetivos do projeto Europeu CLASH, surgisse a necessidade de criar uma extensa coletânea de testes de galgamentos que servisse como fonte de informação para o desenvolvimento e a aplicação das redes neuronais.

Segundo Verhaeghe (2005) a base de dados CLASH reúne no total um conjunto de 10 532 testes de galgamentos, os quais resultaram de ensaios em modelo físico reduzido e de observações em protótipo. Cada teste contém informação relativa ao comportamento de vários parâmetros hidráulicos (por exemplo: características das ondas incidentes e medições dos caudais galgados), assim como informação relativa às estruturas em estudo. A base de dados inclui também informação geral sobre a fiabilidade do teste e a complexidade das estruturas.

A fiabilidade de cada teste de galgamento foi avaliada tendo em conta as condições em que se realizaram os ensaios, incluindo o processo de medições e o rigor do trabalho efetuado. A forma como foi descrita a geometria da estrutura através dos parâmetros estruturais condicionou a avaliação da complexidade da estrutura, conforme refere Van der Meer *et al.* (2009).

Para além de dados de agitação junto à estrutura, a base do CLASH dispõe ainda de dados sobre a agitação ao largo, que não interessam diretamente no conhecimento do fenómeno do galgamento, mas que facultam dados que poderão ser usados no estudo de propagação de ondas a partir, por exemplo, da comparação das características da onda ao largo e próximo à estrutura.

Nem todos os parâmetros recolhidos nos testes fizeram parte do desenvolvimento das redes. Primeiro foram contemplados aqueles cujo efeito na caracterização do fenómeno já foi objeto de validação nas várias formulações; os restantes foram estabelecidos no processo de configuração das redes.

O processo de configuração das redes neuronais constitui uma metodologia pouco clara, uma vez que, os cálculos que ocorrem no interior do modelo são difíceis de acompanhar. No entanto as premissas que explicam o processo são simples, tirando partido essencialmente do esforço computacional para resolver equações e algoritmos matemáticos. O processo de configuração divide-se em duas fases: a de “treino” e a de “teste”. O resultado final resume-se a uma “fórmula”, em que a solução que se encontra é alcançada por ajustamento iterativo da rede e o seu domínio é limitado às configurações de estruturas e às condições de agitação consideradas na fase de “treino” e na fase de “teste”.

Partindo de conceitos associados ao funcionamento do cérebro, a aplicação da rede neuronal a um conjunto suficientemente extenso de “pares” (variáveis de entrada, variável de saída) permite encontrar as conexões entre as variáveis de entrada que originam o valor observado da variável de saída. Um subconjunto dos “pares” de dados é utilizado na chamada fase de “treino” da rede neuronal, em que são definidos os parâmetros e as ligações entre neurónios da rede, que vão minimizar o erro entre o valor observado e o previsto com base na rede, enquanto os pares restantes são utilizados na fase de “teste” da rede, onde se confirma a bondade das previsões fornecidas pela rede.

Os subconjuntos de dados usados no treino e teste da rede neuronal foram obtidos por um procedimento de amostragem “*bootstrapping*” aplicado aos pares (valores de entrada, caudal médio galgado) contidos na base de dados.

O procedimento “*bootstrapping*” é uma técnica de simulação que se baseia na geração de amostras aleatórias com reposição. A geração de amostras tem como pressupostos um conjunto de variáveis aleatórias, independentes e identicamente distribuídas, com distribuição de probabilidades desconhecida. Um conjunto “*bootstrap*” é considerado, dentro do possível, um bom conjunto representativo de toda a população de amostras.

A arquitetura da rede neuronal é composta por camadas onde são arrumados os parâmetros de entrada e a variável de saída, conforme é ilustrado na Figura 3.2. A informação propaga-se através das ligações num único sentido, do início para o fim da rede neuronal. Nesse caso diz-se que a rede é do tipo *feed-forward* (Pozueta *et al.*, 2004).

Neste trabalho, utilizaram-se duas ferramentas baseadas em redes neurais, a NN_OVERTOPPING2 e a Overtopping. A primeira foi desenvolvida no âmbito do já referenciado projeto CLASH. A segunda faz parte integrante da dissertação de doutoramento de Hadewych Verhaeghe (Verhaeghe, 2005).

3.2.1 Ferramenta do CLASH

A ferramenta do CLASH utiliza os resultados produzidos por 700 redes neurais num único modelo computacional (neuronal), fornecendo o valor médio q , expresso em $(m^3/s/m)$, e outros parâmetros estatísticos daquela amostra de resultados. Todas as redes neurais utilizam os mesmos 15 parâmetros na camada de entrada que incluem informação sobre a agitação marítima e a geometria da estrutura (Figura 3.1).

Para descrever a agitação marítima incidente na estrutura são considerados três parâmetros: a altura de onda significativa espectral na base da estrutura (H_{m0}), o período médio de onda espectral na base da estrutura ($T_{m-1,0}$), e a direção de ataque da onda (β).

Para descrever a forma geométrica da estrutura são considerados os 12 parâmetros seguintes: a profundidade da água em frente à estrutura (h), a profundidade da água no pé do talude da estrutura (h_t), a largura do pé do talude (B_t), a rugosidade/permeabilidade do manto (γ_f), o declive da estrutura abaixo da berma ($\cot \alpha_d$), o declive da estrutura acima da berma ($\cot \alpha_u$), a largura da berma (B), a profundidade da água na berma (h_b), o declive da berma (α_B), o bordo livre da parte impermeável do coroamento da estrutura (R_c), o bordo livre do manto permeável da estrutura (A_c) e a largura do coroamento da estrutura (G_c).

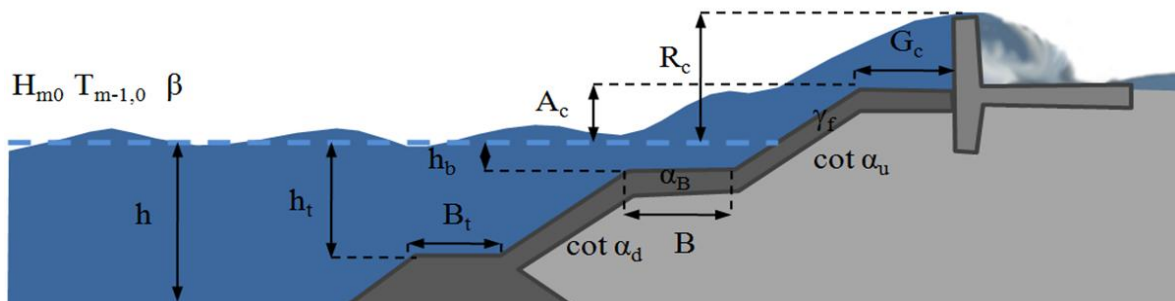


Figura 3.1: Parâmetros de entrada da ferramenta NN_OVERTOPPING2 (Neves *et al.*, 2012)

Na fase de treino ficaram estabelecidos 20 neurónios na camada oculta (Figura 3.2), denominada assim porque os seus neurónios não têm contacto com o “exterior”. O algoritmo matemático usado nesta fase foi o de *quasi-Newton* (Pozueta *et al.*, 2004).

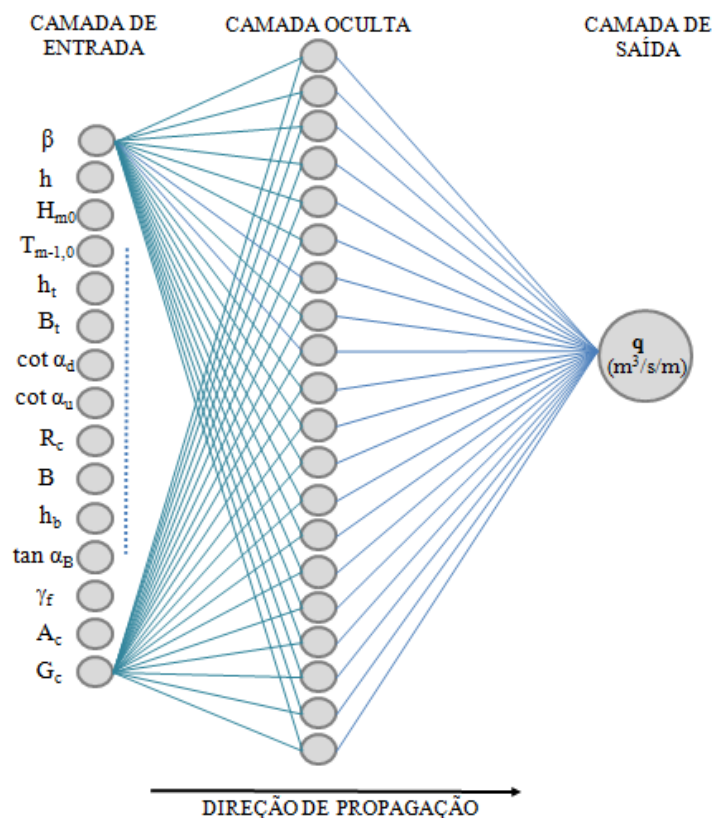


Figura 3.2: Esquema da rede neuronal (adaptado de Pozueta *et al.*, 2004)

Da base de dados original (10 532 testes), nem todos os testes fizeram parte do desenvolvimento do modelo (Pozueta *et al.*, 2004). Deste modo, testes com registos de galgamentos nulos, ou avaliados como “nada fiáveis” e/ou “muito complexos”, assim como testes de protótipo foram excluídos da base de dados. Alguns dados, de caudais médios galgados superiores a 1 ml/s/m foram cuidadosamente analisados e eliminados em caso de provadas inconsistências. Com efeito, a base de dados final foi composta por 8 372 testes.

Tendo como objetivo a possibilidade de aplicação em modelo reduzido e em protótipo, todos os parâmetros de entrada e saída são representados à escala para $H_{m0} = 1\text{m}$ antes de processados pela rede neuronal, usando uma teoria de semelhança. No âmbito da hidráulica marítima, e particularmente, no estudo da onda marítima, assume-se que as forças de gravidade, forças de pressão e forças de inércia são mais representativas na ação da onda marítima do que as forças relacionadas com a tensão superficial ou a viscosidade do líquido. Daí que se utilize com frequência, por se mostrar adequada em lidar com diferentes escalas dos modelos, a teoria de semelhança de *Froude*.

Teoria de semelhança de Froude

O conceito em que se baseia a teoria da semelhança de *Froude*, ou de qualquer outra, é que dois sistemas (no caso, o protótipo e o respetivo modelo reduzido) dizem-se fisicamente semelhantes relativamente a um conjunto de grandezas quando há uma relação constante entre valores homólogos dessas grandezas nos dois sistemas. Essa semelhança pode ser de índole geométrica, cinemática ou dinâmica.

Na semelhança dinâmica existe uma relação constante não só entre a resultante das forças como também entre as componentes das forças homólogas atuando nos dois sistemas dinamicamente semelhantes, qualquer que seja a sua natureza. Para assegurar a semelhança dinâmica das forças atuantes sobre partículas homólogas de dois sistemas basta que sejam iguais as relações entre cada uma das forças de uma dada natureza e a força tomada como referência.

Neste caso, assume-se que estão implicitamente asseguradas, nos dois sistemas, a igualdade entre a relação das forças intervenientes da gravidade, pressão e inércia. São dinamicamente semelhantes, desde que o número de *Froude*, calculado com base em grandezas homólogas, tome igual valor tanto no modelo como no protótipo, isto é:

$$F_{r, \text{ modelo}} = F_{r, \text{ protótipo}} \rightarrow F_r = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}} \rightarrow \frac{N_v}{\sqrt{N_g \cdot N_L}} = 1 \quad 3.1$$

onde N se refere à escala da grandeza (v - velocidade média; g - aceleração da gravidade; L comprimento). Sendo igual a aceleração da gravidade nos dois sistemas ($N_g = 1$), tem-se:

$$N_v = N_L^{1/2} \quad 3.2$$

Isto é, determina-se a escala das velocidades (N_v) em função da escala de comprimentos (N_L). De forma análoga, obtém-se a escala dos caudais médios ($m^3/s/m$) e do tempo, procedendo-se igualmente para qualquer outra grandeza.

$$N_q = \frac{N_v \cdot N_L^2}{N_L} = N_L^{3/2} \quad 3.3$$

$$N_t = \frac{N_L}{N_v} = N_L^{1/2} \quad 3.4$$

Limites de Aplicabilidade de NN_OVERTOPPING2

A análise da extensa base de dados utilizada para a construção das redes em estudo permitiu criar um intervalo de aplicabilidade, para cada parâmetro de entrada da rede, reproduzidos à escala através da semelhança de *Froude*, para $H_{m0}=1$ m. A teoria de semelhança referida é expressa em termos de escala de comprimentos N_L , determinada pela razão entre a altura de onda $H_{m0}=1$ m e altura de onda medida, ou seja:

$$N_L = \frac{H_{m0}}{H_{m0} \text{ (medido)}} \quad 3.5$$

Na Tabela 3.1 apresenta-se o intervalo de valores para cada parâmetro de entrada. Para verificar a compatibilidade de um parâmetro introduzido com os limites aplicáveis pela rede basta multiplicar esse parâmetro (seja na escala de modelo reduzido ou protótipo) pelo fator de escala (N_L) – onde se substitui $H_{m0} \text{ (medido)}$ pela altura de onda espectral do ensaio -, e confirmar se o valor pertence ao intervalo.

Tabela 3.1: Limites de aplicação dos parâmetros de entrada de NN_OVERTOPPING2 colocados à escala para $H_{m0}=1$ m de acordo com a semelhança de *Froude*

	Mínimo	Máximo
H_{m0} (m)	1.00	1.00
$S_{m-1,0}$	0.07	0.005
β (°)	0	80.00
h (m)	0.90	20.00
h_t (m)	0.50	20.00
B_t (m)	0	10.00
γ_f	0.30	1.00
$\cot \alpha_d$	0	10.00
$\cot \alpha_u$	-1.00	10.00
B (m)	0	15.00
h_b (m)	-1.00	5.00
$\tan \alpha_d$	0	0.10
R_c (m)	0.5	5.00
A_c (m)	0	5.00
G_c (m)	0	10.00

3.2.2 Ferramenta de Verhaeghe

A ferramenta Overtopping (Verhaeghe, 2005) estima, de forma muito semelhante à anterior, o caudal médio galgado numa estrutura marítima pela análise de resultados de rede neuronais e, outros parâmetros estatísticos de uma amostra de resultados. Todavia, nesta ferramenta é proposta uma sequência de dois modelos neuronais em que o funcionamento do segundo é condicionado pelos resultados do primeiro. Novamente os parâmetros de entrada das redes são os mesmos, em ambos os modelos, e diferem da ferramenta NN_OVERTOPPING2 pela omissão de um parâmetro estrutural, a $\tan \alpha_B$. A definição das variáveis que intervém na modelação do fenómeno é estabelecida na chamada fase de treino, como já referido. Nesta fase, faz-se excluir uma ou mais variáveis e analisa-se o erro dos resultados. O primeiro modelo neuronal, o *classifier*, prevê se ocorre galgamento na estrutura ($q > 0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$) ou se, por outro lado, o estado de agitação que atinge o perfil da estrutura provoca galgamento nulo ($q = 0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$). Quer isto dizer, que as redes do *classifier* são treinadas para as duas situações possíveis. A média dos resultados de 61 redes neuronais é usada para este efeito. Assim sendo, apenas no caso de o galgamento diferir de zero, o segundo modelo neuronal, o *quantifier*, é chamado para quantificar o caudal médio galgado, em $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$. Para isso, o modelo *quantifier* utiliza o valor médio obtido pelo processamento de dados de 100 redes neuronais geradas por conjuntos independentes de dados no treino e teste, recorrendo igualmente ao procedimento *bootstrapping*, agora aplicado numa base de dados de 8 195 testes. De forma idêntica à ferramenta anterior, e porque utiliza a mesma base de dados do CLASH, Overtopping utiliza somente informação de testes efetuados em modelos reduzidos.

A mais-valia que é dada pela ferramenta Overtopping é a sua capacidade em distinguir galgamentos nulos ou negligenciáveis de galgamentos significativos. Um galgamento é, de acordo com a literatura, considerado negligenciável se for inferior a $10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$.

Tanto Overtopping como a ferramenta NN_OVERTOPPING2 apresentam resultados pouco precisos quando o que está em causa são galgamentos daquela ordem de grandeza. Repare-se que a ferramenta NN_OVERTOPPING2 não só não produz estimativas para $Q < 10^{-6}$, sendo Q o caudal adimensional $Q = q / \sqrt{gH_{m0}^3}$, como recomenda o uso muito cuidado das estimativas produzidas pelas suas redes para $10^{-5} < Q < 10^{-6}$ e não estima caudais de galgamento nulos (Van Gen *et al.*, 2005). Atendendo à importância que estes últimos representam, Verhaeghe simulou artificialmente novos testes, a partir de testes de galgamentos nulos inseridos na base de dados, e adicionou-os, para garantir que o *classifier* apresente a precisão desejada nos resultados.

As redes neuronais de Overtopping foram configuradas com 20 neurónios na camada oculta no caso do *classifier* e 25 neurónios no modelo *quantifier*. No processo de treino foi adotado o algoritmo matemático de *Levenberg-Marquardt* (Verhaeghe, 2005).

Analogamente foram definidos limites de aplicabilidade para a ferramenta Overtopping, que neste caso tiveram que ser definidos para os dois modelos de redes neuronais (Tabela 3.2 e Tabela 3.3). Nestas tabelas verifica-se que os valores dos 14 parâmetros de entrada são separados conforme a variável (γ_f) tome valores iguais ou inferiores a 1.

Limites de Aplicabilidade de Overtopping

Tabela 3.2: Limites de aplicação dos parâmetros de entrada do modelo *quantifier* de Overtopping colocados à escala para $H_{m0}=1$ m de acordo com semelhança de *Froude*

	$\gamma_f = 1$		$\gamma_f < 1$	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
H_{m0} (m)	1.00	1.00	1.00	1.00
$T_{m-1,0}$ (s)	3.00	22.00	3.00	12.00
β (°)	0	60.00	0	60.00
h (m)	1.00	20.60	1.00	13.30
h_t (m)	1.00	20.50	0.65	13.30
B_t (m)	0	11.40	0	5.00
γ_f	1.00	1.00	0.35	0.95
$\cot \alpha_d$	0	7.00	0	5.30
$\cot \alpha_u$	-5.00	6.00	0	8.00
R_c (m)	0	5.00	0.25	2.80
h_b (m)	-1.00	3.60	-1.00	1.20
B_h (m)	0	16.20	0	6.20
A_c (m)	0	4.00	0.10	2.90
G_c (m)	0	7.60	0	5.40

Tabela 3.3: Limites de aplicação dos parâmetros de entrada do modelo *classifier* de Overtopping colocados à escala para $H_{m0}=1$ m de acordo com a semelhança de Froude

	$\gamma_f = 1$		$\gamma_f < 1$	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
H_{m0} (m)	1.00	1.00	1.00	1.00
$T_{m-1,0}$ (s)	3.00	22.00	3.00	12.00
β (°)	0	60.00	0	60.00
h (m)	1.00	20.60	1.00	13.30
h_t (m)	1.00	20.50	0.65	13.30
B_t (m)	0	11.40	0	5.00
γ_f	1.00	1.00	0.35	0.95
$\cot \alpha_d$	0	7.00	0	5.30
$\cot \alpha_u$	-5.00	6.00	0	8.00
R_c (m)	0	7.50	0.25	4.20
h_b (m)	-1.00	3.60	-1.00	1.20
B_h (m)	0	16.20	0	6.20
A_c (m)	0	6.00	0.10	4.35
G_c (m)	0	11.40	0	8.10

Ao observar-se os valores limites de aplicabilidade indicados verifica-se que diferem entre modelos, sendo que o *quantifier* apresenta valores de limite superior no intervalo de aplicabilidade mais baixos que o *classifier* em alguns parâmetros. Isso deve-se à ampliação da base de dados (recorrendo a novos testes) para o desenvolvimento do *classifier*.

Sobre as condições de utilização e operação destes modelos, estas estão detalhadamente descritas nos respetivos manuais. Cabe aqui fazer uma breve referência às limitações das ferramentas dada a sua importância no apuramento dos resultados.

Sempre que algum parâmetro introduzido não esteja em conformidade com as condições referidas anteriormente na Tabela 3.1, Tabela 3.2 e Tabela 3.3 ou, no caso da ferramenta NN_OVERTOPPING2, o caudal estimado seja inferior a determinado valor, é anotada uma mensagem de erro. Os erros podem tomar a forma e o significado que nos quadros a seguir se indicam.

Tabela 3.4: Possíveis erros e significados (NN_OVERTOPPING2)

Erros	Significado
-1	Algum parâmetro de entrada está fora do limite de aplicabilidade do modelo neuronal. Nenhuma previsão é dada.
	Indica que o valor adimensional do caudal médio galgado previsto apresenta valores inferiores a 10^{-6} . Nenhuma previsão é dada.

Tabela 3.5: Possíveis erros e significados (Overtopping)

Erros	Significado
NaN	Algum parâmetro de entrada está fora do limite de aplicabilidade do modelo <i>classifier</i> . Nenhuma previsão é possível.
999	Os parâmetros de entrada estão dentro do limite de aplicabilidade do modelo <i>classifier</i> e avaliam o galgamento como significativo, mas existe pelo menos um parâmetro de entrada fora do limite de aplicabilidade do modelo <i>quantifier</i> . E portanto, nenhum valor de galgamento é estimado.

As ferramentas estão preparadas para processar grandes volumes de dados sem que interrompam o seu ciclo de cálculo após a detecção de erro. Um erro corresponde a um teste não válido na análise dos resultados.

4. METODOLOGIA DE CÁLCULO DO COEFICIENTE DE REDUÇÃO DO GALGAMENTO γ_f RECOMENDADA POR PULLEN *ET AL.* (2007)

4.1 Introdução

Um dos critérios mais condicionantes no projeto de estruturas marítimas é o grau de galgamento permitido sobre o seu coroamento. É, precisamente, no estudo e conceção da geometria da estrutura, bem como na escolha do material a utilizar, que existe a possibilidade de controlar e mitigar a ocorrência de galgamento.

Se, no passado, as soluções construtivas executadas adotavam inclinações acentuadas nos taludes dos quebra-mares, tirando partido do menor dispêndio de material e de menor área ocupada em planta, tal opção produzia maior reflexão das ondas incidentes, provocando por vezes arrastamento do material junto à base das estruturas e a necessidade de utilizar no manto material (blocos) mais pesado. Hoje, dá-se uma importância maior ao mecanismo de dissipação da energia das ondas com a implementação de menores inclinações nos taludes e a aplicação de material mais rugoso e poroso no manto de proteção (Hedges & Reis, 2004).

Em quebra-mares de taludes, o mecanismo de dissipação está relacionado com a percolação da água nos interstícios do material do manto e com a rebentação da agitação no próprio talude. A menos que o comprimento do talude da estrutura não seja suficientemente extenso para a dissipação da energia e o nível máximo de espraiamento ($R_{m\acute{a}x}$) ultrapasse o coroamento da estrutura (R_c), não há galgamento. Por outras palavras, para que se observe galgamento numa estrutura:

$$R_{m\acute{a}x} - R_c > 0 \quad 4.1$$

A altura máxima de espraiamento é dada pela diferença medida na vertical entre o nível máximo atingido pela água no talude e o nível médio da água (Figura 4.1).

Todavia, uma exata descrição matemática do fenómeno do espraiamento e do galgamento em estruturas marítimas não é possível dada a sua complexidade quer no espaço, quer no tempo, resultante da complexa relação entre as múltiplas variáveis que descrevem o fenómeno. Com efeito, o espraiamento e o galgamento em estruturas marítimas são fundamentalmente determinados por fórmulas empíricas/semi-empíricas que derivam da investigação experimental.

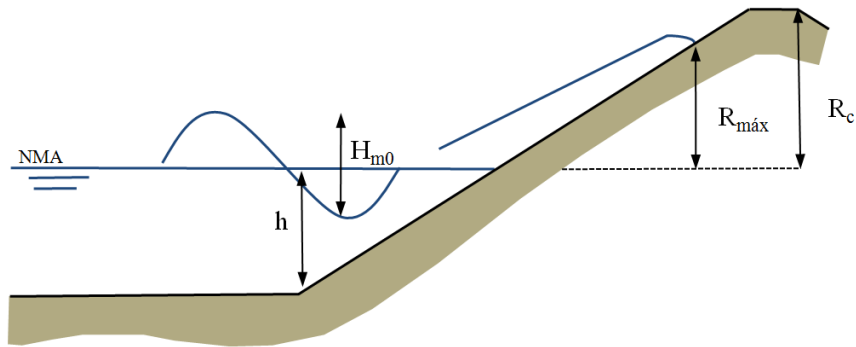


Figura 4.1: Definição de $R_{máx}$ e R_c numa estrutura de proteção marítima

4.2 Formulação empírica de cálculo

Pode-se definir um estado de agitação como o aspeto da superfície do mar ao longo de um período de tempo. Um estado de agitação pode ter carácter marcadamente irregular na zona de geração das ondas, habitualmente em locais afastados da costa, e modificar-se no sentido de maior regularidade ao propagar-se para fora da zona de geração. Contudo, dificilmente as ondas atingem a costa, e em particular as estruturas marítimas, com carácter regular isto é com altura e período de onda e direção de propagação bem definidos. As características irregulares das ondas, que devem ser referidas em termos estatísticos, manifestam-se por exemplo nos diferentes níveis de espraio atingidos na estrutura.

Uma vez que nem todas as ondas provocam espraio significativo, é adotado na Europa o valor de $R_{u2\%}$ no cálculo de galgamentos. $R_{u2\%}$ designa-se o nível de espraio que é excedido por 2% do número de ondas incidentes na estrutura. Como escreve Pullen *et al.* (2007), pode-se tomar aquela percentagem como uma boa estimativa, em fase de projeto, do número de ondas que incide na estrutura, se espraia e atinge o coroamento da estrutura, dando origem, eventualmente, a galgamento.

A fórmula que pode ser aplicada para a previsão média de $R_{u2\%}$ em estruturas como a do molhe Oeste do Porto de Sines (ver caso de estudo) é dada pela expressão (4.2). Esta é a fórmula recomendada por Pullen *et al.* (2007) para o cálculo probabilístico do espraio quando se pretende prever medições em laboratório (ou no protótipo). Repare-se que alguns termos da expressão são, igualmente utilizados, também no cálculo do caudal médio de galgamento, como acontece, por exemplo, na modelação de redes neuronais.

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = 1.65 \times \gamma_b \times \gamma_f \times \gamma_\beta \times \xi_{m-1,0} \quad 4.2$$

com um máximo de:

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = 1.00 \times \gamma_b \times \gamma_{\text{surging}} \times \gamma_\beta \times \left(4.0 - \frac{1.5}{\sqrt{\xi_{m-1,0}}} \right) \quad 4.3$$

Em que, a partir de $\xi_{m-1,0} = 1.8$, γ_{surging} aumenta linearmente até 1 para $\xi_{m-1,0} = 10$, de acordo com a equação:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{surging}} &= \gamma_f + (\xi_{m-1,0} - 1.8) \times (1 - \gamma_f) / 8.2 \\ \gamma_{\text{surging}} &= 1.0 \text{ para } \xi_{m-1,0} > 10 \end{aligned} \quad 4.4$$

Para quebra-mares com núcleo permeável é admitido um máximo de: $R_{u2\%} / H_{m0} = 1.97$.

Atendendo à expressão (4.2) observa-se que o nível atingido pela subida da água é fortemente influenciado pela forma com a onda rebenta sobre a estrutura. O tipo de rebentação é, como já se viu, avaliado pelo número de *Iribarren*, que considera intrinsecamente não só a geometria da estrutura como os parâmetros definidores da agitação marítima (altura e período da onda). O efeito da direção de ataque das ondas é avaliado pelo fator γ_β . Adicionalmente, considera-se um fator que tem em conta a localização da berma γ_b , bem como um coeficiente que contempla as características físicas do material do manto γ_f .

O coeficiente γ_f traduz o efeito da redução do galgamento (por via da diminuição do espraiamento) devido à rugosidade e à permeabilidade do material da superfície do manto. Daí que se considere um dos parâmetros mais importantes na determinação do galgamento. Sabe-se que a utilização de material com maior rugosidade permite introduzir perdas significativas de energia na rebentação e diminuir o galgamento no topo da estrutura. A rugosidade é criada pela forma irregular da geometria dos blocos (naturais ou artificiais) e, pelo modo, como estes são colocados no talude. A facilidade, maior ou menor, com que o material se deixa atravessar pela água define a permeabilidade do manto. Nos quebra-mares em que a superfície do manto de proteção dos taludes é lisa, o coeficiente toma o valor unitário ($\gamma_{f, \text{liso}} = 1$). Nessa situação, a superfície do talude é impermeável ao escoamento da água.

De acordo com Pullen *et al.* (2007), a rugosidade criada pelo material do talude tem pouco efeito num nível inferior a um quarto do valor do espraioamento considerado e acima de metade deste valor, em relação ao nível médio de água (NMA) em ambos os casos. Por isso, γ_f deverá ser definido só entre: $NMA - 0.25 \times R_{u2\%}$ e $NMA + 0.50 \times R_{u2\%}$.

Nos casos em que, neste intervalo, mais que um material seja usado no talude, γ_f deverá resultar de uma ponderação entre os diferentes coeficientes de rugosidade/permeabilidade dos materiais afetos ao intervalo. Logo:

$$\gamma_f = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_{f,i} \times L_i}{\sum_{i=1}^n L_i} \quad 4.5$$

Na expressão (4.5), L_i é a largura da projeção horizontal do material no talude.

O fator dado pela direção de ataque da onda γ_β considera o ângulo feito entre a direção da onda incidente e o eixo perpendicular à estrutura. O ângulo é medido junto à base da estrutura depois de quantificados todos os fenômenos de refração e difração associados à propagação das ondas desde o largo até ao ponto de interesse. Assim, a ondas com incidência perpendicular à estrutura corresponde um valor de $\beta=0^\circ$ (Figura 4.2).

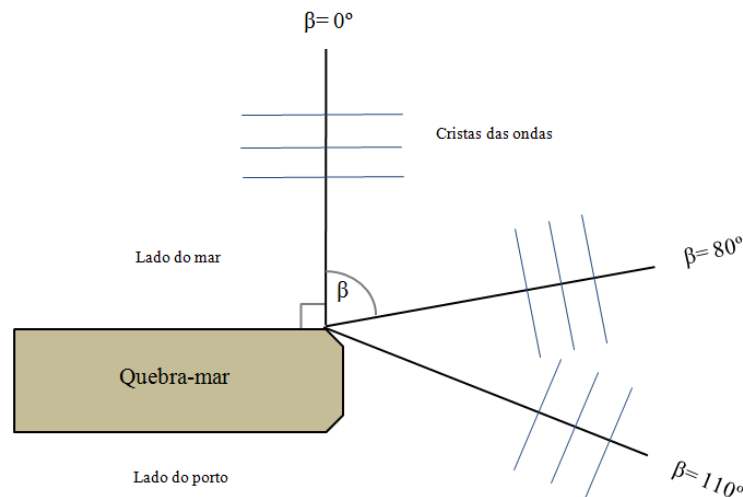


Figura 4.2: Definição dos ângulos β na estrutura

Para estruturas semelhantes ao molhe Oeste do Porto de Sines, Pullen *et al.* (2007) recomenda que se utilize a seguinte expressão linear para estimar a influência do fator γ_β no cálculo do espraioamento (“*short crested waves*”):

$$\left| \begin{array}{ll} \gamma_{\beta} = 1 - 0.0063 \times |\beta| & : 0^{\circ} \leq \beta \leq 80^{\circ} \\ \gamma_{\beta} = 1 - 0.0063 \times 80 & : \beta > 80^{\circ} \end{array} \right. \quad 4.6$$

Para direções entre os $80^{\circ} < \beta \leq 110^{\circ}$ as ondas são difratadas pela estrutura sendo recomendado um ajustamento da altura de onda H_{m0} e do seu período $T_{m-1,0}$:

$$H_{m0} \times \frac{110 - |\beta|}{30} \quad 4.7$$

$$T_{m-1,0} \times \sqrt{\frac{110 - |\beta|}{30}} \quad 4.8$$

Para $\beta > 110^{\circ}$, o espraçamento $R_{u2\%}$ é considerado nulo e portanto $q=0 \text{ m}^3/\text{s/m}$.

Nas fórmulas onde se verifique a influência da inclinação α da estrutura, deve-se procurar um procedimento que estime a inclinação média da estrutura quando mais que um declive define a geometria do talude exterior, pois, na prática, somente um valor é introduzido nas fórmulas de cálculo. Designado α por inclinação característica, a sua aplicação está implícita, por exemplo, na expressão (4.2) no cálculo de *Iribarren*.

Teoricamente, o nível de espraçamento é influenciado pelas alterações existentes no declive do talude na faixa que vai do ponto onde a onda rebenta até à altura máxima alcançada pela onda. Portanto pode-se calcular a inclinação característica a partir do ponto de rebentação até ao nível máximo de espraçamento. Mas como o nível máximo atingido pelo espraçamento depende da inclinação, implica que a solução não seja de resolução direta.

Admitindo algumas simplificações, a solução do problema é encontrada recorrendo a um simples processo iterativo. Pullen *et al.* (2007) recomenda que se utilize o ponto de início da rebentação no talude $1.5 \times H_{m0}$ abaixo do NMA e, numa primeira estimativa como nível máximo de espraçamento o correspondente à mesma distância acima do NMA. Deste modo faz-se:

$$\tan \alpha_1 = \frac{3 \times H_{m0}}{L_{\text{talude}} - B} \quad 4.9$$

sendo B a largura das banquetas nesta faixa.

Na segunda estimativa o nível de espraçamento calculado a partir da primeira iteração é usado para calcular a inclinação característica, assim:

$$\tan \alpha_2 = \frac{1.5 \times H_{m0} + R_{u2\%} \text{ (da 1ª estimativa)}}{L_{\text{talude}} - B} \quad 4.10$$

O processo converge relativamente rápido, não esquecendo que a distância, em projeção horizontal, entre os dois pontos tem que ser adaptada durante todo o processo; e a cota do coroamento da estrutura deverá ser adotada caso o valor de $R_{u2\%}$ ou $1.5 \times H_{m0}$ sejam superiores à mesma.

Neste trabalho não será dada especial atenção ao fator de influência referente à localização da berma no procedimento de cálculo uma vez que não existe berma no perfil da estrutura que irá ser estudado, sendo considerado nestas situações $\gamma_b = 1$.

5. CASO DE ESTUDO – POSTO 2 DO MOLHE OESTE DO PORTO DE SINES

5.1 Considerações gerais

O Porto de Sines, de coordenadas (37°57'N; 08°53'W), é uma das principais entradas comerciais e económicas da Península Ibérica. Localizado na costa sudoeste de Portugal continental, o porto é protegido por dois molhes: Oeste e Este (Figura 5.1).

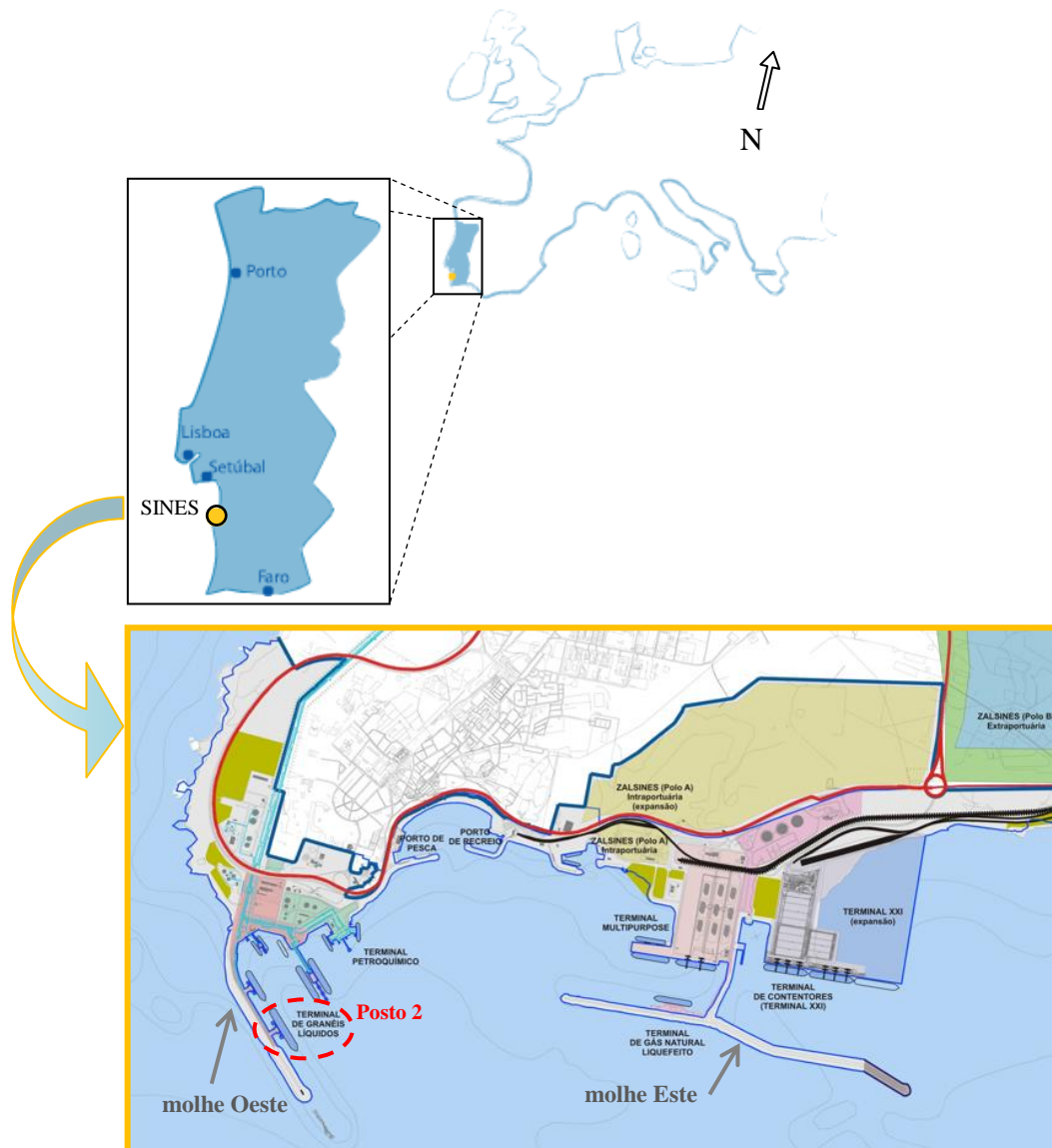


Figura 5.1: Porto de Sines (Fonte: www.portodesines.pt)

O molhe Oeste (Figura 5.2) é o molhe principal e protege postos de acostagem de águas profundas para navios petroleiros e quatro terminais principais (de granéis líquidos, petroquímico, multiusos e de gás natural liquefeito).



Figura 5.2: Molhe Oeste do Porto de Sines (Fonte: www.portodesines.pt)

Nos finais dos anos 70, durante a conclusão e imediatamente após a construção do molhe Oeste, ocorreram várias tempestades que causaram o colapso de quase todo o manto de proteção do molhe e da sua superestrutura (Reis *et al.*, 2011). Desde então foram realizados vários trabalhos de reabilitação em praticamente toda a sua extensão, exceto na parte final do molhe original, cujos destroços ainda hoje se podem observar. Os trabalhos de reabilitação foram apoiados por ensaios em modelo físico bidimensionais efetuados para avaliar a eficácia das diferentes soluções propostas ao longo dos anos no que diz respeito à estabilidade e ao galgamento (Reis *et al.*, 2011).

Atualmente, o molhe tem um comprimento de aproximadamente 1.6 km ao nível do coroamento e é protegido por cubos Antifer de 400 kN no enraizamento, de 900 kN no tronco e de 900 kN e 1050 kN na nova cabeça do molhe. Apenas dois dos três postos de acostagem existentes no intradorso do molhe Oeste se encontram em funcionamento: o Posto 2 e o Posto 3; o Posto 1 não está acessível e está sujeito à ação direta da agitação marítima oriunda do Oceano Atlântico.

Recentemente, por solicitação da Administração do Porto de Sines e com o objetivo de reativar o Posto 1 (para receção, carga e descarga de petroleiros), foram efetuados estudos para a reabilitação final do molhe. Foram propostas algumas soluções para o perfil-tipo do molhe entre os Postos 2 e 1. Para verificar a eficácia dos perfis propostos no que respeita à estabilidade e aos galgamentos foram realizados no LNEC (2008) ensaios em modelo físico bidimensional, num canal de ondas irregulares do Pavilhão de Hidráulica Marítima.

A decisão sobre qual a solução a adotar teve em conta os resultados dos ensaios elaborados, a experiência em trabalhos anteriores no molhe, aspetos económicos e de risco, estando indicada na Figura 5.3. A solução é semelhante à seção existente entre os Postos 3 e 2.

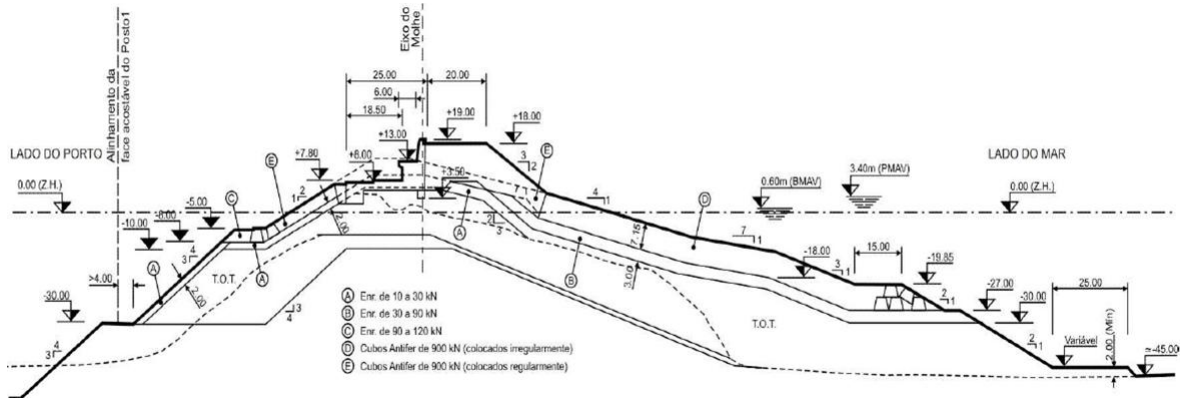


Figura 5.3: Perfil proposto para a reabilitação final do molhe Oeste do Porto de Sines que é semelhante ao trecho do molhe que protege o posto 2

A solução consiste num quebra-mar de taludes, com manto exterior de cubos Antifer de alta densidade de 900 kN, colocados irregularmente em duas camadas (0.09 un/m^2) abaixo do ZH e regularmente numa camada (0.00625 un/m^2) acima do ZH. O coroamento é composto por uma berma com 20 m de largura à cota +18.0 m (ZH), encostada a uma superestrutura de betão com deflector de onda (muro-cortina), com o coroamento à cota +19.0 m (ZH) e com plataformas às cotas +13.0 m (ZH) e +8.0 m (ZH).

Os ensaios foram realizados para diferentes condições de agitação incidente, com uma configuração espectral empírica de JONSWAP ($\gamma=3.3$). O programa de ensaios consistia numa sequência de ensaios, cada um com valores predefinidos dos parâmetros de agitação marítima em termos de período de pico do espetro (T_p) e altura significativa de onda (H_S) para dois níveis de maré: 0.0 m (ZH) e +4.0 m (ZH). Esses ensaios correspondem às seguintes características em protótipo:

- $H_S=6 \text{ m}$ e $T_p=10 \text{ s}$;
- $H_S=9 \text{ m}$ e $T_p=14 \text{ s}$;
- $H_S=11.5 \text{ m}$ e $T_p=18 \text{ s}$;
- $H_S=12 \text{ m}$ e $T_p=16 \text{ s}$;
- $H_S=13 \text{ m}$ e $T_p=20 \text{ s}$;
- $H_S=14 \text{ m}$ e $T_p=20 \text{ s}$.

O modelo físico ensaiado foi construído e explorado de acordo com a teoria de semelhança de *Froude*, tendo sido utilizada a escala geométrica de 1:60.

Na Tabela 5.1 apresentam-se os valores dos caudais médios galgados por metro linear de estrutura, q_{MF} , para doze ensaios realizados nos estudos de reabilitação do molhe. Neste quadro, os valores apresentados correspondem a valores de protótipo, onde as características da agitação, H_S e T_P , representam valores medidos em frente à estrutura, à profundidade -45.0 m (ZH) (valor do protótipo).

Os dados de galgamento provenientes da modelação física realizada no LNEC correspondentes aos doze ensaios apresentados no quadro serão, no capítulo 6, objeto de comparação e análise com os resultados obtidos pelas ferramentas neuronais NN_OVERTOPPING2 (Coeveld *et al.*, 2005) e Overtopping (Verhaeghe, 2005) nas mesmas condições de ensaio.

Tabela 5.1: Caudais médios de galgamento por metro linear de estrutura obtidos no modelo físico, q_{MF} , em valores do protótipo (LNEC, 2008)

Ensaio	H_S (m)	T_P (s)	q_{MF} ($10^{-3} m^3/s/m$)	Níveis de maré
1	6	10	0	0.0 m (ZH)
2	9	14	0	
3	11.5	18	1.8	
4	12	16	0.3	
5	13	20	13.5	
6	14	20	35.3	
7	6	10	0	+4.0 m (ZH)
8	9	14	0.6	
9	11.5	18	44.2	
10	12	16	33.3	
11	13	20	138.6	
12	14	20	246.8	

Nesse quadro, é possível observar que se registou um galgamento nulo na estrutura para o estado de agitação $H_S=6$ m e $T_P=10$ s em ambos os níveis de maré considerados nos ensaios, pelo que será de prever que para estados de agitação de menor intensidade também não se verifique galgamento na estrutura. O caudal médio galgado de $246.8 \times 10^{-3} m^3/s/m$ medido no ensaio 12 é sensivelmente superior ao valor dado como crítico para o início de estragos importantes na estrutura (Tabela 2.1), mas que se admite que a estrutura está segura.

6. APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE CÁLCULO AO CASO DE ESTUDO E ANÁLISE DE RESULTADOS

6.1 Introdução

O procedimento de cálculo que a seguir se demonstra tem como objetivo determinar o coeficiente de redução do galgamento devido à rugosidade/permeabilidade do talude estrutura, γ_f , com base na expressão (4.2) indicada por Pullen et al. (2007) para o cálculo probabilístico do nível de espraçamento ($R_{u2\%}$). Aquela expressão mostra-se adequada à estrutura em estudo dada a agilidade de se conseguir fazer refletir num dos seus termos (γ_f) a influência da colocação dos diferentes materiais do manto de proteção.

Nesta metodologia é calculado um γ_f para cada estado de agitação incidente na estrutura, o qual constitui como se referiu no capítulo 3, um parâmetro estrutural de entrada das ferramentas de previsão de galgamentos baseadas na análise de redes neuronais.

6.2 Procedimento de cálculo do coeficiente γ_f

Seja um estado de agitação caracterizado por: H_{m0} (m), $T_{m-1,0}$ (s), β (°) e NMA (m).

Para situações em que se dispõe de períodos de pico (T_p) deve-se passar para períodos médios obtidos por momentos espectrais $T_{m-1,0}$ (6.1). Segundo TAW (2002), o parâmetro $T_{m-1,0}$ dá mais peso às ondas de maior período, sendo estas as que mais interessam quando se avalia o espraçamento ou o galgamento. Refere-se também que esta expressão aplica-se apenas a espectros empíricos unimodais do tipo JONSWAP.

$$T_p = 1.1 T_{m-1,0} \quad 6.1$$

Caso o parâmetro definidor da altura de onda seja a altura significativa de onda (H_S) pode considerar-se, para águas profundas em que as ondas são sinusoidais:

$$H_S = H_{m0} \quad 6.2$$

Deste modo, a declividade pode ser dada como:

$$s_{m-1,0} = \frac{2\pi \times H_{m0}}{g \times T_{m-1,0}^2} \quad 6.3$$

Para calcular o número de *Iribarren* (expressão 4.2) tem que se conhecer não só a geometria da onda (declividade), como a geometria da estrutura, pelo que se torna necessário definir a inclinação característica (α) do talude. O valor de α corresponde à diferença vertical entre o ponto de início da rebentação, que é constante no ciclo iterativo, e o nível máximo de espraiamento, limitado à cota de coroamento das estruturas, no caso +19.00 m (ZH) (Figura 5.3). Sempre que um estado de agitação alcance um patamar horizontal, seja a banquetta de coroamento à cota +18.00 m (ZH) ou a banquetta localizada à cota -19.85 m (ZH), a largura da banquetta não deverá ser contabilizada no cálculo de $\tan \alpha$, tal como sugerido por Pullen *et al.* (2007). Desta forma podem-se definir as seguintes condições para o caso de estudo:

$$\left. \begin{array}{l} R_{u2\%} > 18 \text{ m} \\ -1.5 \times H_{m0} > -19.85 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow \tan \alpha = \frac{R_{u2\%} + 1.5 \times H_{m0}}{(L_{\text{máx}} - L_{\text{min}}) - 20} \quad 6.4$$

$$\left. \begin{array}{l} R_{u2\%} > 18 \text{ m} \\ -1.5 \times H_{m0} \leq -19.85 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow \tan \alpha = \frac{R_{u2\%} + 1.5 \times H_{m0}}{(L_{\text{máx}} - L_{\text{min}}) - 35} \quad 6.5$$

$$\left. \begin{array}{l} R_{u2\%} \leq 18 \text{ m} \\ -1.5 \times H_{m0} > -19.85 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow \tan \alpha = \frac{R_{u2\%} + 1.5 \times H_{m0}}{(L_{\text{máx}} - L_{\text{min}})} \quad 6.6$$

$$\left. \begin{array}{l} R_{u2\%} \leq 18 \text{ m} \\ -1.5 \times H_{m0} \leq -19.85 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow \tan \alpha = \frac{R_{u2\%} + 1.5 \times H_{m0}}{(L_{\text{máx}} - L_{\text{min}}) - 15} \quad 6.7$$

sendo que, na primeira estimativa, $R_{u2\%} = 1.5 \times H_{m0}$. Estimado o valor da inclinação característica, o parâmetro adimensional $\xi_{m-1,0}$ da expressão 4.2 pode ser determinado.

Repare-se que a não consideração dos patamares horizontais leva a que se sobrestime o nível de espraiamento (maior inclinação do talude) e, portanto, a calcular o galgamento do lado da segurança.

Atendendo às condições acima expostas, verifica-se que não é incluída a parte mais profunda da estrutura pela simples razão que um determinado estado de agitação só atinge a banquetta à cota -27.00 m (ZH) em termos de valor para início da rebentação e para um nível de maré aos 0.0 m (ZH), com uma altura de onda significativa espectral de 18 m, valor esse que se considera como pouco provável.

O efeito da direção oblíqua da agitação incidente no nível de espraçamento é calculado pela expressão (4.6) onde apenas se substitui β pelo ângulo de direção de propagação do estado de agitação.

Na primeira iteração, admite-se que $\gamma_f = 1$, o que corresponde a dizer que a superfície do talude é lisa e impermeável.

A ausência de berma faz com que o fator que leva em conta a presença de berma tome o valor unitário ($\gamma_b = 1$).

A influência de cada um daqueles coeficientes pode resultar numa redução significativa do espraçamento, basta que para isso que se tenha um quebra-mar de taludes, com manto composto por blocos de betão, e a que a agitação incida na estrutura obliquamente. No entanto, e porque se carece de estudos experimentais, a combinação conjunta de γ_b , γ_f , e γ_β só deve ser usada quando multiplicados sejam superiores a 0.4, conforme recomenda TAW (2002).

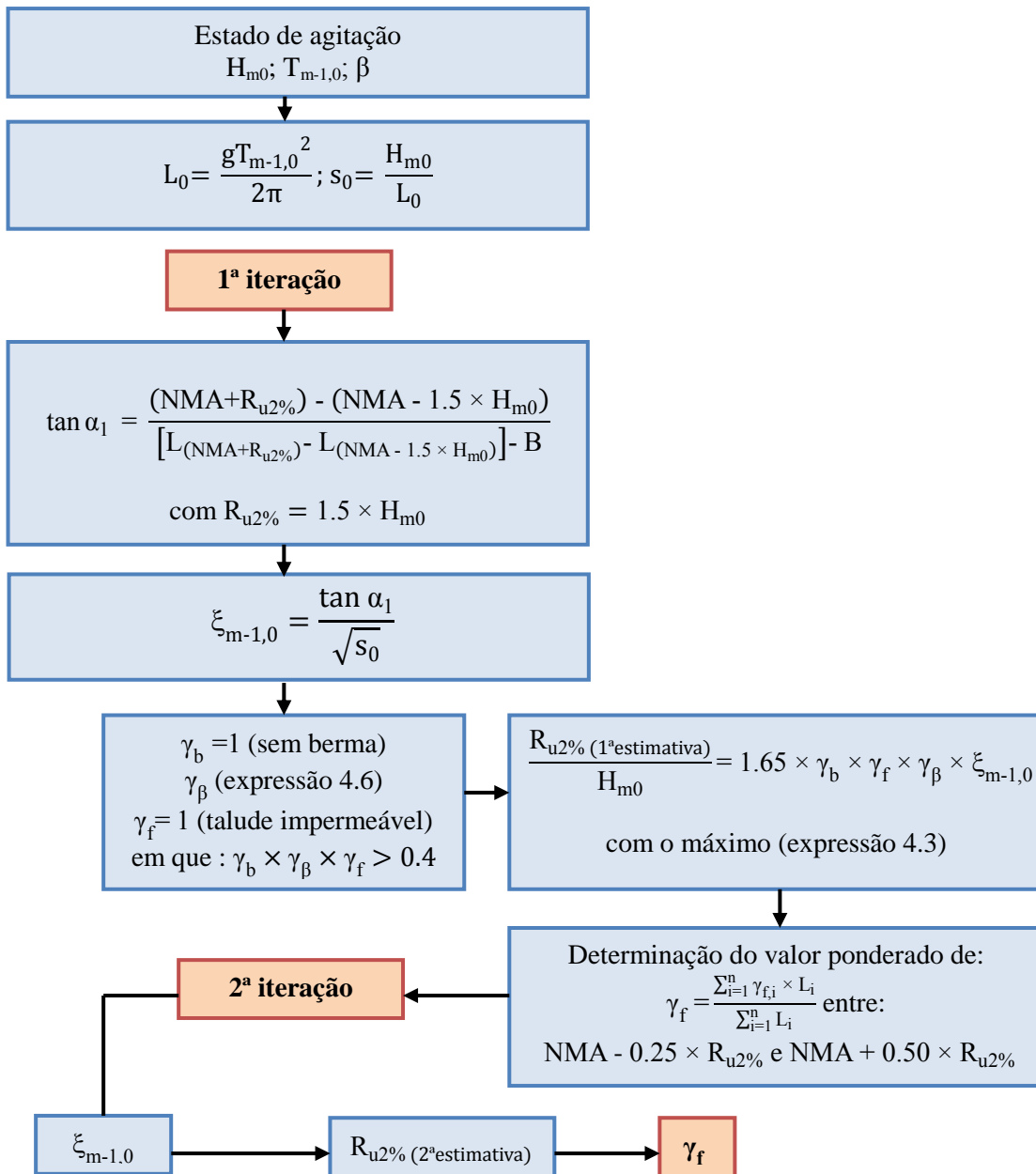
Tendo isto, o primeiro valor do nível de espraçamento pode ser quantificado, conhecendo as características da agitação e forma geométrica do extradorso da estrutura:

$$R_{u\ 2\% \text{ (1ª estimativa)}} = 1.65 \times 1.00 \times 1.00 \times (1 - 0.0063 \times |\beta|) \times \frac{S_{m-1,0}}{\left(\frac{3 \times H_{m0}}{L_{\text{talude}} - B}\right)} \times H_{m0} \quad 6.8$$

com um valor máximo calculado de acordo com a expressão (4.3) nas mesmas condições.

Ao fim de alguns ciclos iterativos as variáveis tendem a estabilizar e é determinado, para um dado conjunto de parâmetros definidores de um estado de agitação, um coeficiente de redução do galgamento e uma inclinação característica da estrutura, dos quais resulta um nível de espraçamento.

Seguidamente, apresenta-se um fluxograma com os passos fundamentais do procedimento de cálculo.



Em caso de existência de um muro-cortina no coroamento da estrutura, o coeficiente γ_f deve ser reduzido, conforme tome valores $\gamma_f < 0.9$ ou $\gamma_f \geq 0.9$, antes de introduzido como parâmetro de entrada nas redes neurais (Coeveld *et al.*, 2005; Verhaeghe, 2005). O molhe Oeste de Sines encontra-se no primeiro caso e como tal tem-se:

$$\left| \begin{array}{ll} \frac{R_c}{H_{m0}} \geq 0.5 & : \gamma_f - 0.05 \\ \frac{R_c}{H_{m0}} < 0.5 & : \gamma_f \end{array} \right. \quad 6.9$$

Logo, a influência de um muro-cortina na redução do galgamento é simulada com um “incremento” da rugosidade da estrutura pela diminuição de γ_f .

6.3 Ferramentas neuronais

Viu-se anteriormente que qualquer das redes neuronais se baseia em resultados de ensaios em modelo físico e, como tal, a aplicação direta das ferramentas é limitada às configurações de estruturas e às condições de agitação consideradas no desenvolvimento das redes neuronais. No entanto, o assinalável esforço de compilação de ensaios de galgamento numa extensa base de dados levado a cabo pelo projeto CLASH permite a aplicação das ferramentas num grande número de estruturas marítimas.

Devido ao elevado número de parâmetros envolvidos, é adotado um esquema-tipo de estrutura onde todas as variáveis estão representadas (Figura 6.1). Nesse perfil podem-se distinguir três zonas: a zona central onde habitualmente se situa a berma (h_b ; B ; α_B); uma zona superior que contempla o coroamento (R_c ; A_c ; G_c); e uma zona inferior que define a base da estrutura (h_t ; B_t).

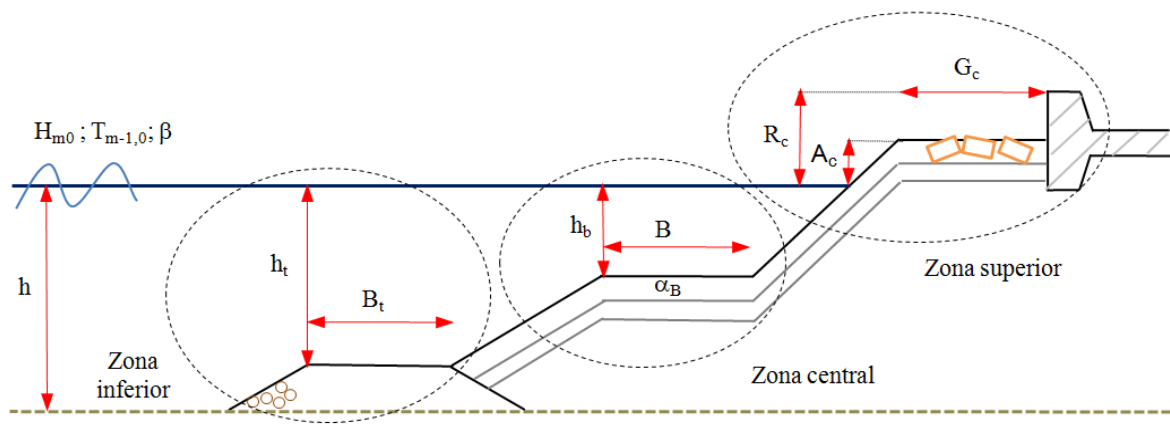


Figura 6.1: Descrição das variáveis correspondentes às zonas da estrutura (adaptado de Coeveld *et al.*, 2005)

A agitação marítima é caracterizada pelas variáveis H_{m0} , $T_{m-1,0}$ e β e é estimada na base da estrutura, à profundidade h .

Com a separação das estruturas por zonas procura-se de algum modo, segundo Verhaeghe (2005), refletir nas mesmas o seu papel no processo de interação onda-estrutura. Nesse sentido, a definição das zonas é sensível à variação do nível de maré e principalmente à altura das ondas. A zona central é, para efeitos de entrada nas redes neuronais, estabelecida entre as alturas $1.5 \times H_{m0}$ abaixo do nível médio da água e $1.5 \times H_{m0}$ acima desse nível, onde se considera que a dissipação da energia das ondas é predominante.

Analise-se agora o caso de estudo onde se propõe na Figura 6.2 a correspondência dos parâmetros acima mencionados no perfil da secção da estrutura, os níveis superior e inferior da zona da berma, assim como os pontos de transição que irão ser abordados.

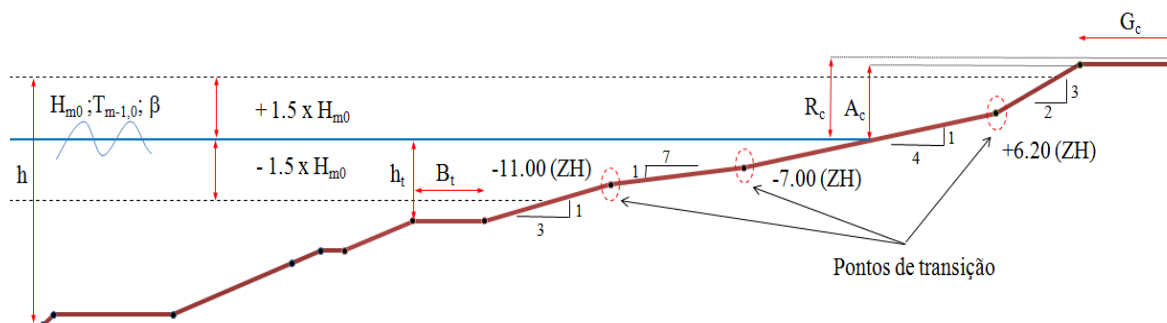


Figura 6.2: Caso de estudo – Perfil do molhe Oeste do Porto de Sines - Posto 2

Com base no critério de divisão das estruturas por zonas, o perfil do molhe de Sines pode ser objeto da análise das redes neuronais conforme ilustra a Figura 6.2. Para um estado da agitação normal, a dissipação das ondas no talude deverá acontecer entre os limites assinalados, permitindo assim definir a zona superior e a zona inferior. Na zona central não existe, no entanto, uma berma, designada por patamar horizontal. Existe sim, por sua vez, um troço de talude com diferentes inclinações sucessivas, concordantes em pontos de transição. Pullen *et al.* (2007) refere que um troço do talude só é considerado como berma se a sua inclinação estiver compreendida entre a horizontal e 1:15, o que de facto não acontece.

Sem berma, todos os parâmetros estruturais relacionados com a berma são iguais a zero, exceto h_b . Nestas situações, os pontos de transição podem ser usados como bermas “fictícias” no talude, de largura zero, em que h_b passa a ser definido como a profundidade em relação ao nível médio de água do ponto de transição.

Ao analisar-se o perfil pelo menos três pontos podem ser adotados como bermas fictícias: o ponto de transição situado à cota -11.00 m (ZH), o ponto à cota -7.00 m (ZH) e o ponto situado à cota +6.20 m (ZH). A localização de uma berma no talude permite criar um ponto a partir do qual se determinam as inclinações aproximadas do talude acima e abaixo desse ponto. Estas inclinações são representadas nas variáveis de entrada nas redes neuronais pelos parâmetros estruturais $\cot \alpha_u$ e $\cot \alpha_d$.

O valor de $\cot \alpha_u$ determina-se considerando como ponto inferior o ponto de transição considerado, e como valor superior a altura $1.5 \times H_{m0}$ na estrutura. Se $1.5 \times H_{m0}$ for superior à cota do coroamento da estrutura, o ponto mais próximo do mar do coroamento deverá ser considerado no

seu lugar. Para determinar α_d considera-se o mesmo ponto de transição e a altura $1.5 \times H_{m0}$ abaixo do nível de maré. Se esta altura (medida em profundidade) descer e passar a banquetta do pé de talude, o ponto mais afastado do mar da banquetta deverá ser usado.

Visto isto e como o objetivo é obter uma correta representação da estrutura, colocou-se logo de parte o ponto situado à cota -11.00 m (ZH) que levaria a uma estimativa grosseira da inclinação da zona superior do talude. Por outro lado, foi considerado um novo ponto no talude, intermédio entre os dois, coincidente com o nível de maré. Com efeito, para o estudo do galgamento foram então considerados os pontos de transição: PT 1, definido pelo ponto de transição à cota -7.00 m (ZH); o ponto PT 2, coincidente com o nível de maré; e o ponto PT 3 à cota +6.20 m (ZH). À semelhança com o que acontece com os parâmetros assinalados na Figura 6.2, o valor de h_b de cada um dos pontos é suscetível à variação do nível de maré.

Nas Figuras seguintes, apresentam-se as (três) soluções propostas para a geometria da estrutura tendo em vista a aplicação das ferramentas neuronais, segundo o posicionamento da berma “fictícia” no talude.

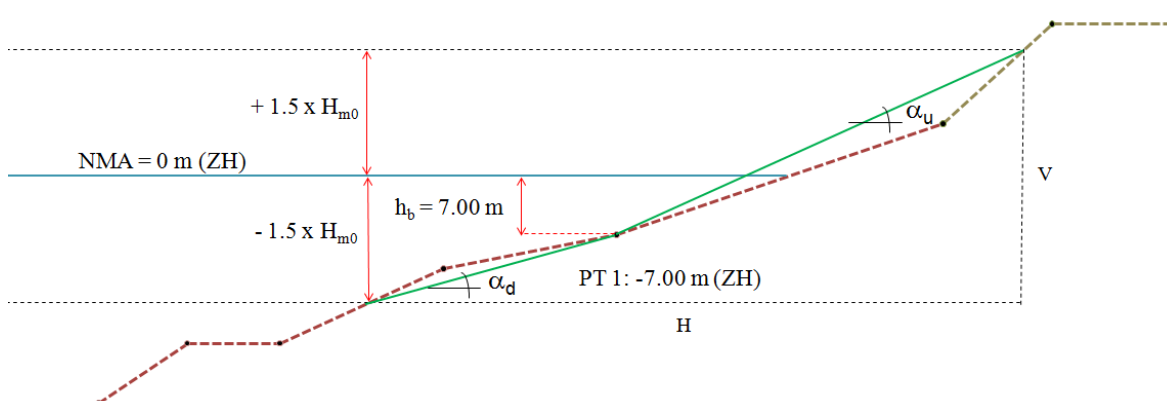


Figura 6.3: Berma “fictícia” posicionada no talude à cota -7.00 m (ZH)

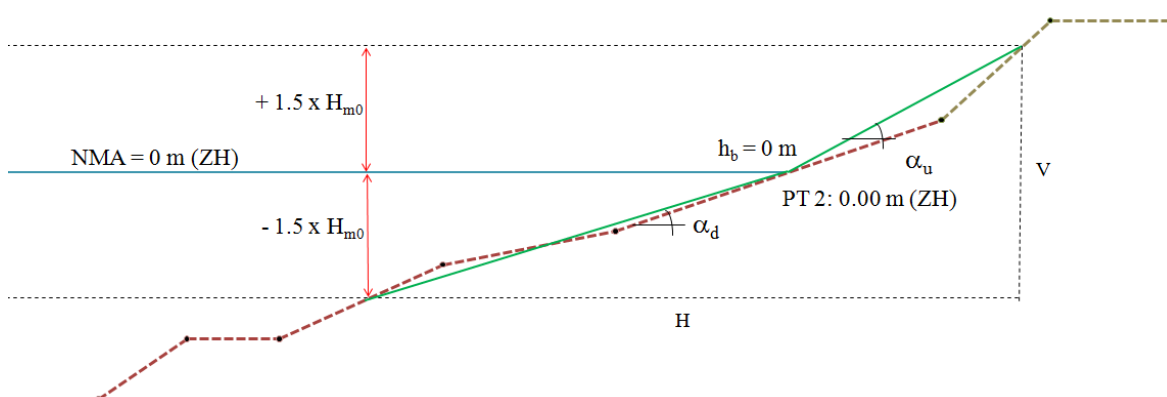


Figura 6.4: Berma “fictícia” posicionada no talude à cota 0.00 m (ZH) (nível de maré)

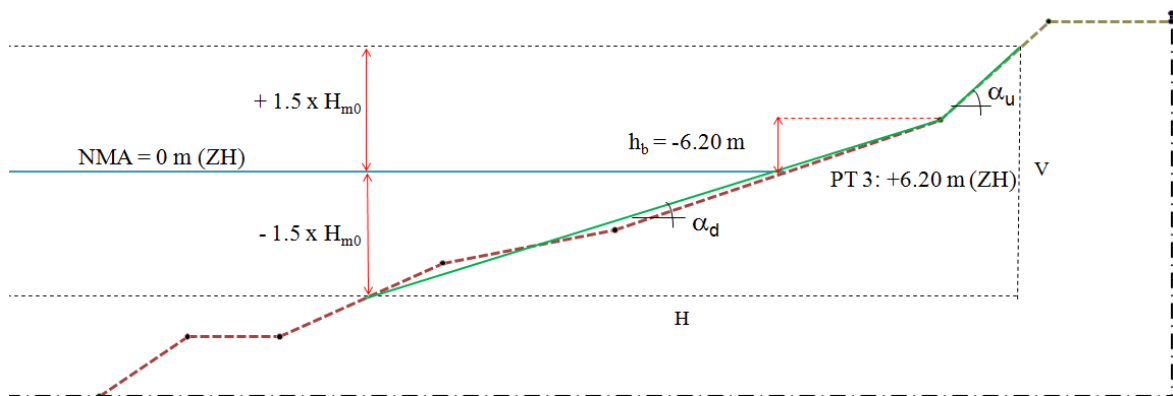


Figura 6.5: Berma “fictícia” posicionada no talude à cota +6.20 m (ZH)

Para completar o estudo dos galgamentos no trecho do molhe que protege o posto 2 do Porto de Sines realizou-se uma análise de sensibilidade ao parâmetro γ_f para as duas zonas do manto protegidas com os cubos Antifer. Na literatura dispõe-se de poucos dados acerca deste parâmetro e relativamente aos cubos Antifer surge apenas a informação indicada por Coeveld *et al.* (2005) e Pullen *et al.* (2007), que sugerem valores de γ_f de 0.47 ou 0.50 para os cubos Antifer no manto de proteção. Todavia, estes valores baseiam-se em ensaios em modelo físico reduzido realizado para estruturas com duas camadas de cubos Antifer, colocados de forma desarrumada num talude 1:1.5 (Pearson *et al.*, 2004).

No perfil em estudo os cubos apresentam uma colocação arrumada na zona acima do ZH, incluindo a baqueta do coroamento, o que aumenta consideravelmente o espraioamento e o galgamento. O parâmetro γ_f tende neste caso a ser superior quando comparado, por exemplo, com o valor a usar na zona abaixo do ZH, onde os cubos estão colocados de forma desarrumada.

A dificuldade em apurar o correto valor de γ_f a aplicar em determinada estrutura quando mais que um material com características físicas distintas é usado pode ser ultrapassada recorrendo à metodologia recomendada por Pullen *et al.* (2007) referida no ponto anterior. Esta metodologia combina o efeito de diferentes rugosidades/permeabilidades dos materiais da estrutura no espraioamento induzido por um estado de agitação incidente à estrutura.

Com efeito, foram considerados diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade respetivos às duas zonas do manto protegidas com os cubos Antifer no estudo do galgamento (Tabela 6.1).

Tabela 6.1: Combinações estruturais analisadas

Pontos de transição	Cubos Antifer (900 kN)	
	Colocados	Colocados
	irregularmente	regularmente
PT 1, PT 2 e PT 3	$\gamma_f = 0.47$	$\gamma_f = 0.85$
PT 1, PT 2 e PT 3	$\gamma_f = 0.50$	$\gamma_f = 0.80$
PT 1, PT 2 e PT 3	$\gamma_f = 0.55$	$\gamma_f = 0.80$
PT 1, PT 2 e PT 3	$\gamma_f = 0.60$	$\gamma_f = 0.80$

Para cada condição de ensaio estimou-se o caudal médio galgado utilizando as ferramentas baseadas na análise de redes neuronais posicionando a berma “fictícia” na estrutura nos três pontos de transição admitidos e considerando os tais “pares” diferentes do coeficiente γ_f . Esta abordagem traduz-se num total de 12 combinações analisadas, o que confere um estudo alargado para verificação da aplicabilidade destas metodologias.

Assim, tendo como referência os dados de galgamento provenientes da modelação física realizada no LNEC, será possível identificar qual a solução (combinação) de parâmetros estruturais que conduz a melhores resultados estimados pelas ferramentas.

Neste trabalho foram utilizadas as ferramentas NN_OVERTOPPING2 (Coeveld *et al.*, 2005), desenvolvida no âmbito do projeto Europeu CLASH e Overtopping, cujo desenvolvimento fez parte da dissertação de doutoramento de Hadewych Verhaeghe (Verhaeghe, 2005), na Universidade de Gante, Bélgica.

6.4 Análise de resultados

Os resultados da aplicação das metodologias introduzidas e abordadas nos pontos anteriores são aqui apresentados. Recorde-se que o perfil da estrutura em estudo é complexo, consagrando troços do talude exterior com diferentes declives e uma colocação diferenciada dos blocos no manto de proteção. Para aferir com acuidade o parâmetro referente à rugosidade e permeabilidade da estrutura utilizou-se uma metodologia proposta por Pullen *et al.* (2007) que reflete no espraiamento das ondas marítimas, entre outros aspetos, as diferentes características do material do manto. Conjuntamente, testaram-se algumas soluções estruturais (pela alteração da posição de uma berma fictícia) na análise das ferramentas neuronais. Para avaliar os resultados de galgamento produzidos pelas ferramentas neuronais considerou-se um conjunto de ensaios realizados em modelo físico reduzido no LNEC, dos quais existem dados de galgamento para o trecho do molhe em estudo (capítulo 5).

Da realização dos ensaios obtiveram-se os valores de caudais de galgamento, q , apresentados na Tabela 5.1. Os valores de galgamento provenientes da modelação física constituem os valores de referência para o molhe de Sines, onde também se testou a capacidade das ferramentas neuronais na previsão de galgamentos sob as mesmas condições de ensaio.

Para se proceder a uma análise comparativa entre os caudais médios galgados previstos pelas ferramentas neuronais, q_{NN} , e os caudais médios galgados medidos nos ensaios, q_{MF} , recorreu-se à sua representação gráfica e à determinação de algumas variáveis estatísticas, tais como:

- A média μ e desvio padrão σ do erro viés: $q_{NN_i} - q_{MF_i}$

- A média μ e desvio padrão σ do erro absoluto: $|q_{NN_i} - q_{MF_i}|$

- O erro quadrático médio, EQM: $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_{NN_i} - q_{MF_i})^2}{n}}$

- O índice de concordância, IC: $1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_{NN_i} - q_{MF_i}|^2}{\sum_{i=1}^n (|q_{NN_i} - \bar{q}_{MF}| + |q_{MF_i} - \bar{q}_{MF}|)^2}$

O cálculo do erro quadrático médio (EQM) servirá para encontrar em cada situação estudada, a combinação de parâmetros estruturais (h_b e γ_f) - entre as doze possíveis - que mais se ajusta à utilização das ferramentas neuronais para a previsão de galgamentos no molhe Oeste do Porto de Sines. Todos os cálculos do EQM efetuados para as combinações analisadas, bem como os cálculos realizados para as restantes variáveis estatísticas encontram-se indicados no Anexo A.

6.4.1 Nível de maré de 0.0 m (ZH)

6.4.1.1 CLASH

Na Tabela 6.2 estão indicados os resultados do EQM (quem também podem ser consultados no Anexo A) calculados com os resultados obtidos com a ferramenta NN_OVERTOPPING2 aplicados ao conjunto dos 6 ensaios (6 estados de agitação) com nível de maré de 0.0 m (ZH), para as 12 combinações propostas. De acordo com a tabela, duas combinações apresentam os valores mais baixos do EQM, 0.0042 e 0.0046. Estes resultados dizem respeito a duas soluções em pontos de transição distintos, o que sugere que se possa considerar mais que uma forma de abordar a estrutura pelas redes neuronais do CLASH para o nível de maré de 0.0 m (ZH). Recorrendo à representação gráfica dos resultados pode-se observar o comportamento das redes quando se altera o ponto de transição, mantendo o mesmo parâmetro de rugosidade/permeabilidade (Figura 6.6), e quando se utilizam os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura no mesmo ponto de transição (Figura 6.7). Estas comparações são feitas, seguidamente, para as duas combinações assinaladas no quadro em baixo.

Tabela 6.2: Valores do EQM obtidos para a ferramenta NN_OVERTOPPING2 para o nível de maré de 0.0 m (ZH)

Ponto de transição	γ_f - rugosidade/permeabilidade			
	(0.47; 0.85)	(0.50; 0.80)	(0.55; 0.80)	(0.60; 0.80)
PT 1	0.0142	0.0140	0.0121	0.0110
PT 2	0.0084	0.0078	0.0062	0.0046
PT 3	0.0042	0.0051	0.0073	0.0100

Os gráficos que são apresentados neste capítulo foram construídos da seguinte forma: no eixo das abcissas estão representados os valores dos caudais médios galgados medidos no modelo físico reduzido (q_{MF}) e no eixo das ordenadas representam-se os valores dos caudais médios galgados estimados pelas ferramentas (q_{NN}). Cada estado de agitação (num total de 6) é representado no gráfico por meio de um símbolo colorido. A diagonal que divide o gráfico, corresponde à linha de pontos nos quais se verifica a igualdade de valores entre q_{MF} e q_{NN} . Portanto, caso os símbolos se situem acima dessa linha poder-se-á afirmar que os valores de q_{NN} calculados pelas ferramentas são sobrestimados em relação aos valores dos caudais observados no modelo. Do mesmo modo, é permitido afirmar que as ferramentas subestimam o valor do caudal associado a um estado de agitação, caso o símbolo correspondente a esse estado, esteja posicionado inferiormente à referida linha.

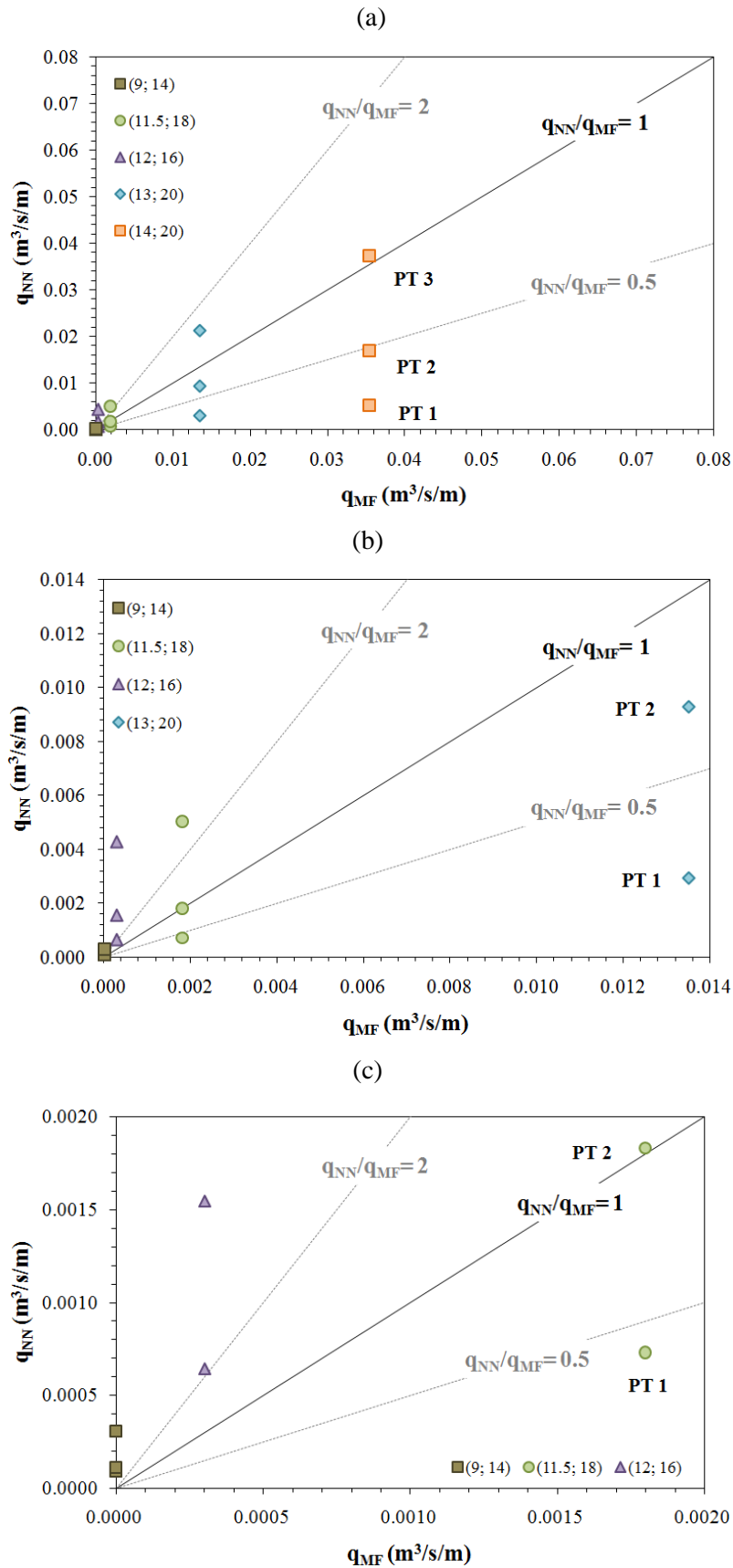


Figura 6.6: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.47; 0.85) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.0020 \text{ m}^3/\text{s/m}$

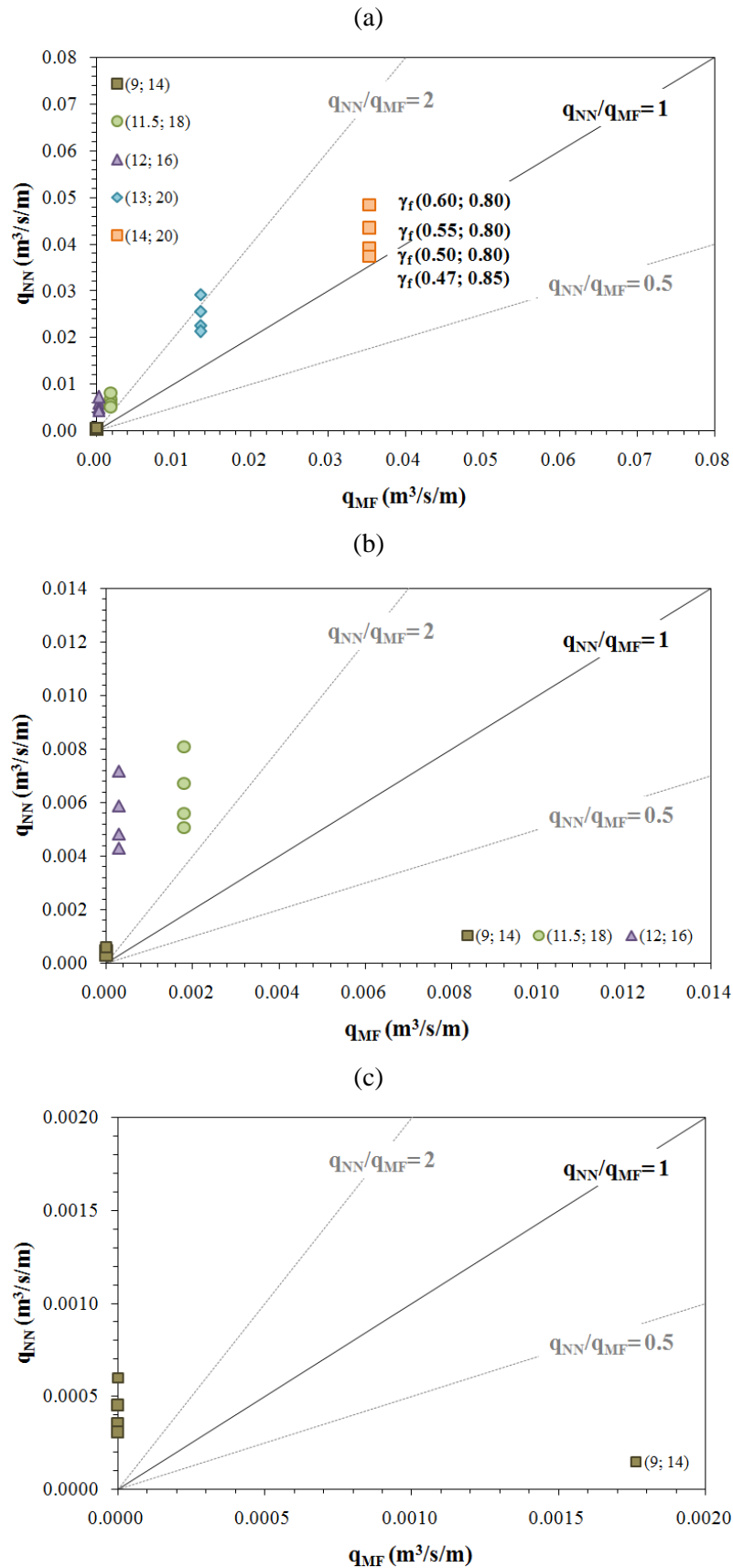


Figura 6.7: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} considerando o ponto de transição 3 e os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$; c) valores inferiores a $0.0020 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

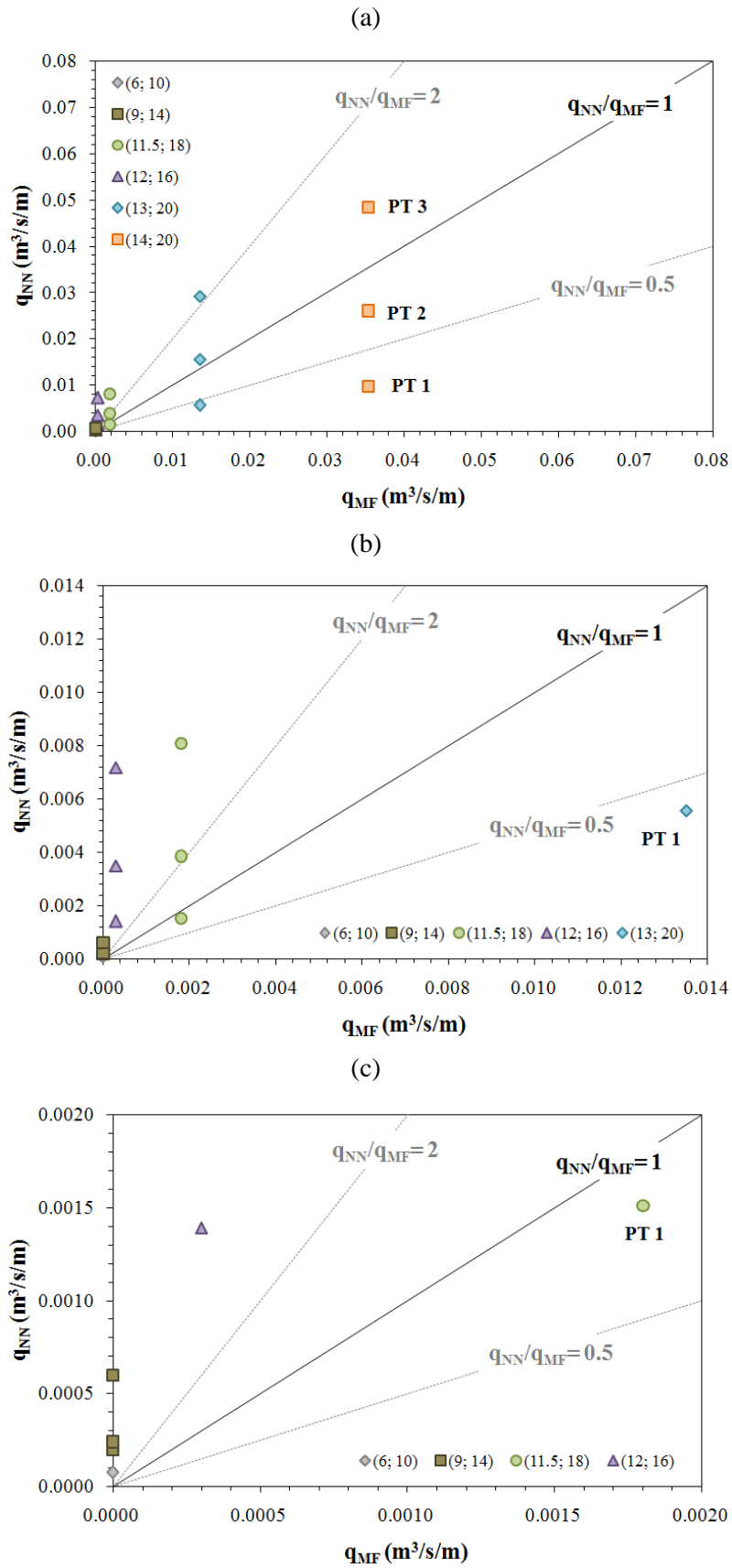


Figura 6.8: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.60; 0.80) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.0020 \text{ m}^3/\text{s/m}$

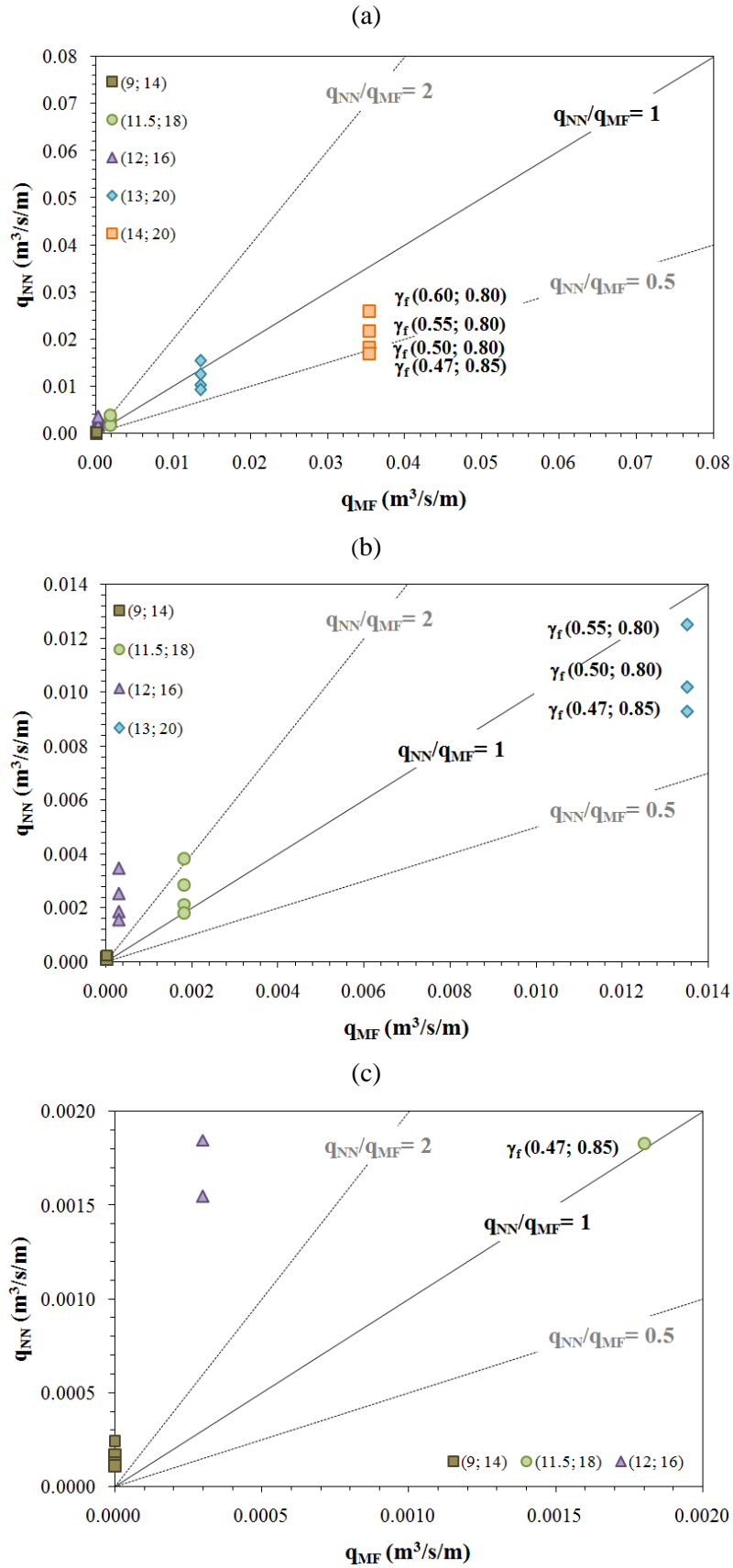


Figura 6.9: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} considerando o ponto de transição 2 e os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.0020 \text{ m}^3/\text{s/m}$

Na Figura 6.6 verifica-se que os valores médios dos caudais médios galgados previstos pela ferramenta NN_OVERTOPPING2 (q_{NN}) são tendencialmente superiores quando se coloca a posição da berma fictícia no ponto de transição situado à cota mais elevada (PT 3), sendo este comportamento comum a todos os ensaios. A subida generalizada dos valores de q_{NN} conduz a que nos estados de agitação de maior intensidade aqueles se aproximem dos valores do modelo físico (q_{MF}) e se afastem destes, significativamente, nos estados de agitação de menor intensidade. Colocando a berma fictícia em PT 3, mostra-se não só a solução em que se obtém, globalmente, os melhores resultados, como se trata da única em que os caudais previstos são todos sobrestimados. Verifica-se também (Figura 6.7) que a utilização dos restantes “pares” combinados de rugosidade/permeabilidade, onde se destaca o ligeiro aumento do γ_f na zona inferior de blocos Antifer, influenciam negativamente os resultados ao afastá-los dos valores de referência (sobrestima).

A segunda solução, que consiste em posicionar a berma fictícia no ponto de transição coincidente com o nível de maré (PT 2) e utilizar o par de γ_f (0.60; 0.80), permite, igualmente, obter um dos valores mais baixos do EQM. Se por um lado esta solução assegura praticamente uma melhoria em todos resultados em relação à solução anterior, ao aproximar os valores previstos dos observados no modelo reduzido, por outro subestima claramente o galgamento no estado de agitação $H_S= 14$ m e $T_p= 20$ s (Figura 6.8). Ao utilizarem-se os diferentes parâmetros de γ_f em PT 2 constata-se que não surte o mesmo efeito em todos os ensaios, visto que em alguns casos caudais previstos afastam-se dos valores de referência (nos estados de agitação de maior intensidade) e noutros casos aproximam-se (Figura 6.9).

No Anexo C podem ser observados, graficamente, os resultados para todas as soluções analisadas. Nos Anexos D e E podem ser consultados, respetivamente, os dados dos parâmetros de entrada e saída das ferramentas.

Tanto numa como noutra solução estrutural analisada para o nível de maré de 0.0 m (ZH) o ensaio $H_S= 6$ m e $T_p= 10$ s não é estimado pela ferramenta NN_OVERTOPPING2. Se na primeira solução tal facto se deve à incompatibilidade dos dados introduzidos nos parâmetros de entrada (estruturais e de agitação) com os limites de aplicabilidade das redes, na segunda o ensaio corresponde a um teste de galgamento cujo caudal médio galgado adimensional estimado é inferior a 10^{-6} , o que constitui um erro da ferramenta (Tabela 3.4).

Caso o erro esteja relacionado com um parâmetro estrutural é indicado no ficheiro de resultados da ferramenta qual a variável que excede os limites do intervalo. Para o nível de maré de 0.0 m (ZH) é

a variável h_b que se encontra fora daquele intervalo para o estado de agitação referido quando se estuda a estrutura com a posição da berma no ponto de transição à cota +6.20 m (ZH) (PT 3).

Observe-se um exemplo de verificação para o estado de agitação de menor intensidade (aplicação da teoria de semelhança de *Froude*, equação 3.5):

$$h_b = N_L \times (h_b)_{\text{protótipo}} \Rightarrow h_b = \frac{1}{6.00} \times (-6.20 \text{ m})$$

6.10

$$= -1.03 \text{ m} < -1.00 \text{ m} \quad (\text{Tabela 3.1})$$

Donde também se conclui que neste nível de maré e considerando uma berma fictícia em PT 3, a ferramenta NN_OVERTOPPING2 somente produz resultados de para estados de agitação caracterizados por alturas significativas (ou espectrais) de ondas iguais ou superiores a 6.20 m. Colocando a berma fictícia coincidente com o nível de maré (PT 2), a mínima altura de H_S desce para 3.80 m (agora limitada pelo parâmetro mais condicionante R_c):

$$(R_c)_{\text{máx}} = N_L \times (R_c)_{\text{protótipo}} \Rightarrow H_{m0}(\text{medido}) = \frac{(R_c)_{\text{protótipo}}}{(R_c)_{\text{máx}}} \times H_{m0}$$

6.11

$$H_{m0}(\text{medido}) = \frac{19.00 \text{ m}}{5.00 \text{ m}} \times 1 \text{ m} = 3.80 \text{ m}$$

Outra limitação apontada a esta ferramenta está relacionada com a sua incapacidade em prever galgamentos nulos devido à não inclusão de testes com $q = 0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ no processo de treino das redes neuronais. Portanto, é de esperar, que os valores de q_{NN} dos dois primeiros ensaios obtidos para este nível de maré ($H_S = 6 \text{ m}$; $T_P = 10 \text{ s}$) e ($H_S = 9 \text{ m}$; $T_P = 14 \text{ s}$) nunca se aproximem dos valores desejados.

6.4.1.2 Verhaeghe

Como se observa na Tabela 6.3 (e no Anexo A), os melhores resultados do EQM obtidos com a ferramenta Overtopping para o conjunto de 6 ensaios com o nível de maré de 0.0 m (ZH) são quase sempre obtidos quando se considera a berma fictícia no ponto de transição coincidente com o nível de maré (PT 2). A resposta das redes neuronais da ferramenta Overtopping é no entanto mais precisa quando se utiliza um γ_f (0.55; 0.80), onde se obtém um EQM= 0.0035.

Tabela 6.3: Valores do EQM obtidos para a ferramenta Overtopping para o nível de maré de 0.0 m (ZH)

Ponto de transição	γ_f - rugosidade/permeabilidade			
	(0.47; 0.85)	(0.50; 0.80)	(0.55; 0.80)	(0.60; 0.80)
PT 1	0.0138	0.0129	0.0100	0.0065
PT 2	0.0054	0.0046	0.0035	0.0086
PT 3	0.0139	0.0171	0.0247	0.0329

Pela análise da Figura 6.10, em PT 2 todos os ensaios são sobrestimados, à exceção do último ($H_s= 14$ m; $T_p= 20$ s), onde a ferramenta subestima ligeiramente o caudal medido. Tanto PT 1 como PT 3 divergem significativamente dos valores observados no modelo.

A utilização da combinação de γ_f (0.55; 0.80) é nitidamente a melhor solução para os estados de agitação de maior intensidade, todavia os caudais médios previstos para os estados de agitação de menor intensidade são sobrestimados em mais do dobro; para estes estados de agitação verifica-se uma melhoria dos resultados com a utilização de PT 1. Repare-se também que, com a solução EQM=0.0035 todos os ensaios (estados de agitação) são estimados pela ferramenta Overtopping (Figura 6.11).

Relembra-se novamente, que em anexo podem ser consultados, para além os gráficos de todas as soluções analisadas (Anexo C), os dados de entrada das ferramentas (Anexo D), assim como os resultados por estas produzidos (Anexo E).

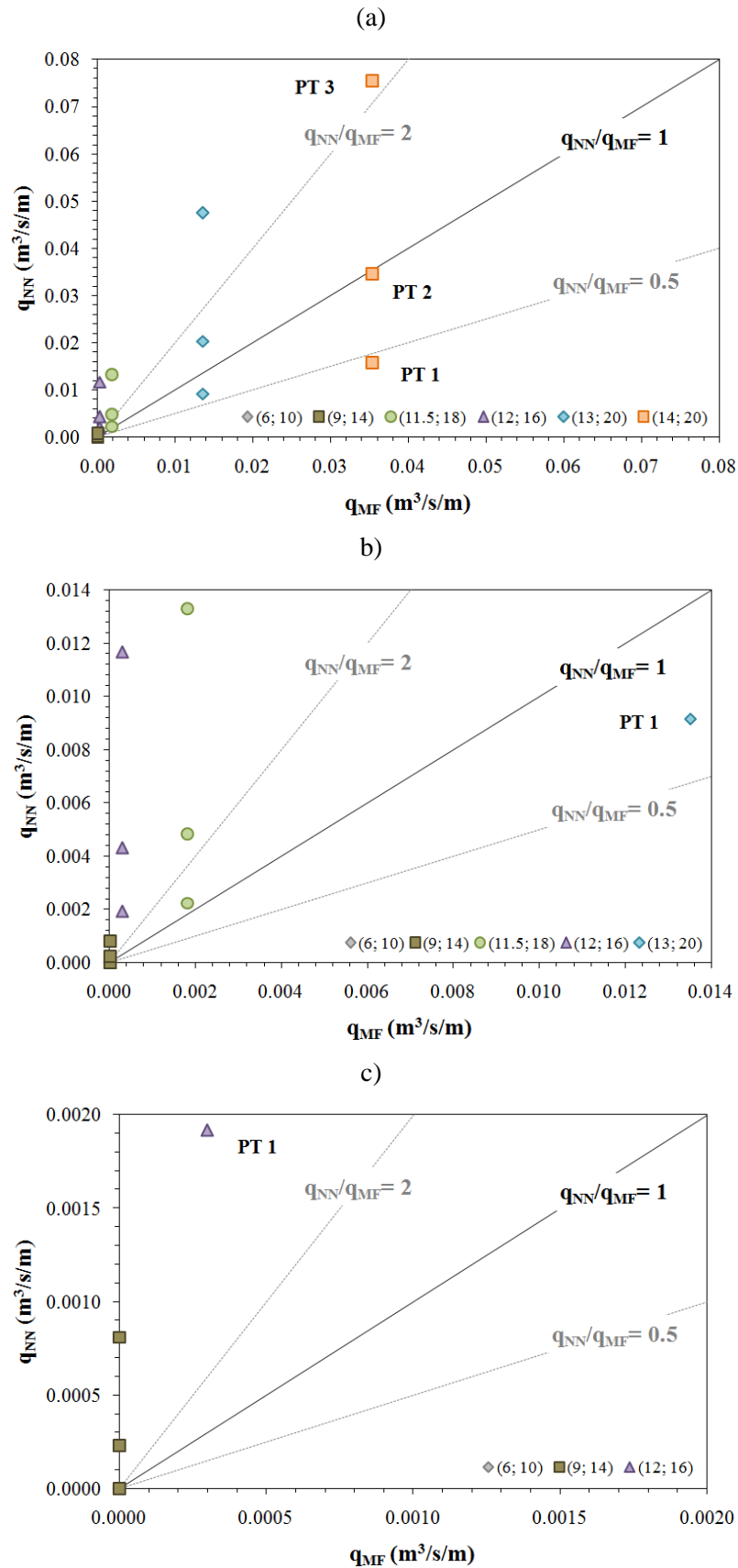


Figura 6.10: Comparação entre os resultados de Overtopping, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.55; 0.80) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$; c) valores inferiores a $0.0020 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

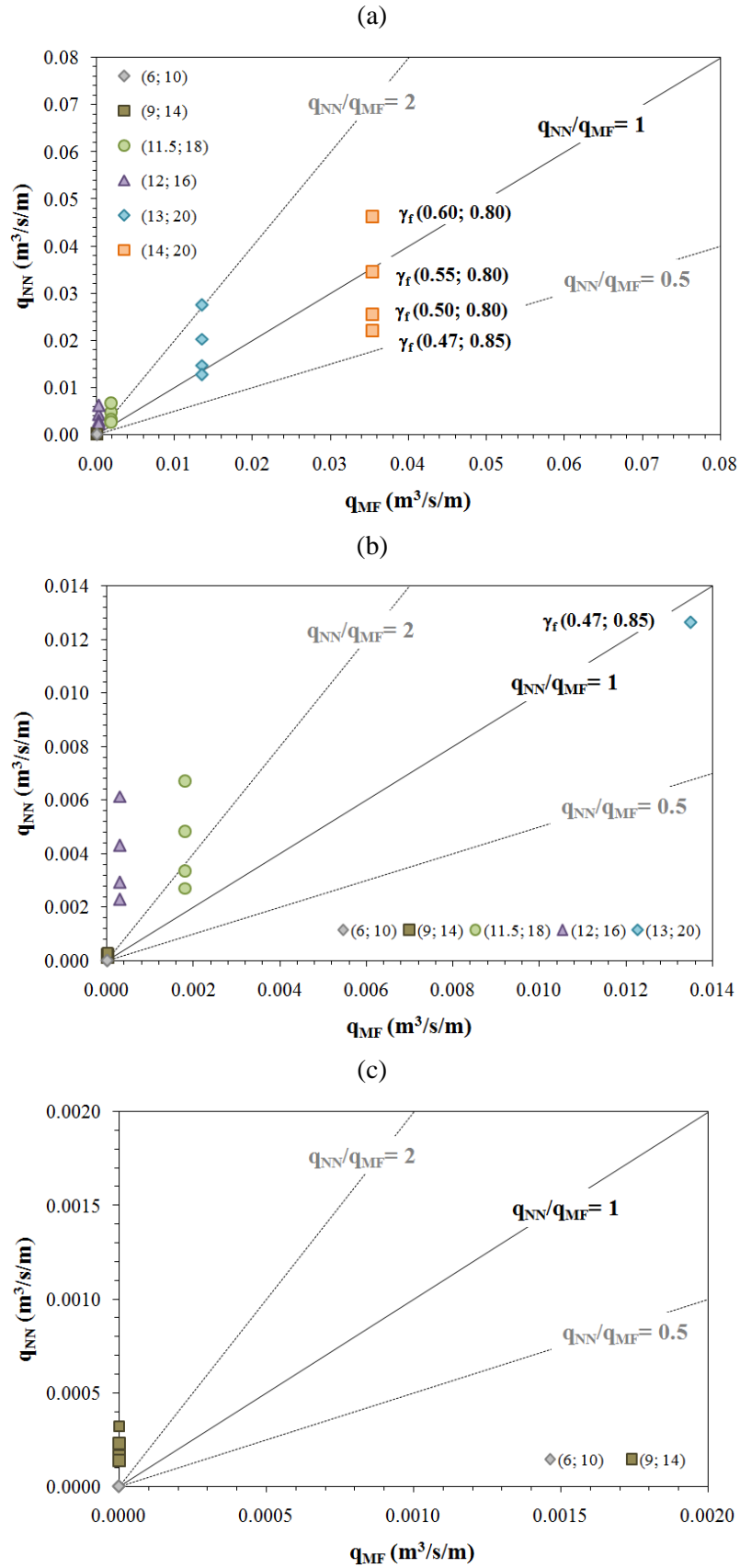


Figura 6.11: Comparação entre os resultados de Overtopping, q_{NN} considerando o ponto de transição 2 e os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.014 m^3/s/m$; c) valores inferiores a $0.0020 m^3/s/m$

A capacidade em identificar galgamentos nulos da ferramenta Overtopping, o que a diferencia da ferramenta NN_OVERTOPPING2, nem sempre se aplica nestes ensaios; se, efetivamente, no primeiro ensaio ($H_S= 6$ m e $T_P= 10$ s) a ferramenta calcula $q= 0$ m³/s/m, já no segundo, para uma altura significativa de onda de 9 m e período de pico de 14 s, o valor previsto (não nulo) diverge do valor de referência (caudal nulo).

A verificação dos limites de aplicabilidade de Overtopping, em caso de erro, deverá ser feita tanto para o *classifier* como para o *quantifier* e faz-se, uma vez mais, com base na teoria de semelhança de *Froude*. Como referido, para a solução com mais baixo valor do EQM, os 6 ensaios são estimados pelas redes neuronais, mas casos houve em que tal não aconteceu, como ilustram os gráficos anteriores, por motivo de erro. Seguidamente exemplificam-se dois casos.

- Berma fictícia em PT 1 com γ_f (0.55; 0.80) (Figura 6.10)

Tabela 6.4: Verificação dos parâmetros de entrada para PT 1, γ_f (0.55; 0.80) e H_{m0} (medido)=6 m (Overtopping)

	<i>Classifier</i>	<i>Quantifier</i>
β	0.00	0.00
h	7.50	7.50
H_{m0}	1.00	1.00
$T_{m-1,0}$	3.71	3.71
h_t	3.31	3.31
B_t	2.50	2.50
γ_f	0.50	0.50
$\cot \alpha_d$	7.00	7.00
$\cot \alpha_u$	3.56	3.56
R_c	3.17	3.17
h_b	1.17	1.17
B_h	0.00	0.00
A_c	3.00	3.00
G_c	3.33	3.33

Neste exemplo, para o ensaio $H_S= 6$ m e $T_P= 10$ s, o parâmetro de entrada $\cot \alpha_d$ não pertence ao intervalo dos dois modelos neuronais (Tabela 3.2 e Tabela 3.3). No ficheiro de resultados surge o erro NaN (Anexo E).

- Berma fictícia em PT 2 com γ_f (0.50; 0.80) (Figura 6.11)

Tabela 6.5: Verificação dos parâmetros de entrada para PT 2, γ_f (0.50; 0.80) e H_{m0} (medido)=6 m (Overtopping)

	<i>Classifier</i>	<i>Quantifier</i>
β	0.00	0.00
h	7.50	7.50
H_{m0}	1.00	1.00
$T_{m-1,0}$	3.71	3.71
h_t	3.31	3.31
B_t	2.50	2.50
γ_f	0.45	0.45
$\cot \alpha_d$	4.67	4.67
$\cot \alpha_u$	3.22	3.22
R_c	3.17	3.17
h_b	0.00	0.00
B_h	0.00	0.00
A_c	3.00	3.00
G_c	3.33	3.33

Neste segundo exemplo, como os parâmetros de entrada R_c e A_c apenas não pertencem aos intervalos do *quantifier* é emitido o erro 999 (Anexo E).

A ferramenta Overtopping encontra-se, neste nível de maré, limitada a estados de agitação com $H_s > 6.79$ m, sendo R_c o parâmetro mais condicionante pelo *quantifier*, a não ser que o *classifier* estime o galgamento como nulo e, desse modo, não é realizado qualquer cálculo pelo *quantifier*.

No Anexo A podem ser consultados todos os resultados estatísticos para as 12 soluções estudadas por cada ferramenta para o nível de maré de 0.0 m (ZH).

6.4.2 Nível de maré +4.0 m (ZH)

6.4.2.1 CLASH

Neste nível de maré, os resultados convergem todos no sentido de uma solução com o ponto de transição à cota +6.20 m (ZH) com γ_f de 0.60 e 0.80 na camada inferior e superior, respectivamente, de blocos Antifer. Todas as restantes combinações tendem a apresentar piores resultados no valor de EQM no conjunto dos 6 ensaios (Tabela 6.6 e Anexo A).

Tabela 6.6: Valores do EQM obtidos para a ferramenta NN_OVERTOPPING2 para o nível de maré de +4.0 m (ZH)

Ponto de transição	γ_f - rugosidade/permeabilidade			
	(0.47; 0.85)	(0.50; 0.80)	(0.55; 0.80)	(0.60; 0.80)
PT 1	0.1170	0.1167	0.1005	0.0954
PT 2	0.0633	0.0623	0.0432	0.0338
PT 3	0.0460	0.0411	0.0279	0.0199

Nos gráficos seguintes é proposta, uma vez mais, uma análise comparativa de resultados entre o valor mais baixo de EQM, que, neste caso, vale 0.0199, e as combinações com os outros pontos de transição propostos para o mesmo par (0.60; 0.80); e as combinações diferentes de γ_f no mesmo ponto de transição, isto é, em PT 3.

Segundo a Figura 6.12 e a Figura 6.13 a ferramenta NN_OVERTOPPING2 subestima os caudais médios galgados praticamente em todos os ensaios, à exceção dos dois estados de agitação de menor intensidade. A posição da berma fictícia em PT 3 mostra-se francamente favorável nos resultados onde também valores superiores de γ_f tendem a aproximar os caudais estimados pelas redes aos caudais do modelo físico. Todos os ensaios se encontram dentro do intervalo de aplicabilidade da ferramenta neuronal. Para o estado de agitação $H_s= 6$ m e $T_p= 10$ s o valor médio do caudal previsto é da ordem 10^{-5} m³/s/m, onde no modelo como se sabe, é nulo.

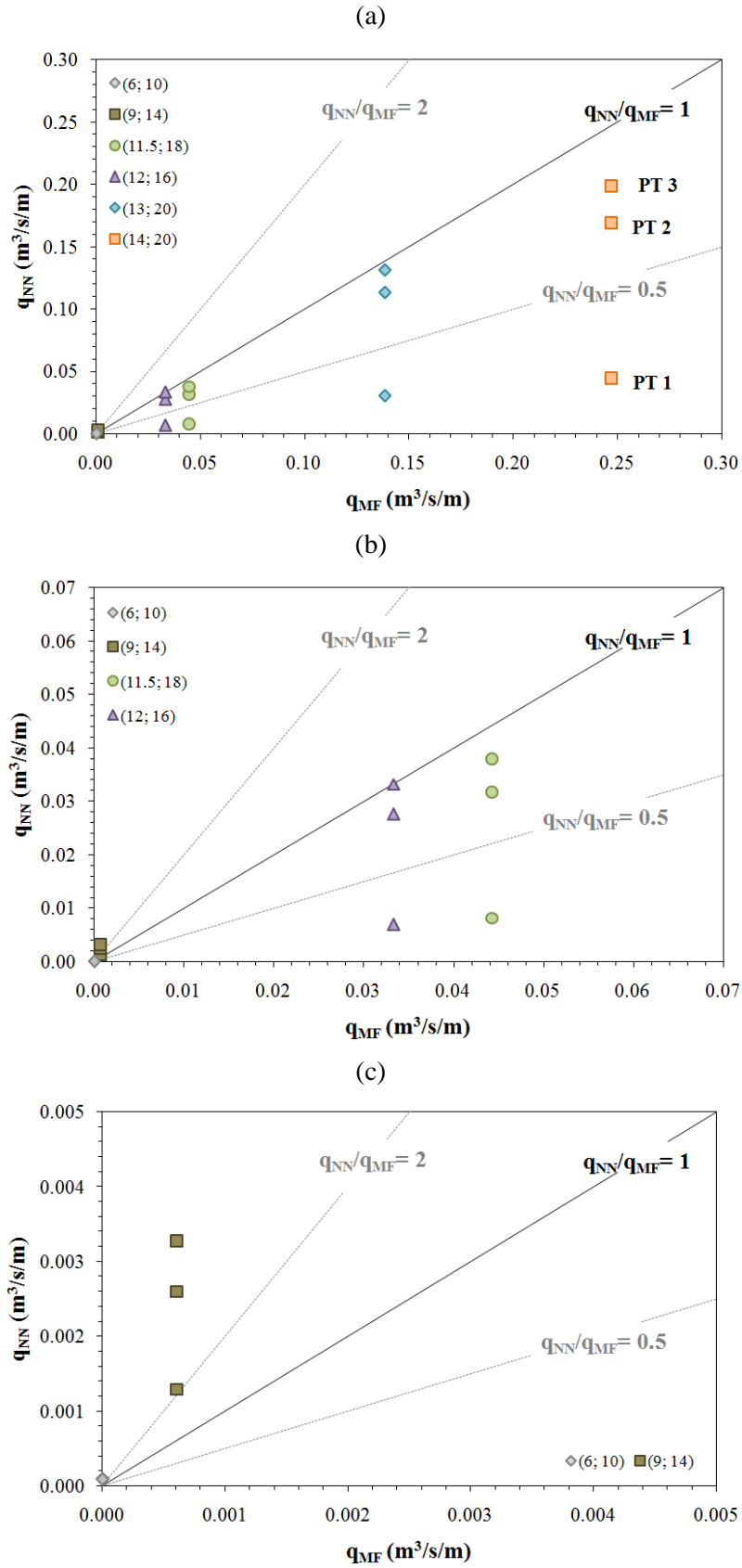


Figura 6.12: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.60; 0.80) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.07 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$; c) valores inferiores a $0.005 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

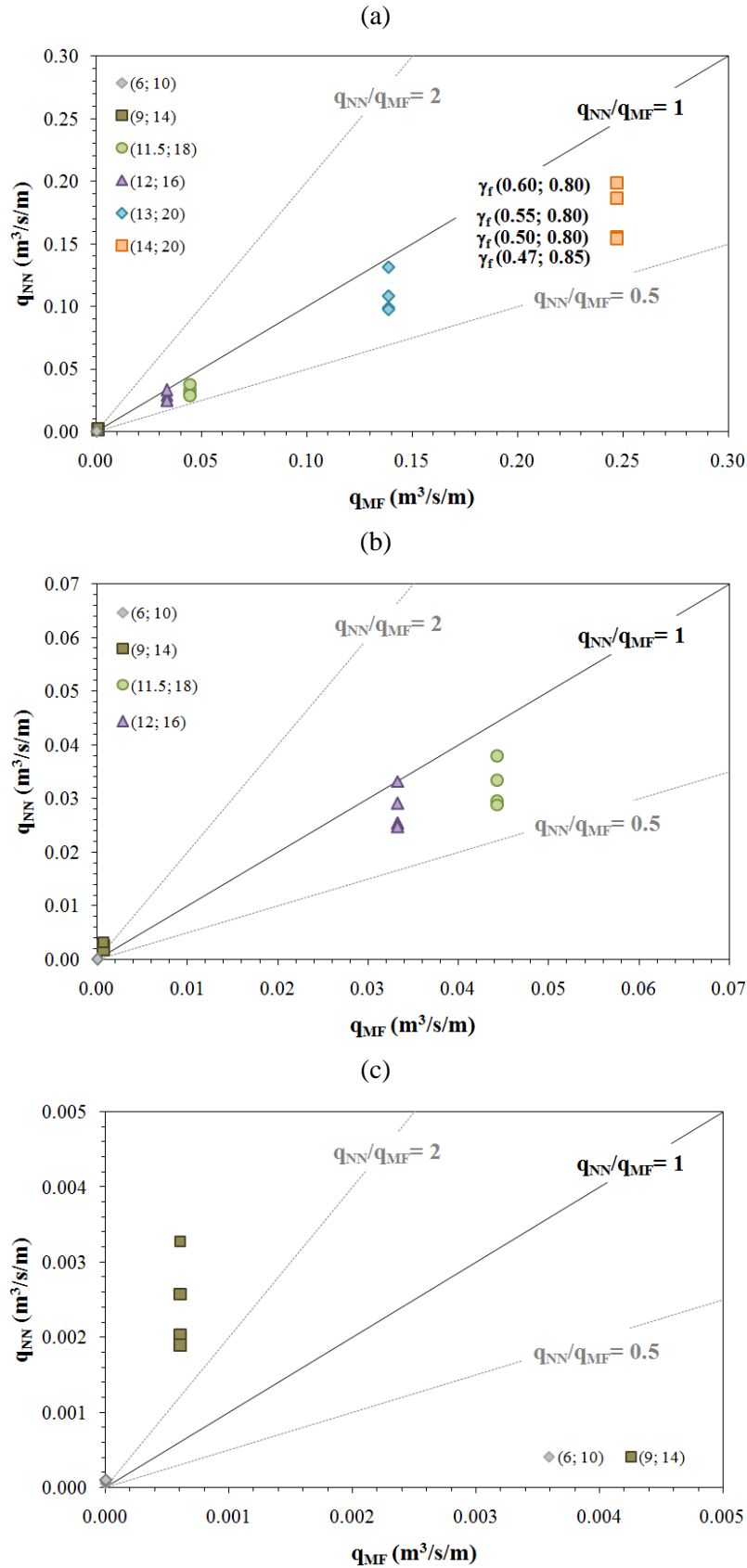


Figura 6.13: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} considerando o ponto de transição 3 e os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a 0.07 m³/s/m; c) valores inferiores a 0.005 m³/s/m

6.4.2.2 Verhaeghe

Neste caso, sucede novamente uma situação em que existe mais que uma possibilidade de abordar a estrutura, pois dois diferentes pontos de transição (PT 2 e PT 3) obtêm os melhores resultados do EQM (Tabela 6.7).

Tabela 6.7: Valores do EQM obtidos para a ferramenta Overtopping para o nível de maré de +4.0 m (ZH)

Ponto de transição	γ_f - rugosidade/permeabilidade			
	(0.47; 0.85)	(0.50; 0.80)	(0.55; 0.80)	(0.60; 0.80)
PT 1	0.1346	0.1334	0.1133	0.0994
PT 2	0.0503	0.0484	0.0182	0.0106
PT 3	0.0288	0.0270	0.0063	0.0306

De facto, e porque se está a tratar de caudais de galgamento sobejamente superiores no nível de maré de +4.0 m (ZH), a ferramenta Overtopping mostra-se bastante precisa nas suas estimativas. Observando a Figura 6.14 e a Figura 6.15, os resultados com γ_f de 0.55 e 0.80 em PT 3 (primeira solução) são muito próximos dos valores de referência e apenas ligeiramente sobrestimados em todos os ensaios. Para o estado de agitação $H_s= 6$ m e $T_p= 10$ s o caudal médio de galgamento obtido é da ordem 10^{-5} m³/s/m. A inexistência de resultados para os três primeiros ensaios em PT 1 (Figura 6.14) deve-se à incompatibilidade de alguns parâmetros de entrada com as limitações da ferramenta.

Na segunda solução, γ_f de 0.60 e 0.80 em PT 2 (Figura 6.16 e Figura 6.17), os resultados acabam por ser globalmente também positivos quando se calcula o EQM, mas a verdade é que as redes mostram algumas irregularidades nas suas estimativas, ora por vezes sobrestimando, ora por vezes subestimando, embora que ligeiramente. Tal como tem vindo a acontecer, o aumento de γ_f conduz a melhores resultados nos maiores estados de agitação e a resultados menos bons nos menores estados de agitação. Semelhantemente à solução anterior (γ_f de 0.55 e 0.80 com PT 3) todos os ensaios são estimados por Overtopping.

No Anexo A encontram-se todos os cálculos estatísticos para as 12 soluções estudadas por cada ferramenta para o nível de maré de +4.0 m (ZH).

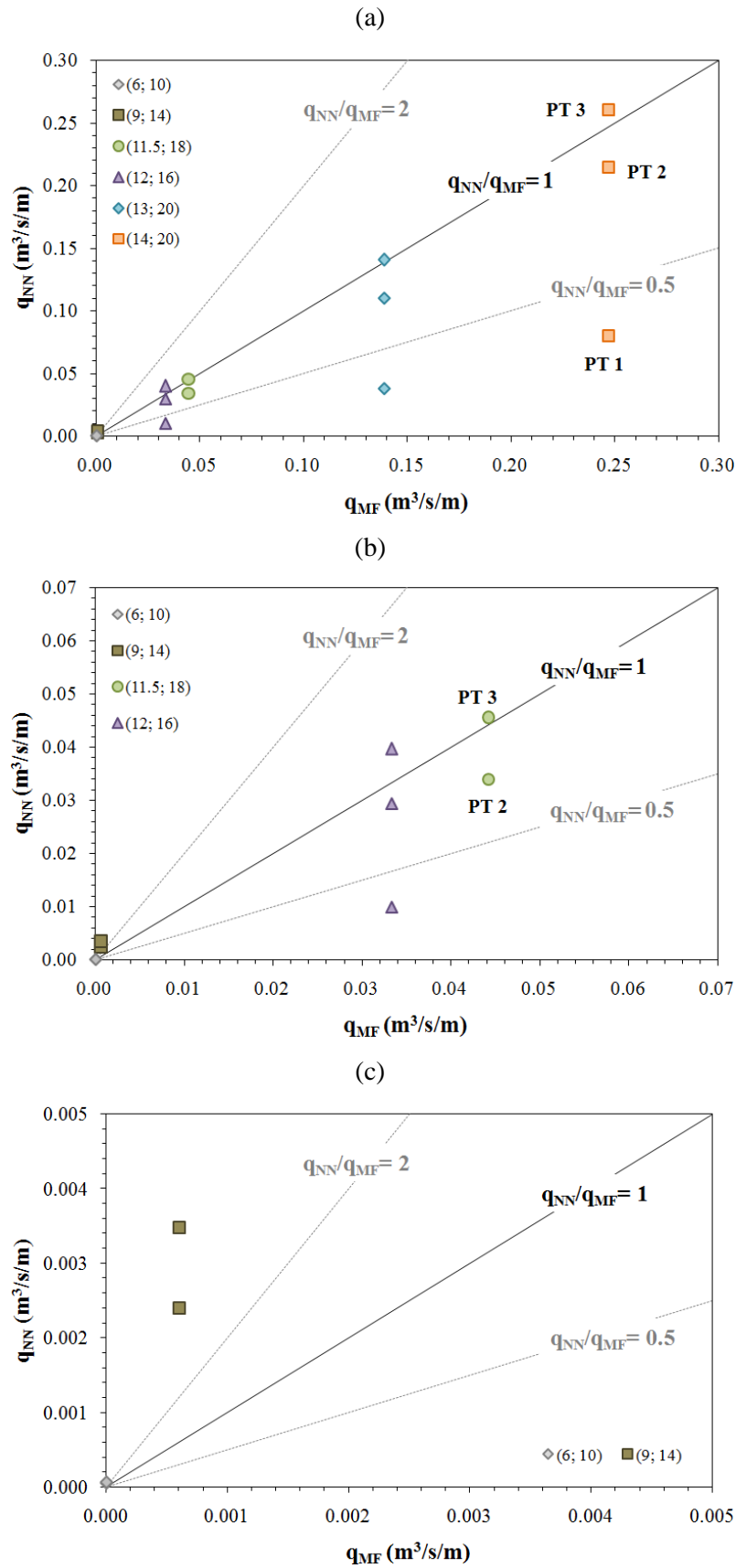


Figura 6.14: Comparação entre os resultados de Overtopping, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.55; 0.80) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a 0.07 $m^3/s/m$; c) valores inferiores a 0.005 $m^3/s/m$

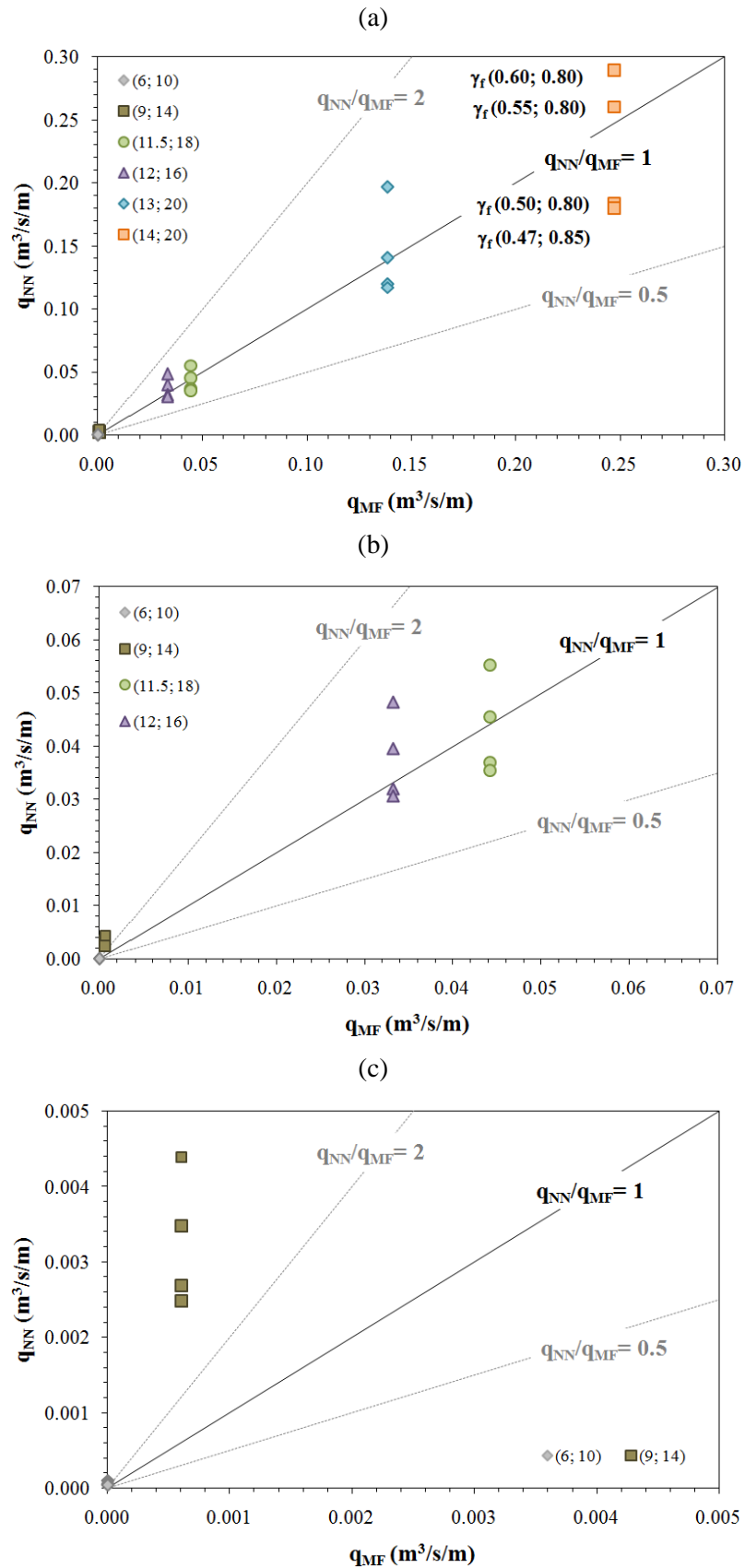


Figura 6.15: Comparação entre os resultados de Overtopping, q_{NN} considerando o ponto de transição 3 e os diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.07 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$; c) valores inferiores a $0.005 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

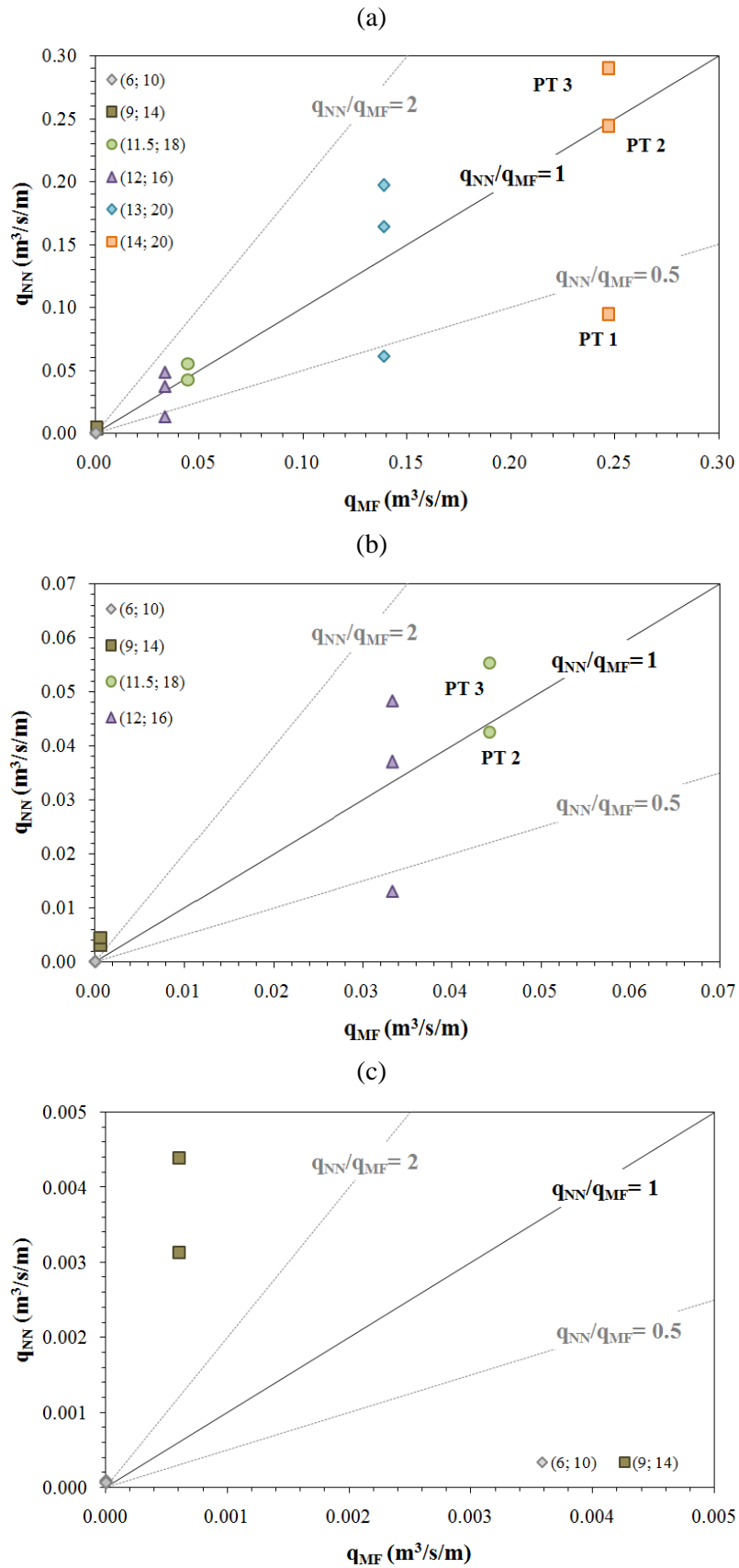


Figura 6.16: Comparação entre os resultados de Overtopping, q_{NN} para as soluções de γ_f (0.60; 0.80) nos pontos de transição 1, 2 e 3 e os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.07 m^3/s/m$; c) valores inferiores a $0.005 m^3/s/m$

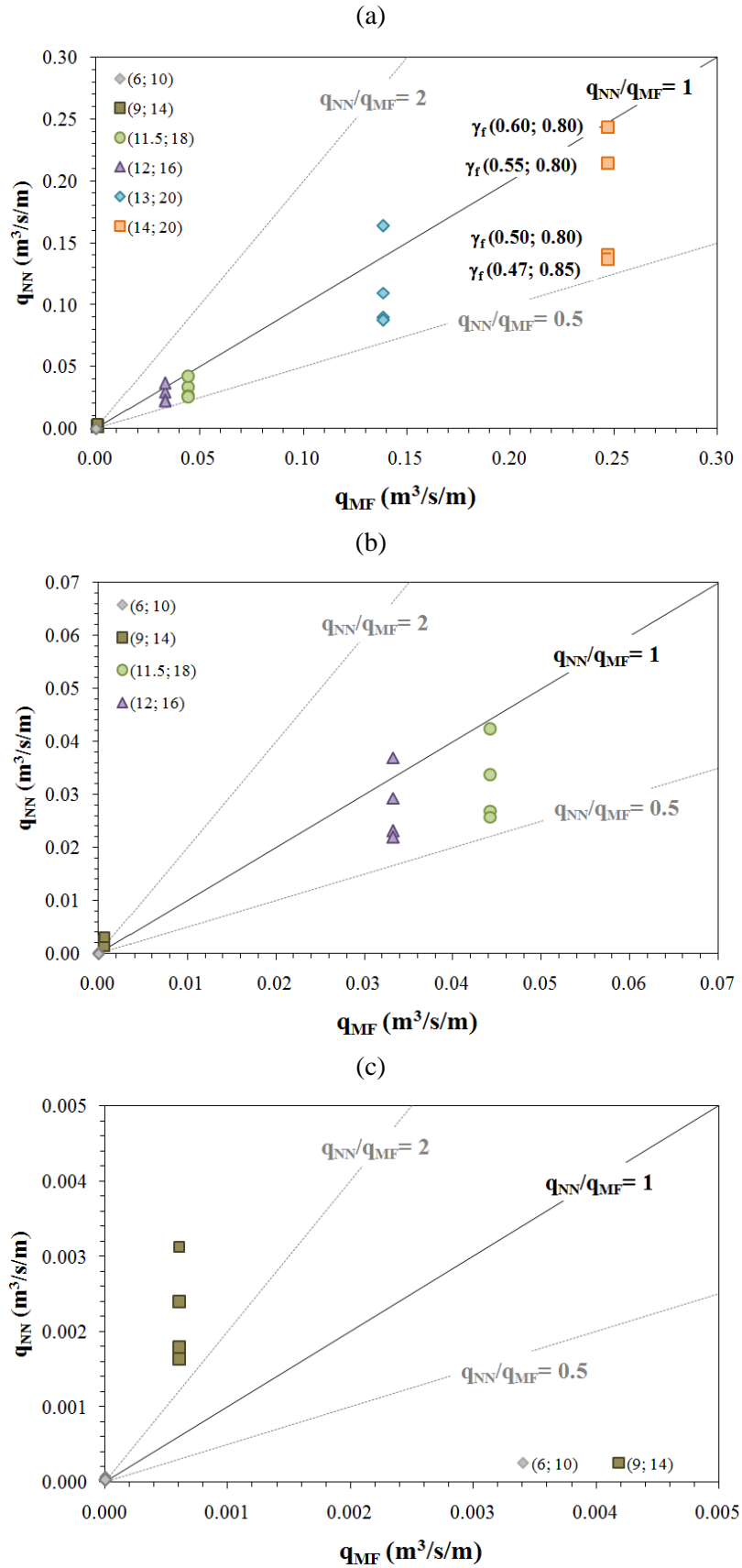


Figura 6.17: Comparação entre os resultados de NN_OVERTOPPING2, q_{NN} considerando o ponto de transição 2 e diferentes parâmetros de rugosidade/permeabilidade da estrutura com os resultados do modelo físico, q_{MF} : a) todos os resultados; b) valores inferiores a $0.07 \text{ m}^3/\text{s/m}$; c) valores inferiores a $0.005 \text{ m}^3/\text{s/m}$

7. ANÁLISE DE RESULTADOS PARA UMA SÉRIE DE REGISTOS DE AGITAÇÃO MARÍTIMA EM SINES

7.1 Introdução

No capítulo anterior aproveitou-se a capacidade que as ferramentas neuronais têm em se adaptar a diferentes configurações das estruturas para se testarem alguns parâmetros estruturais referentes à descrição do perfil do molhe Oeste de Sines. O objetivo foi encontrar um conjunto de parâmetros de entrada que levasse as ferramentas a estimar na sua variável de saída os valores mais corretos possíveis de q , tendo como referência dados de galgamento medidos em ensaios em modelo físico reduzido no LNEC (2008). Observou-se que não existe uma melhor solução estrutural comum às duas ferramentas, nem aos dois níveis de maré analisados (0.0 m e +4.0 m (ZH)).

No entanto, como se pretende aplicar as ferramentas a uma série de registos de agitação marítima cujos dados foram obtidos para um nível de maré diferente dos ensaios, sentiu-se a necessidade de escolher uma solução para cada ferramenta neuronal que satisfizesse com fiabilidade as estimativas de galgamento no novo nível de água. Nesse sentido, atendendo aos resultados expostos anteriormente, procurou-se a solução mais adequada à análise da nova série de dados de agitação. A solução mais adequada é aquela que minimiza as diferenças entre os caudais médios previstos pelas redes neuronais das ferramentas e os caudais médios observados em modelo físico, sendo que prevalecem as soluções em que os primeiros sobrestimam os segundos.

Os dados de agitação marítima no local em estudo foram recolhidos pela bóia-ondógrafo, designada por “Sines 1D”, localizada ao largo do Porto de Sines (37°55’N e 08°55’W). O conjunto de dados perfaz um total de 32 807 registos obtidos entre maio de 1988 e dezembro de 2002, Pinheiro *et al.* (2004). Estes valores foram transferidos para frente ao trecho do molhe Oeste que protege o posto 2, correspondente à batimétrica -40 m (ZH), com recurso ao modelo numérico de transformação e deformação da agitação marítima SWAN, Booij *et al.* (1999), utilizando um nível de maré constante de +2.0 m (ZH) (Pinheiro *et al.*, 2004).

7.2 CLASH

Para a aplicação da ferramenta NN_OVERTOPPING2 foi utilizada a solução que coloca uma berma fictícia à cota +6.20 m (ZH) (PT 3) e um γ_f de 0.60 e 0.80 definido para os blocos Antifer colocados acima e abaixo do ZH, respetivamente. Esta solução obteve no nível de maré de +4.0 m (ZH) os valores médios menos subestimados dos caudais (Figura 6.12 e Figura 6.13), onde todas as soluções apresentaram para o conjunto dos 6 ensaios um erro viés negativo (Anexo A). Além disso, corresponde ao menor valor de EQM (0.0199). A mesma solução, no nível de maré de 0.0 m (ZH) permite, igualmente obter bons resultados. Embora não seja das soluções com menor EQM (ver no mesmo Anexo), este (EQM= 0.0100) é menor que os valores de EQM obtidos para o nível de maré superior. Os resultados podem ser observados nas Figura 6.7 e na Figura 6.8, nas quais se regista que todos os caudais são sobrestimados.

Na série de registos verifica-se, contudo, que o estado de agitação de maior intensidade registado no local em estudo tem uma altura significativa de onda de 11.09 m, com um período de pico de 18.9 s, querendo isto dizer que os ensaios $H_s= 13$ m com $T_p= 20$ s e $H_s= 14$ m com $T_p= 20$ s, contemplados no cálculo das variáveis estatísticas, não ocorrem, efetivamente, na série de registos de agitação. Tendo em mente que estes ensaios pudessem de alguma forma distorcer os resultados, e não se estivesse a proceder ao cálculo dos caudais médios galgados com a solução mais adequada, fez-se um novo cálculo das variáveis estatísticas considerando agora apenas os 4 primeiros ensaios de cada nível de maré.

Os resultados, que podem ser vistos no Anexo B, revelam que a solução PT 3 com γ_f (0.60; 0.80) contínua, igualmente, a obter os melhores resultados estatísticos. Mais, neste novo cálculo verifica-se que se trata da única solução em que, no conjunto dos 8 ensaios, as ferramentas neuronais sobrestimam os valores do modelo físico, estando, assim, sempre do lado da segurança.

Assim sendo, falta fazer uma referência às limitações da ferramenta quando aplicada no perfil do molhe de Sines adotando aquela solução. No caso da análise ser feita para o nível de maré de +2.0 m (ZH), o parâmetro estrutural mais condicionante é h_b , que restringe o funcionamento da ferramenta NN_OVERTOPPING2 para $H_s < 4.20$ m. Contudo, sabe-se que, pelo menos estados de agitação com alturas significativas de onda de 6 m não originam galgamento na estrutura.

Segundo os resultados produzidos por esta ferramenta na zona de estudo teríamos a série temporal de caudais médios galgados, q , representada na Figura 7.1.

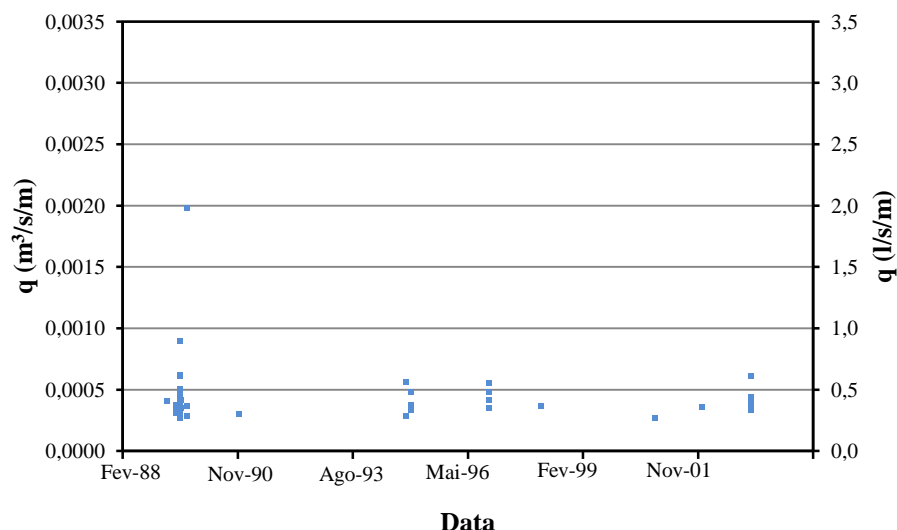


Figura 7.1: Série temporal dos caudais médios galgados (valores de protótipo) no trecho do molhe Oeste que protege o posto 2 considerando efeitos de escala e de modelo (NN_OVERTOPPING2)

Ao longo daquele intervalo de tempo teriam ocorrido, de acordo com as previsões da ferramenta, pelo menos 18 situações em que o equipamento localizado na estrutura, no caso condutas de petróleo bruto, podia eventualmente ter sido danificado pela ação da agitação marítima. Este equipamento admite no limite valores de galgamento a rondar os 0.4 l/s/m (ver Tabela 2.4).

No entanto, somente uma vez o estado do mar condicionou a normal operação portuária ao registrar-se na estrutura um caudal médio galgado próximo dos 2 l/s/m, o que constitui um valor no limite do não admissível de galgamento para pessoas, assumindo que os utilizadores são trabalhadores treinados, com equipamento e calçado adequado e com percepção de que se podem molhar, conforme a Tabela 2.2, que indica o seguinte intervalo de caudais limites admissíveis: 1-10 l/s/m.

7.3 Verhaeghe

Com a ferramenta Overtopping utilizou-se uma berma fictícia coincidente com o nível de maré (PT 2) que no caso é constante e igual +2.0 m (ZH). No manto de proteção foram escolhidos os parâmetros de rugosidade/permeabilidade de 0.60 e 0.80 nas duas zonas dos cubos. Esta solução não corresponde a nenhuma das soluções em que se obteve os melhores resultados quando se analisou, separadamente, os dois níveis de maré. Mas trata-se da combinação de parâmetros que garante que praticamente todos os caudais de galgamento são sobrestimados com o menor erro em ambas as situações. Com efeito: a solução PT 2 com γ_f (0.55; 0.80) que no nível de 0.0 m (ZH) alcançou os melhores resultados, subestima significativamente no nível de +4.0 m (ZH) os caudais médios galgados - à exceção dos dois primeiros ensaios (Figura 6.17); já a solução PT 3 e γ_f (0.55;

0.80), que conduziu a bons resultados para o nível de +4.0 m (ZH), o mesmo não aconteceu para o nível de maré inferior, onde os valores de q foram claramente sobrestimados (Figura 6.10). Se se efetuar novamente o cálculo das variáveis estatísticas considerando, tal como anteriormente, apenas os 4 primeiros ensaios, a solução escolhida surge com um excelente resultado de EQM, assim como um erro viés positivo (Anexo B).

Esta ferramenta, tal como a NN_OVERTOPPING2, também mostra limitações no seu domínio de aplicabilidade. Neste caso, é anotado erro sempre que os estados de agitação sejam caracterizados por uma altura significativa de onda inferior a 6.07 m, sendo R_c o parâmetro que mais condiciona o funcionamento da ferramenta. No entanto, daqui não advém nenhum problema acrescido, visto que $H_s = 6\text{m}$ provoca um galgamento nulo na estrutura, seja qual for o nível de água. Por outro lado, Overtopping foi desenvolvido para estimar galgamentos nulos através do seu modelo neuronal *classifier*.

Na Figura 7.2 apresentam-se os resultados do caudal médio galgado, q , produzidos por Overtopping para a zona considerada.

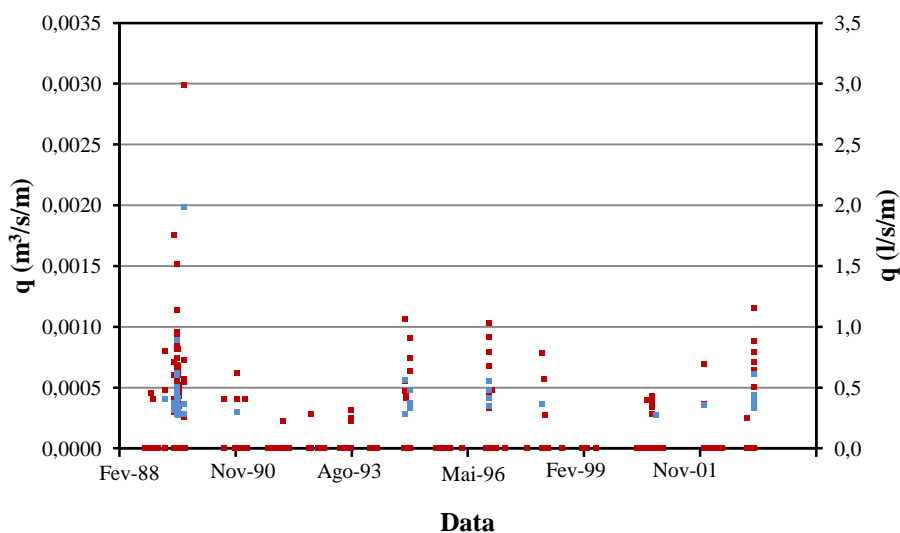


Figura 7.2: Série temporal dos caudais médios galgados (valores de protótipo) no trecho do molhe Oeste que protege o posto 2 considerando efeitos de escala e de modelo (Overtopping)

Com esta ferramenta, o número de episódios de galgamentos previsto é maior que no caso da ferramenta NN_OVERTOPPING2 conforme é ilustrado pelo número de pontos do gráfico. Para as mesmas condições de agitação, Overtopping calcula um caudal superior ao de NN_OVERTOPPING2. Ocorreram 8 situações em que $q > 1\text{ l/s/m}$, o que está perto do limite que coloca em causa a segurança dos trabalhadores; por 70 ocasiões o caudal médio galgado na estrutura colocou em risco o equipamento de apoio às operações do porto.

8. CONCLUSÕES E FUTUROS DESENVOLVIMENTOS

Neste trabalho estudou-se o fenómeno do galgamento no molhe Oeste do Porto de Sines, mais propriamente, no trecho do molhe que protege o terminal de graneis líquidos (posto 2). Para tal foram utilizadas duas ferramentas no cálculo de galgamentos desenvolvidas a partir do conceito de análise de redes neuronais.

Uma das ferramentas (NN_OVERTOPPING2) resultou do projeto Europeu de investigação CLASH que teve como âmbito melhorar o conhecimento do galgamento nos seus múltiplos aspetos e dotar a comunidade científica de uma nova metodologia de cálculo. Neste projeto foi criada uma extensa base de dados de galgamentos. A outra ferramenta (Overtopping) foi desenvolvida por Verhaeghe (2005) e apresenta-se com a vantagem de estimar galgamentos nulos para determinados estados de agitação incidentes nas estruturas, os quais a ferramenta NN_OVERTOPPING2 não está habilitada a estimar. Estas ferramentas, que só podem ser usadas dentro da sua gama de aplicabilidade, constituem métodos de previsão de galgamentos em estruturas marítimas muito rápidos e versáteis, até nas estruturas de geometria mais complexa, como é o caso do perfil do molhe de Sines.

Em virtude da complexidade do perfil, que contempla diversos troços inclinados, foram testadas três soluções estruturais nas quais se alterou a posição de uma berma fictícia no talude. Consideraram-se, também, diferentes coeficientes de redução de galgamento devido à rugosidade/permeabilidade do talude (γ_f) nas duas zonas do manto protegidas com blocos Antifer. Para estimar o valor ponderado de γ_f – visto que apenas um único valor é introduzido nas ferramentas neuronais - recorreu-se a uma metodologia empírica proposta por Pullen *et al.* (2007) que tem em conta, entre outros aspetos, o efeito da rugosidade e permeabilidade do talude no nível de espraiamento atingido por um estado de agitação incidente na estrutura.

Para avaliar os resultados produzidos pelas ferramentas foram usados dados de ensaios obtidos em modelo físico reduzido realizados no LNEC (2008) para o trecho do molhe em questão. Esses dados constituíram os valores de referência dos caudais médios galgados medidos na estrutura para um conjunto de estados de agitação divididos por dois níveis de maré, 0.0 m e +4.0 m (ZH).

As principais conclusões deste trabalho prendem-se com a análise e comparação dos resultados que se obtiveram com as ferramentas neuronais no cálculo da variável relevante, o caudal médio galgado por metro linear de estrutura, e que se sintetizam nos seguintes pontos:

- os valores estimados dos caudais médios de galgamento pela ferramenta Overtopping são globalmente mais próximos dos valores medidos no modelo físico do que os caudais estimados pela ferramenta NN_OVERTOPPING2;
- os melhores resultados produzidos pelas ferramentas foram obtidos com diferentes conjuntos de parâmetros estruturais de entrada nos dois níveis de maré estudados, o que evidencia não existir uma única solução que seja a mais indicada para todas as situações possíveis de níveis de água;
- com a ferramenta NN_OVERTOPPING2 deverá considerar-se uma berma fictícia à cota +6.20 m (ZH) na definição dos parâmetros estruturais, bem como utilizar-se um coeficiente de redução de galgamento (γ_f) de 0.47 e 0.85 nas duas zonas do manto, inferior e superior respetivamente, protegidas pelos blocos Antifer, para o nível de maré de 0.0 m (ZH). No nível de maré de +4.0 m (ZH), os resultados mais favoráveis obtêm-se igualmente colocando a berma fictícia na mesma posição, mas por sua vez os valores de γ_f que deverão ser usados para os blocos são 0.60 e 0.80. De acordo com os gráficos apresentados é possível melhorar os resultados no nível de maré inferior, uma vez que todos os caudais previstos pela ferramenta se encontram ligeiramente sobrestimados. Para isso, poder-se-ia adotar um valor inferior para o par de γ_f , o que corresponde a um acréscimo da rugosidade e permeabilidade do manto de proteção. Em sentido contrário, tal medida levaria a um agravamento dos resultados no nível de maré superior ao subestimá-los grosseiramente;
- utilizando a ferramenta Overtopping os melhores resultados foram obtidos, em ambos os níveis de maré, com um γ_f de 0.55 na zona inferior do manto, onde os blocos Antifer estão colocados irregularmente e com um γ_f de 0.80 na zona superior do manto que reflete a colocação mais regular dos blocos. No entanto, para cada nível, foram obtidos os menores erros para soluções estruturais diferentes: colocação da berma fictícia coincidente com o nível de 0.0 m (ZH) para este nível e colocação da berma fictícia à cota +6.20 m (ZH) para o nível de +4.0 m (ZH);
- a posição da berma fictícia à cota -7.00 m (ZH) conduziu aos piores resultados, tanto numa como noutra ferramenta, o que faz desta solução uma opção não recomendada;
- no domínio dos pequenos galgamentos as ferramentas sobrestimam claramente os valores dos caudais, em mais do dobro, em qualquer das soluções abordadas. Apenas por duas vezes, e sempre para o estado de agitação marítima de menor intensidade, a ferramenta Overtopping estimou o galgamento como nulo;
- o campo de aplicabilidade de Overtopping é mais limitativo que o de NN_OVERTOPPING2, no entanto, não se mostrou ser um fator condicionante no cálculo dos caudais médios galgados para as melhores soluções encontradas.

A inexistência de uma solução encontrada abrangente à maioria das situações (diferentes níveis de água) e porventura a impossibilidade de alcançar uma solução que satisfaça simultaneamente os pequenos galgamentos e os mais significativos estão, inevitavelmente, relacionadas com o número de ensaios de galgamento disponível na base de dados. As ferramentas dependem fortemente da quantidade e da qualidade dos dados, uma vez que, os modelos de redes neuronais são mais orientados em obter resultados, do que contribuir para a compreensão teórica dos fenómenos.

Por fim, para analisar uma série temporal de registos de agitação marítima determinados para um nível intermédio a escolha recaiu sobre uma solução que minimizasse as diferenças entre os valores estimados pelas ferramentas e os valores medidos em modelo físico no conjunto de resultados para os dois níveis; e que, sendo possível, as estimativas das ferramentas fossem sobrestimadas em relação aos valores do modelo, para as estimativas se apresentarem do lado da segurança. Essa solução corresponde a utilizar para NN_OVERTOPPING2, um γ_f de 0.60 e 0.80 e posicionar a berma fictícia à cota +6.20 m (ZH) e para Overtopping adotar um γ_f também de 0.60 e 0.80, e colocar a berma fictícia coincidente com o nível de maré, no caso de +2.0 m (ZH).

Os resultados francamente satisfatórios que se alcançaram com a aplicação destas novas metodologias no estudo e previsão de galgamentos no molhe de Sines mostram que as ferramentas neuronais podem e devem ser consideradas como opção de cálculo de caudais médios de galgamento nas estruturas marítimas. A flexibilidade que é dada pelas ferramentas no ensaio de diferentes soluções estruturais, na análise do galgamento, torna-as especialmente atrativas, por exemplo, em fase de Estudo Prévio daquelas obras de engenharia. No caso concreto da estrutura em estudo, as soluções estruturais testadas revelaram-se ser as apropriadas, uma vez que, os resultados estimados se aproximaram, em larga medida, dos valores observados na modelação física. Parece também ser consensual que dificilmente se encontraria um conjunto de parâmetros estruturais que conduzissem a melhores resultados produzidos por parte das referidas ferramentas; mais, que uma única solução fosse eficaz para toda a gama de estados de agitação que se registam no local.

Como trabalho futuro seria desejável determinar novos valores para o coeficiente γ_f considerando outras disposições dos cubos Antifer no manto de proteção (visto que na literatura se dispõe de poucos dados relativos a este material), o que proporcionaria uma mais-valia para a análise e estudo do galgamento no trecho do molhe analisado. Tal medida seria eventualmente possível com recurso a ensaios em modelo físico. Seria igualmente interessante aplicar as duas ferramentas neuronais a um novo caso de estudo, com uma estrutura semelhante, e confirmar se dificuldade em se encontrar uma solução estrutural abrangente à maioria das situações de agitação se mantém, ou se, esta se deve, na verdade, à complexidade do perfil da estrutura de Sines.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Administração do Porto de Sines, S.A. [Consult. 24 Set. 2012]. Disponível em WWW:<URL:http://www.portodesines.pt-internet>.

BOOIJ, N.; RIS, R.C.; HOLTHUIJSEN, L.H - A third-generation wave model for coastal regions. Part I. Model description and validation: *Journal of Geographical Research*, 1999. 104(C4). p.7649-7666.

COEVELD, E.M.; VAN GENT, M.R.A.; POZUETA, B. - Crest level assessment of costal structures by full-scale monitoring, neural network prediction and hazard analysis on permissible wave overtopping: EVK3-CT-2001-00058. Manual NN_OVERTOPPING2, 2005.

DE ROUCK, J.; GEERAERTS, J. - CLASH Final Report: Full Scientific and Technical Report. Belgium: Ghent University, 2005.

HEDGES, T.S.; REIS, M.T. - Accounting for random wave run-p in overtopping predictions. *Proceedings ICE. Maritime Engineering* 157. paper 1309, 2004. p.113-122.

LNEC - Ensaios em Modelo Reduzido da Reconstrução do Molhe Oeste do Porto de Sines. Relatório 141/2008-NPE. Lisboa: LNEC, Março 2008.

MASE, H.; SAKAMOTO, M.; SAKAI, T. - Neural network for stability analysis of rubble mound breakwater. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*. Vol.121, 1995. p.294-299.

MEDINA, J.R. - Neural network modeling of run-up and overtopping. Santander. Spain: *Proceedings of the International Conference on Coastal Structures*, 1999. p.421-429.

MEDINA, J.R.; GONZALEZ-ESCRIVA, J.A.; GARRIDO, J., DE ROUCK, J. - Overtopping analysis using neural networks. Cardiff . United Kingdom: *Proc. Int. Conf. Coastal Eng.*, 2002. ASCE. p.2165-2177.

NEVES, D.R.; REIS, M.T.; FORTES, C.J.; SANTOS, J.A. - Avaliação do risco de galgamento do posto 2 do molhe Oeste do Porto de Sines. Porto: 11º Congresso da Água, Fevereiro 2012.

PANIZZO, A.; BRIGANTI, R.; VAN DER MEER, J.; FRANCO, L. - Analysis of wave transmission behind low-crested structures using neural networks. Portland, USA: Proc. Int. Conf. Coastal Eng., 2003. p.555-566.

PEARSON, J.; BRUCE, T.; FRANCO, L.; VAN DER MEER, J.; FALZACAPPA, M.; MOLINO, R. - D24 Report on Additional Tests: Part B. CLASH. University of Edimburgh, Outubro 2004.

PINHEIRO, L.V.; COLI, A.B.; CAPITÃO, R.; SANTOS, J.A. - Caracterização da Agitação Marítima no Molhe Oeste do Porto de Sines, Regime de extremos e eventos notáveis. Relatório 370/04- NPE. Lisboa: LNEC, Novembro 2004.

Plano de Ação de Proteção e Valorização do Litoral 2012-2015. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. MAMAOT, Junho 2012.

POZUETA, B.; VAN GENT, M.R.; VAN DEN BOOGAARD, H. - Neural Network Modelling of Wave Overtopping at Coastal Structures. Lisboa: Proc. 29th Int. Conf. Coastal Eng., 2004. ASCE p.4275-4287.

PULLEN, T.; ALLSOP, N.W.H.; BRUCE, T.; KORTENHAUS, A.; SCHUTTRUMPF, H.; VAN DER MEER, J.W. - EurOtop “Die Kuste”: Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures. Assessment Manual, 2007. ISBN 978-3-8042-1064-6.

REIS, M.T.; NEVES, M.G.; LOPES, M.R.; SILVA, L.G. - Estudo de galgamento do molhe Oeste do Porto de Sines. Porto: 7as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Outubro 2011.

USACE - Coastal Engineering Manual: U. S. Army Corps of Engineering Part VI. Vicksburg: Coastal and Hydraulics Laboratory, 2002.

VAN DER MEER, J.W.; VERHAEGHE, H.; STEENDAM, C.J. - The new wave overtopping database for coastal structures: Coastal Engineering 56, 2009. p.108–120.

VAN GENT, M.R.A.; POZUETA, B.; VAN DEN BOOGAARD, H.F.P.; MEDINA, J.R. – D42 Final Report on generic prediction method. CLASH. WL Delft Hydraulics and Universidad Politécnica de Valencia, Dezembro 2005. 33p.

VAN GENT, M.R.A.; VAN DEN BOOGAARD, H.F.P. - Neural network modelling of forces on vertical structures. Copenhagen. Denmark: Proc. 26th Int. Conf. Coastal Eng., 1998. ASCE. p.2096-2109.

VERHAEGHE, H. - Neural Network Prediction of Wave Overtopping at Coastal Structures. Belgium: Universiteit Gent, 2005. Tese de doutoramento.

TAW - Wave run-up and wave overtopping at dikes. Technical Advisory Committee on Flood Defences. Delft. The Netherlands, 2002. 50p.

10. ANEXOS

Anexo A. – Resultados do cálculo das variáveis estatísticas (conjunto de 6 ensaios)

CLASH

Tabela A.1: Determinação das variáveis estatísticas para o conjunto de 6 ensaios para o nível de maré de 0.0 m (ZH)

Ponto de transição	γ_f	EQM	IC	Erro Viés		Erro Absoluto	
				μ	σ	μ	σ
3	(0.47; 0.85)	0.0042	0.9762	0.0035	0.0027	0.0035	0.0027
2	(0.60; 0.80)	0.0046	0.9606	-0.0004	0.0051	0.0033	0.0035
3	(0.50; 0.80)	0.0051	0.9674	0.0043	0.0031	0.0043	0.0031
2	(0.55; 0.80)	0.0062	0.9184	-0.0022	0.0064	0.0036	0.0056
3	(0.55; 0.80)	0.0073	0.9412	0.0062	0.0042	0.0062	0.0042
2	(0.50; 0.80)	0.0078	0.8584	-0.0036	0.0077	0.0045	0.0071
2	(0.47; 0.85)	0.0084	0.8280	-0.0042	0.0082	0.0048	0.0078
3	(0.60; 0.80)	0.0100	0.9032	0.0085	0.0059	0.0085	0.0059
1	(0.60; 0.80)	0.0110	0.6039	-0.0054	0.0105	0.0059	0.0102
1	(0.55; 0.80)	0.0121	0.5369	-0.0062	0.0113	0.0065	0.0111
1	(0.50; 0.80)	0.0140	0.5289	-0.0080	0.0128	0.0083	0.0126
1	(0.47; 0.85)	0.0142	0.5220	0.0128	0.0130	0.0084	0.0128

Tabela A.2: Determinação das variáveis estatísticas para o conjunto de 6 ensaios para o nível de maré de +4.0 m (ZH)

Ponto de transição	γ_f	EQM	IC	Erro Viés		Erro Absoluto	
				μ	σ	μ	σ
3	(0.60; 0.80)	0.0199	0.9849	-0.0098	0.0190	0.0107	0.0184
3	(0.55; 0.80)	0.0279	0.9684	-0.0172	0.0240	0.0179	0.0234
2	(0.60; 0.80)	0.0338	0.9510	-0.0198	0.0299	0.0205	0.0293
3	(0.50; 0.80)	0.0411	0.9305	-0.0253	0.0355	0.0258	0.0351
2	(0.55; 0.80)	0.0432	0.9139	-0.0278	0.0363	0.0283	0.0358
3	(0.47; 0.85)	0.0460	0.9049	-0.0313	0.0377	0.0318	0.0372
2	(0.50; 0.80)	0.0623	0.8111	-0.0432	0.0501	0.0436	0.0497
2	(0.47; 0.85)	0.0633	0.8049	-0.0441	0.0507	0.0444	0.0504
1	(0.60; 0.80)	0.0954	0.5570	-0.0620	0.0794	0.0623	0.0791
1	(0.55; 0.80)	0.1005	0.5332	-0.0659	0.0832	0.0660	0.0830
1	(0.50; 0.80)	0.1167	0.5136	-0.0832	0.0914	0.0833	0.0913
1	(0.47; 0.85)	0.1170	0.5125	-0.0835	0.0916	0.0836	0.0916

Verhaeghe

Tabela A.3: Determinação das variáveis estatísticas para o conjunto de 6 ensaios para o nível de maré de 0.0 m (ZH)

Ponto de transição	γ_f	EQM	IC	Erro Viés		Erro Absoluto	
				μ	σ	μ	σ
2	(0.55; 0.80)	0.0035	0.9815	0.0022	0.0029	0.0025	0.0027
2	(0.50; 0.80)	0.0046	0.9599	-0.0008	0.0051	0.0031	0.0038
2	(0.47; 0.85)	0.0054	0.9334	-0.0018	0.0056	0.0028	0.0051
1	(0.60; 0.80)	0.0065	0.9144	-0.0022	0.0071	0.0043	0.0057
2	(0.60; 0.80)	0.0086	0.9238	0.0072	0.0053	0.0072	0.0053
1	(0.55; 0.80)	0.0100	0.7618	-0.0054	0.0097	0.0065	0.0088
1	(0.50; 0.80)	0.0129	0.6152	-0.0079	0.0118	0.0083	0.0114
1	(0.47; 0.85)	0.0138	0.5878	-0.0087	0.0124	0.0090	0.0121
3	(0.47; 0.85)	0.0139	0.8494	0.0113	0.0092	0.0113	0.0092
3	(0.50; 0.80)	0.0171	0.8034	0.0138	0.0113	0.0138	0.0113
3	(0.55; 0.80)	0.0247	0.7101	0.0196	0.0167	0.0196	0.0167
3	(0.60; 0.80)	0.0329	0.6263	0.0260	0.0227	0.0260	0.0227

Tabela A.4: Determinação das variáveis estatísticas para o conjunto de 6 ensaios para o nível de maré de +4.0 m (ZH)

Ponto de transição	γ_f	EQM	IC	Erro Viés		Erro Absoluto	
				μ	σ	μ	σ
3	(0.55; 0.80)	0.0063	0.9988	0.0043	0.0051	0.0043	0.0051
2	(0.60; 0.80)	0.0106	0.9965	0.0045	0.0104	0.0060	0.0095
2	(0.55; 0.80)	0.0182	0.9879	-0.0122	0.0148	0.0128	0.0141
3	(0.50; 0.80)	0.0270	0.9703	-0.0147	0.0248	0.0154	0.0243
3	(0.47; 0.85)	0.0288	0.9658	-0.0162	0.0260	0.0169	0.0255
3	(0.60; 0.80)	0.0306	0.9760	0.0219	0.0234	0.0219	0.0234
2	(0.50; 0.80)	0.0484	0.8857	-0.0302	0.0415	0.0306	0.0411
2	(0.47; 0.85)	0.0503	0.8752	-0.0316	0.0428	0.0320	0.0425
1	(0.60; 0.80)	0.0994	0.3202	-0.0834	0.0662	0.0834	0.0662
1	(0.55; 0.80)	0.1133	0.5905	-0.0122	0.0148	0.0128	0.0141
1	(0.50; 0.80)	0.1334	0.5143	-0.1123	0.0881	0.1123	0.0881
1	(0.47; 0.85)	0.1346	0.5107	-0.1134	0.0888	0.1134	0.0888

Anexo B. – Resultados do cálculo das variáveis estatísticas (conjunto de 4 ensaios)

CLASH

Tabela B.1: Determinação das variáveis estatísticas para o conjunto dos 4 primeiros ensaios de cada nível de maré

Ponto de transição	γ_f	EQM	IC	Erro Viés		Erro Absoluto	
				μ	σ	μ	σ
3	(0.60; 0.80)	0.0044	0.9816	0.0015	0.0044	0.0033	0.0031
2	(0.60; 0.80)	0.0054	0.9680	-0.0015	0.0056	0.0037	0.0043
3	(0.55; 0.80)	0.0056	0.9704	-0.0003	0.0056	0.0040	0.0037
3	(0.50; 0.80)	0.0067	0.9468	-0.0018	0.0070	0.0047	0.0052
3	(0.47; 0.85)	0.0075	0.9366	-0.0025	0.0077	0.0055	0.0056
2	(0.55; 0.80)	0.0075	0.9315	-0.0031	0.0073	0.0045	0.0064
2	(0.50; 0.80)	0.0101	0.9366	-0.0052	0.0094	0.0061	0.0087
2	(0.47; 0.85)	0.0104	0.8635	-0.0055	0.0097	0.0062	0.0091
1	(0.60; 0.80)	0.0158	0.5171	-0.0076	0.0148	0.0081	0.0145
1	(0.55; 0.80)	0.0166	0.5692	-0.0082	0.0155	0.0085	0.0153
1	(0.50; 0.80)	0.0199	0.5217	-0.0114	0.0179	0.0116	0.0177
1	(0.47; 0.85)	0.0200	0.5203	-0.0115	0.0179	0.0117	0.0178

Verhaeghe

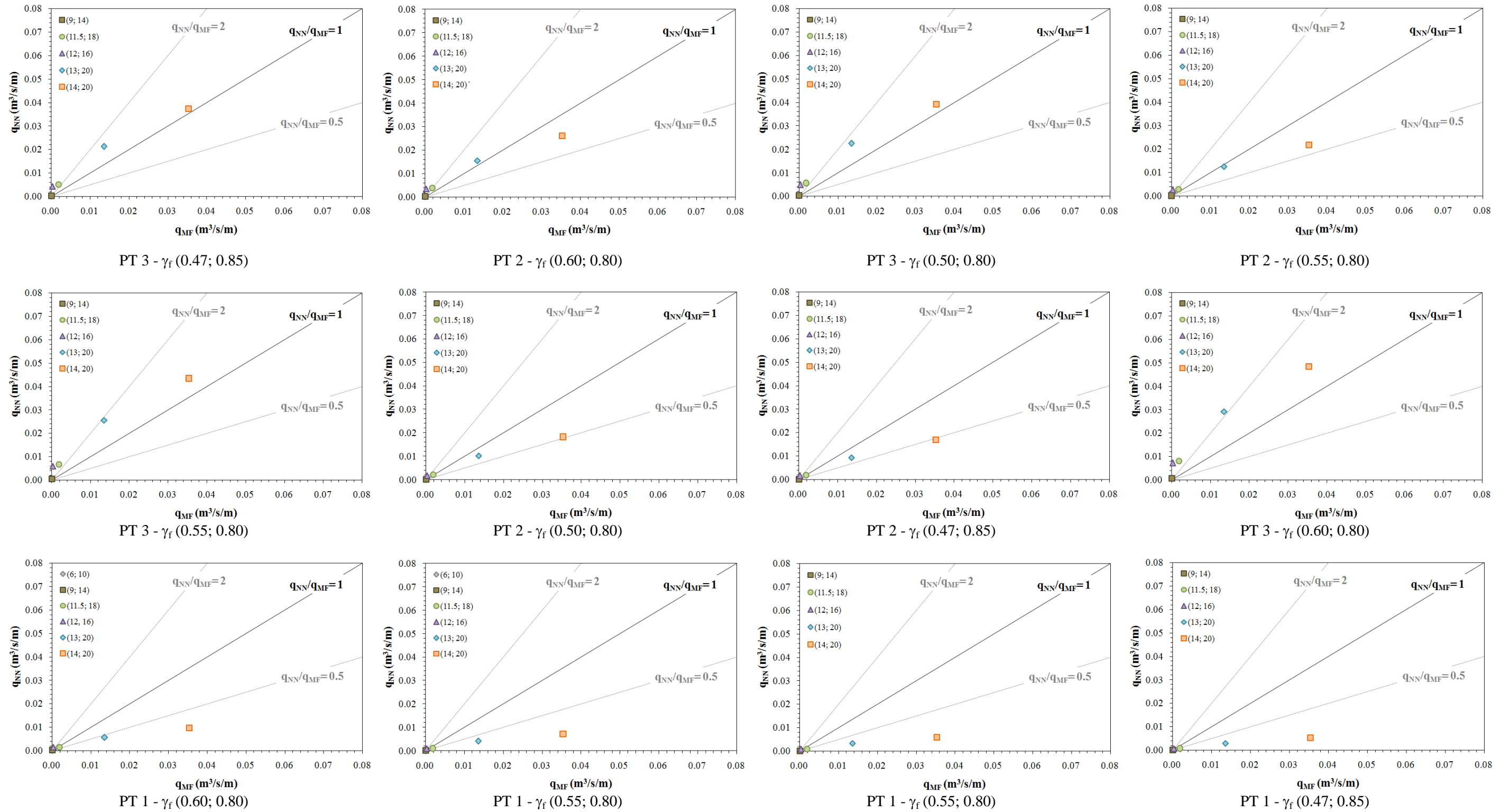
Tabela B.2: Determinação das variáveis estatísticas para o conjunto dos 4 primeiros ensaios de cada nível de maré

Ponto de transição	γ_f	EQM	IC	Erro Viés		Erro Absoluto	
				μ	σ	μ	σ
2	(0.60; 0.80)	0.0034	0.9901	0.0022	0.0028	0.0027	0.0022
2	(0.55; 0.80)	0.0043	0.9787	-0.0006	0.0046	0.0029	0.0034
3	(0.47; 0.85)	0.0051	0.8875	0.0049	0.0038	0.0049	0.0038
3	(0.50; 0.80)	0.0054	0.9702	0.0016	0.0056	0.0041	0.0039
3	(0.55; 0.80)	0.0067	0.9636	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049
2	(0.50; 0.80)	0.0076	0.9271	-0.0031	0.0076	0.0047	0.0065
2	(0.47; 0.85)	0.0077	0.9186	-0.0032	0.0075	0.0042	0.0069
3	(0.60; 0.80)	0.0107	0.9277	0.0087	0.0068	0.0087	0.0068
1	(0.60; 0.80)	0.0119	0.6675	-0.0054	0.0130	0.0082	0.0105
1	(0.55; 0.80)	0.0135	0.6038	-0.0071	0.0141	0.0085	0.0129
1	(0.50; 0.80)	0.0149	0.5752	-0.0084	0.0151	0.0090	0.0145
1	(0.47; 0.85)	0.0151	0.5742	-0.0087	0.0151	0.0092	0.0148

Anexo C. – Representação gráfica dos resultados

Resultados gráficos de todas as combinações analisadas. Em cada ponto de transição (PT) – num total de três – foram usados os seguintes pares de γ_f : (0.47, 0.85); (0.50; 0.80); (0.55; 0.80); (0.60; 0.80). Os conjuntos de gráficos estão ordenados de acordo com as Tabelas A.1, A.2, A.3 e A.4, respetivamente.

CLASH: nível de maré de 0.0 m (ZH)



Anexo D. – Parâmetros de entrada das ferramentas neuronais

CLASH

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H_{m0} (m)	$T_{m-1,0}$ (s)	h_t (m)	B_t (m)	γ_f	$cota_d$	$cota_u$	R_c (m)	B (m)	h_b (m)	$\tan\alpha_B$	A_c (m)	G_c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.42	7.00	3.56	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.42	5.46	3.11	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.45	4.56	2.86	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.43	4.46	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.28	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.28	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.47	4.00	3.15	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.51	7.00	2.85	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.53	5.56	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	5.29	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.88	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.60	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.1: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 1 e γ_f (0.47; 0.85)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	B (m)	h _b (m)	tan α_B	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.42	4.67	3.22	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.42	4.70	2.65	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.45	4.33	2.40	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.43	4.28	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.47	4.00	2.11	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.51	4.56	1.91	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.53	4.57	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	4.50	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.39	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.29	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.2: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 2 e γ_f (0.47; 0.85)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	B (m)	h _b (m)	tan α_B	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.42	4.40	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.42	4.48	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.45	4.25	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.43	4.21	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.14	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.14	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.47	4.00	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.51	4.48	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.53	4.50	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	4.45	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.35	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.26	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00

Tabela D.3: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 3 e γ_f (0.47; 0.85)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H_{m0} (m)	$T_{m-1.0}$ (s)	h_t (m)	B_t (m)	γ_f	$cota_d$	$cota_u$	R_c (m)	B (m)	h_b (m)	$\tan\alpha_B$	A_c (m)	G_c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.45	7.00	3.56	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.45	5.46	3.11	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.48	4.56	2.86	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.47	4.46	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.49	4.28	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.50	4.28	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.49	4.00	3.15	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.52	7.00	2.85	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.54	5.56	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	5.29	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.88	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.55	4.60	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.4: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 1 e γ_f (0.50; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	B (m)	h _b (m)	tan α_B	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.45	4.67	3.22	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.45	4.70	2.65	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.48	4.33	2.40	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.47	4.28	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.49	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.50	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.49	4.00	2.11	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.52	4.56	1.91	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.54	4.57	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	4.50	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.39	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.55	4.29	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.5: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 2 e γ_f (0.50; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H_{m0} (m)	$T_{m-1.0}$ (s)	h_t (m)	B_t (m)	γ_f	$cota_d$	$cota_u$	R_c (m)	B (m)	h_b (m)	$\tan\alpha_B$	A_c (m)	G_c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.45	4.40	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.45	4.48	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.48	4.25	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.47	4.21	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.49	4.14	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.50	4.14	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.49	4.00	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.52	4.48	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.54	4.50	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	4.45	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.35	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.55	4.26	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00

Tabela D.6: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 3 e γ_f (0.50; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	B (m)	h _b (m)	tan α_B	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.50	7.00	3.56	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.50	5.46	3.11	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.53	4.56	2.86	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.52	4.46	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.28	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.28	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.54	4.00	3.15	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.56	7.00	2.85	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.57	5.56	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.57	5.29	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.58	4.88	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.62	4.60	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.7: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 1 e γ_f (0.55; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H_{m0} (m)	$T_{m-1.0}$ (s)	h_t (m)	B_t (m)	γ_f	$cota_d$	$cota_u$	R_c (m)	B (m)	h_b (m)	$\tan\alpha_B$	A_c (m)	G_c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.50	4.67	3.22	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.50	4.70	2.65	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.53	4.33	2.40	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.52	4.28	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.54	4.00	2.11	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.56	4.56	1.91	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.57	4.57	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.57	4.50	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.58	4.39	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.62	4.29	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.8: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 2 e γ_f (0.55; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	B (m)	h _b (m)	tan α_B	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.50	4.40	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.50	4.48	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.53	4.25	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.52	4.21	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.14	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.14	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.54	4.00	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.56	4.48	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.57	4.50	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.57	4.45	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.58	4.35	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.62	4.26	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00

Tabela D.9: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 3 e γ_f (0.55; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H_{m0} (m)	$T_{m-1.0}$ (s)	h_t (m)	B_t (m)	γ_f	$cota_d$	$cota_u$	R_c (m)	B (m)	h_b (m)	$\tan\alpha_B$	A_c (m)	G_c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.55	7.00	3.56	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.55	5.46	3.11	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.58	4.56	2.86	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.57	4.46	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.58	4.28	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.59	4.28	2.82	19.00	0.00	7.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.59	4.00	3.15	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.60	7.00	2.85	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.61	5.56	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.61	5.29	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.88	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.60	2.82	15.00	0.00	11.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.10: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 1 e γ_f (0.60; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_r	cota _d	cota _u	R _c (m)	B (m)	h _b (m)	tan α_B	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.55	4.67	3.22	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.55	4.70	2.65	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.58	4.33	2.40	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.57	4.28	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.58	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.59	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.59	4.00	2.11	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.60	4.56	1.91	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.61	4.57	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.61	4.50	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.39	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.29	1.89	15.00	0.00	0.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.11: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 2 e γ_r (0.60; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_r	cota _d	cota _u	R _c (m)	B (m)	h _b (m)	tan α_B	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)														
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.55	4.40	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.55	4.48	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.58	4.25	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.57	4.21	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.58	4.14	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.59	4.14	1.50	19.00	0.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)														
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.59	4.00	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.60	4.48	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.61	4.50	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.61	4.45	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.35	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.26	1.50	15.00	0.00	-2.20	0.00	14.00	20.00

Tabela D.12: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 considerando PT 3 e γ_r (0.60; 0.80)

Verhaeghe

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H_{m0} (m)	$T_{m-1.0}$ (s)	h_t (m)	B_t (m)	γ_f	$cota_d$	$cota_u$	R_c (m)	h_b (m)	B_h (m)	A_c (m)	G_c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.42	7.00	3.56	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.42	5.46	3.11	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.45	4.56	2.86	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.43	4.46	2.82	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.28	2.82	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.28	2.82	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.47	4.00	3.15	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.51	7.00	2.85	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.53	5.56	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	5.29	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.88	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.60	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.13: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 1 e γ_f (0.47; 0.85)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	h _b (m)	B _h (m)	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.42	4.67	3.22	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.42	4.70	2.65	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.45	4.33	2.40	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.43	4.28	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.47	4.00	2.11	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.51	4.56	1.91	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.53	4.57	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	4.50	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.39	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.29	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.14: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 2 e γ_f (0.47; 0.85)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	h _b (m)	B _h (m)	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.42	4.40	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.42	4.48	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.45	4.25	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.43	4.21	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.14	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.47	4.14	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.47	4.00	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.51	4.48	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.53	4.50	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	4.45	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.35	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.26	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00

Tabela D.15: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 3 e γ_f (0.47; 0.85)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H_{m0} (m)	$T_{m-1.0}$ (s)	h_t (m)	B_t (m)	γ_f	$cota_d$	$cota_u$	R_c (m)	h_b (m)	B_h (m)	A_c (m)	G_c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.45	7.00	3.56	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.45	5.46	3.11	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.48	4.56	2.86	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.47	4.46	2.82	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.49	4.28	2.82	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.50	4.28	2.82	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.49	4.00	3.15	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.52	7.00	2.85	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.54	5.56	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	5.29	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.88	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.55	4.60	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.16: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 1 e γ_f (0.50; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	h _b (m)	B _h (m)	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.45	4.67	3.22	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.45	4.70	2.65	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.48	4.33	2.40	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.47	4.28	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.49	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.50	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.49	4.00	2.11	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.52	4.56	1.91	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.54	4.57	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	4.50	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.39	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.55	4.29	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.17: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 2 e γ_f (0.50; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	h _b (m)	B _h (m)	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.45	4.40	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.45	4.48	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.48	4.25	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.47	4.21	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.49	4.14	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.50	4.14	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.49	4.00	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.52	4.48	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.54	4.50	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.53	4.45	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.54	4.35	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.55	4.26	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00

Tabela D.18: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 3 e γ_f (0.50; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	h _b (m)	B _h (m)	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.50	7.00	3.56	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.50	5.46	3.11	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.53	4.56	2.86	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.52	4.46	2.82	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.28	2.82	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.28	2.82	19.00	7.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.54	4.00	3.15	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.56	7.00	2.85	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.57	5.56	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.57	5.29	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.58	4.88	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.62	4.60	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.19: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 1 e γ_f (0.55; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H_{m0} (m)	$T_{m-1.0}$ (s)	h_t (m)	B_t (m)	γ_f	$cota_d$	$cota_u$	R_c (m)	h_b (m)	B_h (m)	A_c (m)	G_c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.50	4.67	3.22	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.50	4.70	2.65	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.53	4.33	2.40	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.52	4.28	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.54	4.00	2.11	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.56	4.56	1.91	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.57	4.57	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.57	4.50	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.58	4.39	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.62	4.29	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.20: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 2 e γ_f (0.55; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	h _b (m)	B _h (m)	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.50	4.40	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.50	4.48	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.53	4.25	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.52	4.21	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.14	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.54	4.14	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.54	4.00	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.56	4.48	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.57	4.50	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.57	4.45	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.58	4.35	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.62	4.26	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00

Tabela D.21: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 3 e γ_f (0.55; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H_{m0} (m)	$T_{m-1.0}$ (s)	h_t (m)	B_t (m)	γ_f	$cota_d$	$cota_u$	R_c (m)	h_b (m)	B_h (m)	A_c (m)	G_c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0	45	6	9.091	19.85	15	0.55	7	3.563	19	7.000	0	18	20
0	45	9	12.727	19.85	15	0.5509	5.462	3.11	19	7.000	0	18	20
0	45	11.5	16.364	19.85	15	0.577	4.561	2.861	19	7.000	0	18	20
0	45	12	14.545	19.85	15	0.5726	4.455	2.82	19	7.000	0	18	20
0	45	13	18.182	19.85	15	0.5844	4.28	2.82	19	7.000	0	18	20
0	45	14	18.182	19.85	15	0.5863	4.28	2.82	19	7.000	0	18	20
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.59	4.00	3.15	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.60	7.00	2.85	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.61	5.56	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.61	5.29	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.88	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.60	2.82	15.00	11.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.22: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 1 e γ_f (0.60; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	h _b (m)	B _h (m)	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.55	4.67	3.22	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.55	4.70	2.65	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.58	4.33	2.40	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.57	4.28	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.58	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.59	4.18	2.36	19.00	0.00	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.59	4.00	2.11	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.60	4.56	1.91	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.61	4.57	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.61	4.50	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.39	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.29	1.89	15.00	0.00	0.00	14.00	20.00

Tabela D.23: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 2 e γ_f (0.60; 0.80)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
β (°)	h (m)	H _{m0} (m)	T _{m-1,0} (s)	h _t (m)	B _t (m)	γ_f	cota _d	cota _u	R _c (m)	h _b (m)	B _h (m)	A _c (m)	G _c (m)
Nível de maré de 0.0 m (ZH)													
0.00	45.00	6.00	9.09	19.85	15.00	0.55	4.40	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	9.00	12.73	19.85	15.00	0.55	4.48	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	11.50	16.36	19.85	15.00	0.58	4.25	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	12.00	14.55	19.85	15.00	0.57	4.21	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	13.00	18.18	19.85	15.00	0.58	4.14	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
0.00	45.00	14.00	18.18	19.85	15.00	0.59	4.14	1.50	19.00	-6.20	0.00	18.00	20.00
Nível de maré de +4.0 m (ZH)													
0.00	49.00	6.00	9.09	23.85	15.00	0.59	4.00	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	9.00	12.73	23.85	15.00	0.60	4.48	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	11.50	16.36	23.85	15.00	0.61	4.50	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	12.00	14.55	23.85	15.00	0.61	4.45	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	13.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.35	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00
0.00	49.00	14.00	18.18	23.85	15.00	0.65	4.26	1.50	15.00	-2.20	0.00	14.00	20.00

Tabela D.24: Parâmetros de entrada da ferramenta neuronal Overtopping considerando PT 3 e γ_f (0.60; 0.80)

Anexo E. – Resultados estimados pelas ferramentas neuronais

CLASH

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q(m^3/s/m)$	q[2.50%]	q[5.00%]	q[25.00%]	q[50.00%]	q[75.00%]	q[95.00%]	q[97.50%]	Nr.Pat.	REMARK ¹
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1	3
9.26E-05	2.10E-06	3.73E-06	2.75E-05	9.01E-05	3.18E-04	2.25E-03	3.94E-03	2	5
7.30E-04	5.32E-05	7.92E-05	3.03E-04	7.14E-04	1.85E-03	6.93E-03	1.05E-02	3	5
6.42E-04	4.15E-05	6.99E-05	2.56E-04	6.24E-04	1.61E-03	6.11E-03	9.13E-03	4	5
2.93E-03	2.45E-04	4.16E-04	1.33E-03	2.87E-03	6.90E-03	2.03E-02	2.79E-02	5	4
5.33E-03	4.33E-04	7.44E-04	2.54E-03	5.35E-03	1.20E-02	3.68E-02	4.81E-02	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	7	3
7.33E-04	9.03E-06	1.86E-05	1.67E-04	7.72E-04	3.16E-03	2.32E-02	7.88E-02	8	5
4.95E-03	1.24E-04	2.72E-04	1.47E-03	5.15E-03	1.56E-02	9.08E-02	0.1734	9	4
3.98E-03	1.10E-04	2.29E-04	1.24E-03	4.14E-03	1.24E-02	7.09E-02	0.127	10	4
1.43E-02	5.37E-04	1.17E-03	5.20E-03	1.51E-02	4.11E-02	0.192	0.3427	11	4
2.18E-02	1.10E-03	1.77E-03	8.78E-03	2.20E-02	6.03E-02	0.2719	0.4336	12	4

Tabela E.1: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 1 e γ_f (0.47; 0.85)

¹ 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: $q =$ ”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção $q =$, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q(m ³ /s/m)	q[2.50%]	q[5.00%]	q[25.00%]	q[50.00%]	q[75.00%]	q[95.00%]	q[97.50%]	Nr.Pat.	REMARK ²
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1	3
1.10E-04	4.25E-06	9.36E-06	3.89E-05	1.07E-04	3.20E-04	1.52E-03	2.08E-03	2	5
1.83E-03	1.68E-04	2.49E-04	8.48E-04	1.82E-03	3.98E-03	1.37E-02	1.75E-02	3	4
1.55E-03	1.33E-04	2.02E-04	7.04E-04	1.54E-03	3.38E-03	1.14E-02	1.53E-02	4	4
9.28E-03	1.08E-03	1.53E-03	4.61E-03	9.30E-03	1.97E-02	5.40E-02	6.76E-02	5	4
1.70E-02	2.12E-03	2.98E-03	8.18E-03	1.68E-02	3.51E-02	9.05E-02	0.1239	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	7	3
1.37E-03	7.49E-05	1.29E-04	5.22E-04	1.44E-03	3.46E-03	1.41E-02	1.87E-02	8	4
2.30E-02	2.19E-03	3.15E-03	1.09E-02	2.31E-02	5.43E-02	0.1518	0.2119	9	4
1.92E-02	1.87E-03	3.06E-03	9.72E-03	1.83E-02	4.33E-02	0.1176	0.1645	10	4
7.77E-02	8.40E-03	1.26E-02	3.97E-02	7.92E-02	0.1631	0.4637	0.6775	11	4
0.1217	1.58E-02	2.18E-02	6.40E-02	0.1253	0.2505	0.6736	0.959	12	4

Tabela E.2: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 2 e γ_t (0.47; 0.85)

² 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: $q =$ ”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção $q =$, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q(m ³ /s/m)	q[2.50%]	q[5.00%]	q[25.00%]	q[50.00%]	q[75.00%]	q[95.00%]	q[97.50%]	Nr.Pat.	REMARK ³
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1	1
3.05E-04	8.58E-06	1.86E-05	9.52E-05	3.20E-04	9.95E-04	4.93E-03	8.94E-03	2	5
5.06E-03	3.62E-04	5.84E-04	2.04E-03	4.84E-03	1.24E-02	4.73E-02	8.61E-02	3	4
4.28E-03	3.05E-04	5.16E-04	1.83E-03	4.32E-03	1.10E-02	3.92E-02	6.84E-02	4	4
2.12E-02	1.82E-03	3.33E-03	9.29E-03	2.10E-02	4.64E-02	0.1654	0.2241	5	4
3.74E-02	3.62E-03	5.70E-03	1.66E-02	3.69E-02	8.23E-02	0.2497	0.3347	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	7	3
1.90E-03	9.49E-05	1.61E-04	6.98E-04	1.85E-03	5.41E-03	2.05E-02	2.91E-02	8	4
2.89E-02	2.53E-03	3.52E-03	1.26E-02	3.06E-02	6.76E-02	0.2202	0.2938	9	4
2.47E-02	2.35E-03	3.52E-03	1.14E-02	2.51E-02	5.74E-02	0.1704	0.2345	10	4
9.76E-02	9.29E-03	1.38E-02	4.64E-02	9.91E-02	0.213	0.6384	0.8639	11	4
0.1541	1.58E-02	2.28E-02	7.64E-02	0.1644	0.3289	0.934	1.268	12	4

Tabela E.3: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 3 e γ_t (0.47; 0.85)

³ 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: q=”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção q=, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q(m ³ /s/m)	q[2.50%]	q[5.00%]	q[25.00%]	q[50.00%]	q[75.00%]	q[95.00%]	q[97.50%]	Nr.Pat.	REMARK ⁴
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1	3
1.06E-04	2.59E-06	4.46E-06	3.26E-05	9.99E-05	3.61E-04	2.41E-03	4.75E-03	2	5
8.30E-04	5.84E-05	8.69E-05	3.39E-04	8.06E-04	2.15E-03	7.93E-03	1.23E-02	3	5
7.41E-04	4.53E-05	7.40E-05	2.96E-04	7.16E-04	1.88E-03	6.58E-03	1.16E-02	4	5
3.22E-03	2.57E-04	4.49E-04	1.45E-03	3.17E-03	7.37E-03	2.37E-02	3.36E-02	5	4
5.80E-03	4.73E-04	8.37E-04	2.69E-03	5.92E-03	1.29E-02	4.10E-02	5.58E-02	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	7	3
7.83E-04	1.01E-05	2.17E-05	1.74E-04	8.19E-04	3.48E-03	2.65E-02	8.40E-02	8	5
5.14E-03	1.42E-04	2.92E-04	1.54E-03	5.29E-03	1.59E-02	9.83E-02	0.1765	9	4
4.17E-03	1.14E-04	2.28E-04	1.31E-03	4.32E-03	1.36E-02	7.56E-02	0.1357	10	4
1.48E-02	5.79E-04	1.19E-03	5.41E-03	1.54E-02	4.27E-02	0.2052	0.351	11	4
2.24E-02	1.11E-03	1.91E-03	8.80E-03	2.22E-02	6.13E-02	0.2777	0.434	12	4

Tabela E.4: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 1 e γ_t (0.50; 0.80)

⁴ 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: $q =$ ”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção $q =$, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q(m ³ /s/m)	q[2.50%]	q[5.00%]	q[25.00%]	q[50.00%]	q[75.00%]	q[95.00%]	q[97.50%]	Nr.Pat.	REMARK ⁵
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1	3
1.28E-04	5.09E-06	1.10E-05	4.63E-05	1.24E-04	3.61E-04	1.65E-03	2.50E-03	2	5
2.15E-03	1.93E-04	2.78E-04	1.01E-03	2.16E-03	4.79E-03	1.54E-02	2.11E-02	3	4
1.85E-03	1.77E-04	2.67E-04	8.56E-04	1.84E-03	4.05E-03	1.26E-02	1.77E-02	4	4
1.02E-02	1.21E-03	1.61E-03	4.92E-03	9.83E-03	2.22E-02	5.71E-02	7.98E-02	5	4
1.83E-02	2.42E-03	3.09E-03	9.03E-03	1.80E-02	3.80E-02	9.68E-02	0.1336	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	7	3
1.48E-03	8.16E-05	1.48E-04	5.60E-04	1.59E-03	3.75E-03	1.64E-02	2.08E-02	8	4
2.36E-02	2.19E-03	3.26E-03	1.13E-02	2.41E-02	5.55E-02	0.1548	0.2256	9	4
1.99E-02	2.00E-03	3.06E-03	9.96E-03	1.90E-02	4.35E-02	0.1218	0.1748	10	4
7.90E-02	8.69E-03	1.23E-02	4.05E-02	8.08E-02	0.167	0.4798	0.6895	11	4
0.1234	1.48E-02	2.12E-02	6.43E-02	0.1252	0.2554	0.6896	0.9967	12	4

Tabela E.5: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 2 e γ_f (0.50; 0.80)

⁵ 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: q=”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção q=, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q(m ³ /s/m)	q[2.50%]	q[5.00%]	q[25.00%]	q[50.00%]	q[75.00%]	q[95.00%]	q[97.50%]	Nr.Pat.	REMARK ⁶
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1	1
3.51E-04	1.14E-05	2.18E-05	1.07E-04	3.80E-04	1.17E-03	5.94E-03	1.02E-02	2	5
5.60E-03	4.42E-04	6.56E-04	2.27E-03	5.30E-03	1.34E-02	5.02E-02	9.01E-02	3	4
4.81E-03	3.52E-04	5.94E-04	2.03E-03	4.90E-03	1.17E-02	4.02E-02	7.21E-02	4	4
2.24E-02	2.02E-03	3.38E-03	9.99E-03	2.14E-02	4.95E-02	0.1761	0.2372	5	4
3.92E-02	3.68E-03	6.14E-03	1.81E-02	3.76E-02	8.46E-02	0.2503	0.3583	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
5.24E-05	9.92E-07	1.77E-06	1.47E-05	4.96E-05	2.06E-04	1.00E-03	2.61E-03	7	5
2.04E-03	1.01E-04	1.73E-04	7.47E-04	2.00E-03	5.88E-03	2.22E-02	3.03E-02	8	4
2.96E-02	2.62E-03	3.49E-03	1.27E-02	3.10E-02	7.13E-02	0.2283	0.311	9	4
2.55E-02	2.42E-03	3.46E-03	1.17E-02	2.60E-02	5.93E-02	0.183	0.2555	10	4
9.89E-02	9.27E-03	1.38E-02	4.70E-02	9.97E-02	0.2205	0.6323	0.8858	11	4
0.1557	1.57E-02	2.25E-02	7.70E-02	0.1633	0.3325	0.9585	1.294	12	4

Tabela E.6: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 3 e γ_f (0.50; 0.80)

⁶ 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: $q =$ ”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção $q =$, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q(m ³ /s/m)	q[2.50%]	q[5.00%]	q[25.00%]	q[50.00%]	q[75.00%]	q[95.00%]	q[97.50%]	Nr.Pat.	REMARK ⁷
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
5.61E-05	1.82E-07	5.95E-07	8.42E-06	5.94E-05	3.10E-04	4.84E-03	1.49E-02	1	5
1.39E-04	3.83E-06	5.51E-06	3.88E-05	1.34E-04	4.81E-04	3.27E-03	7.02E-03	2	5
1.09E-03	6.46E-05	1.11E-04	4.03E-04	1.03E-03	2.87E-03	1.10E-02	1.73E-02	3	5
9.85E-04	5.38E-05	1.04E-04	3.63E-04	9.56E-04	2.76E-03	1.05E-02	1.79E-02	4	5
4.12E-03	2.89E-04	4.98E-04	1.74E-03	4.17E-03	9.56E-03	3.36E-02	5.47E-02	5	4
7.30E-03	5.58E-04	9.78E-04	3.23E-03	7.42E-03	1.70E-02	5.74E-02	8.05E-02	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
5.93E-05	4.24E-07	8.46E-07	8.92E-06	5.84E-05	3.48E-04	6.16E-03	1.60E-02	7	5
9.96E-04	1.16E-05	3.27E-05	1.95E-04	9.86E-04	4.32E-03	4.15E-02	0.103	8	4
6.39E-03	2.05E-04	3.68E-04	1.91E-03	6.56E-03	2.17E-02	0.1295	0.2138	9	4
5.27E-03	1.68E-04	2.88E-04	1.59E-03	5.38E-03	1.71E-02	9.65E-02	0.1957	10	4
1.82E-02	8.11E-04	1.40E-03	6.40E-03	1.84E-02	5.40E-02	0.2611	0.4512	11	4
3.72E-02	1.71E-03	3.28E-03	1.28E-02	3.57E-02	0.105	0.5601	0.9403	12	4

Tabela E.7: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 1 e γ_t (0.55; 0.80)

⁷ 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: $q =$ ”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção $q =$, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q(m ³ /s/m)	q[2.50%]	q[5.00%]	q[25.00%]	q[50.00%]	q[75.00%]	q[95.00%]	q[97.50%]	Nr.Pat.	REMARK ⁸
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1	3
1.71E-04	7.39E-06	1.43E-05	6.63E-05	1.68E-04	4.58E-04	2.08E-03	3.21E-03	2	5
2.87E-03	2.30E-04	3.61E-04	1.35E-03	2.87E-03	6.42E-03	2.01E-02	2.97E-02	3	4
2.54E-03	2.45E-04	3.42E-04	1.14E-03	2.61E-03	5.72E-03	1.74E-02	2.37E-02	4	4
1.25E-02	1.45E-03	1.92E-03	5.93E-03	1.21E-02	2.75E-02	7.30E-02	9.82E-02	5	4
2.18E-02	2.74E-03	3.63E-03	1.05E-02	2.17E-02	4.59E-02	0.1235	0.1731	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
5.77E-05	1.09E-06	2.30E-06	1.53E-05	5.28E-05	2.46E-04	1.62E-03	3.27E-03	7	5
1.97E-03	1.04E-04	1.93E-04	7.72E-04	2.15E-03	5.24E-03	1.96E-02	2.82E-02	8	4
2.74E-02	2.27E-03	3.40E-03	1.27E-02	2.78E-02	6.29E-02	0.1973	0.2828	9	4
2.34E-02	2.21E-03	3.46E-03	1.08E-02	2.32E-02	5.44E-02	0.1557	0.1995	10	4
8.82E-02	7.95E-03	1.24E-02	4.33E-02	8.69E-02	0.1892	0.5821	0.8434	11	4
0.1558	1.34E-02	2.15E-02	7.52E-02	0.1565	0.354	1.064	1.658	12	4

Tabela E.8: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 2 e γ_f (0.55; 0.80)

⁸ 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: $q =$ ”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção $q =$, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q(m ³ /s/m)	q[2.50%]	q[5.00%]	q[25.00%]	q[50.00%]	q[75.00%]	q[95.00%]	q[97.50%]	Nr.Pat.	REMARK ⁹
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1	1
4.52E-04	1.46E-05	2.86E-05	1.32E-04	4.63E-04	1.46E-03	7.51E-03	1.29E-02	2	5
6.71E-03	4.56E-04	7.35E-04	2.64E-03	6.45E-03	1.68E-02	6.55E-02	0.104	3	4
5.86E-03	3.79E-04	7.07E-04	2.36E-03	5.66E-03	1.44E-02	4.91E-02	8.40E-02	4	4
2.54E-02	2.31E-03	3.46E-03	1.11E-02	2.49E-02	5.68E-02	0.2121	0.2811	5	4
4.34E-02	4.06E-03	5.80E-03	2.02E-02	4.21E-02	9.60E-02	0.3197	0.4118	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
7.36E-05	1.37E-06	2.59E-06	1.89E-05	6.91E-05	2.95E-04	2.15E-03	4.02E-03	7	5
2.58E-03	1.24E-04	2.38E-04	8.65E-04	2.53E-03	7.39E-03	3.05E-02	4.25E-02	8	4
3.35E-02	2.70E-03	3.75E-03	1.43E-02	3.39E-02	8.36E-02	0.2688	0.4386	9	4
2.91E-02	2.42E-03	3.62E-03	1.27E-02	2.83E-02	7.17E-02	0.2201	0.3475	10	4
0.1081	8.07E-03	1.41E-02	4.94E-02	0.1104	0.2475	0.7893	1.037	11	4
0.1868	1.20E-02	2.04E-02	8.39E-02	0.1883	0.444	1.527	2.223	12	4

Tabela E.9: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 3 e γ_f (0.55; 0.80)

⁹ 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: $q =$ ”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção $q =$, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q(m^3/s/m)$	$q[2.50\%]$	$q[5.00\%]$	$q[25.00\%]$	$q[50.00\%]$	$q[75.00\%]$	$q[95.00\%]$	$q[97.50\%]$	Nr.Pat.	REMARK ¹⁰
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
7.45E-05	2.65E-07	8.83E-07	1.13E-05	7.82E-05	4.14E-04	7.19E-03	1.57E-02	1	5
1.97E-04	4.45E-06	7.46E-06	5.03E-05	1.90E-04	6.88E-04	4.53E-03	1.15E-02	2	5
1.51E-03	8.42E-05	1.57E-04	5.30E-04	1.41E-03	4.24E-03	1.72E-02	2.88E-02	3	4
1.39E-03	7.56E-05	1.33E-04	5.37E-04	1.34E-03	3.79E-03	1.53E-02	2.47E-02	4	4
5.54E-03	4.56E-04	6.24E-04	2.18E-03	5.57E-03	1.38E-02	5.41E-02	8.65E-02	5	4
9.60E-03	7.88E-04	1.07E-03	3.96E-03	9.97E-03	2.28E-02	8.79E-02	0.1277	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
8.36E-05	5.59E-07	1.09E-06	1.20E-05	7.91E-05	5.10E-04	9.55E-03	2.53E-02	7	5
1.29E-03	1.49E-05	3.70E-05	2.62E-04	1.22E-03	5.97E-03	5.81E-02	0.1193	8	4
8.21E-03	2.21E-04	4.08E-04	2.54E-03	7.66E-03	2.79E-02	0.1835	0.2728	9	4
6.87E-03	2.45E-04	3.77E-04	2.05E-03	6.69E-03	2.14E-02	0.13	0.2562	10	4
3.03E-02	1.17E-03	2.22E-03	9.75E-03	2.90E-02	8.90E-02	0.6316	1.007	11	4
4.47E-02	2.08E-03	3.67E-03	1.47E-02	4.25E-02	0.1238	0.7981	1.199	12	4

Tabela E.10: Valores estimados do caudal médio galgado, q , e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 1 e γ_f (0.60; 0.80)

¹⁰ 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: $q =$ ”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção $q =$, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q(m ³ /s/m)	q[2.50%]	q[5.00%]	q[25.00%]	q[50.00%]	q[75.00%]	q[95.00%]	q[97.50%]	Nr.Pat.	REMARK ¹¹
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1	3
2.40E-04	1.06E-05	1.72E-05	8.92E-05	2.41E-04	6.43E-04	3.67E-03	6.23E-03	2	5
3.85E-03	2.85E-04	4.49E-04	1.74E-03	3.92E-03	9.14E-03	2.71E-02	3.90E-02	3	4
3.48E-03	2.75E-04	4.19E-04	1.57E-03	3.54E-03	8.15E-03	2.37E-02	3.52E-02	4	4
1.55E-02	1.55E-03	2.31E-03	7.26E-03	1.49E-02	3.46E-02	9.71E-02	0.1378	5	4
2.60E-02	2.75E-03	3.76E-03	1.26E-02	2.58E-02	5.77E-02	0.151	0.2051	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
8.28E-05	1.41E-06	2.84E-06	1.99E-05	7.97E-05	3.46E-04	2.81E-03	5.06E-03	7	5
2.60E-03	1.12E-04	2.26E-04	9.71E-04	2.86E-03	6.80E-03	2.63E-02	4.21E-02	8	4
3.19E-02	2.32E-03	3.70E-03	1.40E-02	3.14E-02	7.81E-02	0.258	0.3672	9	4
2.75E-02	2.26E-03	3.32E-03	1.22E-02	2.76E-02	6.58E-02	0.203	0.2485	10	4
0.113	8.22E-03	1.17E-02	5.12E-02	0.1115	0.2702	1.006	1.357	11	4
0.1694	1.41E-02	1.95E-02	7.89E-02	0.1741	0.4062	1.276	1.857	12	4

Tabela E.11: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 2 e γ_f (0.60; 0.80)

¹¹ 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: $q =$ ”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção $q =$, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Coluna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q(m^3/s/m)$	$q[2.50\%]$	$q[5.00\%]$	$q[25.00\%]$	$q[50.00\%]$	$q[75.00\%]$	$q[95.00\%]$	$q[97.50\%]$	Nr.Pat.	REMARK ¹²
Nível de maré de 0.0 m (ZH)									
-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1	1
5.99E-04	1.89E-05	3.74E-05	1.70E-04	6.16E-04	1.91E-03	9.49E-03	1.82E-02	2	5
8.08E-03	4.72E-04	8.27E-04	3.09E-03	7.85E-03	2.18E-02	8.35E-02	0.1213	3	4
7.18E-03	4.37E-04	7.85E-04	2.78E-03	7.11E-03	1.90E-02	6.78E-02	9.39E-02	4	4
2.91E-02	2.11E-03	3.20E-03	1.28E-02	2.82E-02	7.29E-02	0.2557	0.369	5	4
4.84E-02	3.86E-03	5.36E-03	2.24E-02	4.65E-02	0.116	0.3978	0.5486	6	4
Nível de maré de +4.0 m (ZH)									
1.04E-04	1.68E-06	3.25E-06	2.35E-05	9.37E-05	4.58E-04	3.10E-03	7.56E-03	7	5
3.28E-03	1.55E-04	2.71E-04	1.06E-03	3.21E-03	1.05E-02	4.09E-02	6.52E-02	8	4
3.80E-02	2.44E-03	3.99E-03	1.59E-02	3.72E-02	9.91E-02	0.3693	0.5475	9	4
3.33E-02	2.35E-03	3.84E-03	1.34E-02	3.22E-02	8.37E-02	0.292	0.4298	10	4
0.1313	6.63E-03	1.28E-02	5.44E-02	0.1295	0.337	1.260	2.115	11	4
0.199	1.08E-02	2.06E-02	8.64E-02	0.1977	0.4955	1.783	2.746	12	4

Tabela E.12: Valores estimados do caudal médio galgado, q , e de outros parâmetros estatísticos por NN_OVERTOPPING2 considerando PT 3 e γ_f (0.60; 0.80)

¹² 1: “AVISO> Parâmetro de entrada fora do intervalo de aplicabilidade. Nenhuma previsão é dada”

3: “AVISO> Para $Q < 10^{-6}$, nenhuma previsão é dada”

4: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção: $q =$ ”

5: “OBSERVAÇÃO> Para estruturas de talude rugoso, é aplicado um fator de correção $q =$, uma vez que no intervalo $10^{-6} < Q < 10^{-5}$, a previsão não é fiável (indicativo)”

Verhaeghe

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	NaN	NaN	NaN
2	NaN	NaN	NaN
3	1.13E-03	8.05E-05	1.19E-02
4	9.24E-04	5.54E-05	9.93E-03
5	5.04E-03	5.42E-04	5.28E-02
6	8.95E-03	1.27E-03	6.60E-02
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	NaN	NaN	NaN
8	NaN	NaN	NaN
9	NaN	NaN	NaN
10	7.10E-03	2.01E-04	1.44E-01
11	2.82E-02	1.28E-03	3.91E-01
12	4.31E-02	1.94E-03	5.05E-01

Tabela E.13: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 1 e γ_f (0.47; 0.85)

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	0	NaN	NaN
2	1.39E-04	4.85E-03	2.37E-03
3	2.72E-03	2.40E-04	2.43E-02
4	2.31E-03	1.81E-04	1.50E-02
5	1.27E-02	1.15E-03	1.10E-01
6	2.22E-02	1.98E-03	1.46E-01
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	2.75E-05	5.04E-07	2.28E-03
8	1.64E-03	5.39E-05	2.77E-02
9	2.58E-02	1.74E-03	3.15E-01
10	2.20E-02	1.52E-03	2.57E-01
11	8.73E-02	8.89E-03	6.70E-01
12	1.37E-01	1.79E-02	9.86E-01

Tabela E.14: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 2 e γ_f (0.47; 0.85)

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	NaN	NaN	NaN
2	5.41E-04	2.04E+00	2.55E-02
3	8.86E-03	7.43E-04	1.96E-01
4	7.33E-03	6.44E-04	1.50E-01
5	3.46E-02	3.36E-03	4.40E-01
6	5.59E-02	5.27E-03	6.07E-01
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	4.16E-04	1.38E-06	1.15E-03
8	2.49E-03	7.87E-05	6.62E-02
9	3.56E-02	2.55E-03	3.84E-01
10	3.06E-02	1.92E-03	3.04E-01
11	1.17E-01	1.31E-02	8.63E-01
12	1.80E-01	2.48E-02	1.223

Tabela E.15: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 3 e γ_f (0.47; 0.85)

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	NaN	NaN	NaN
2	NaN	NaN	NaN
3	1.45E-03	1.04E-04	1.77E-02
4	1.21E-03	8.02E-05	1.32E-02
5	6.07E-03	4.96E-04	6.28E-02
6	1.06E-02	1.23E-03	7.97E-02
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	NaN	NaN	NaN
8	NaN	NaN	NaN
9	NaN	NaN	NaN
10	7.52E-03	2.08E-04	1.72E-01
11	2.93E-02	1.32E-03	4.09E-01
12	4.48E-02	1.93E-03	5.30E-01

Tabela E.16: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 1 e γ_f (0.50; 0.80)

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	999	NaN	NaN
2	1.67E-04	6.26E-06	2.76E-03
3	3.37E-03	2.42E-04	3.32E-02
4	2.93E-03	2.20E-04	2.17E-02
5	1.47E-02	1.28E-03	1.35E-01
6	2.56E-02	2.31E-03	1.80E-01
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	3.26E-05	6.68E-07	3.25E-03
8	1.80E-03	5.44E-05	3.51E-02
9	2.70E-02	1.91E-03	3.17E-01
10	2.32E-02	1.63E-03	2.78E-01
11	8.99E-02	9.11E-03	7.16E-01
12	1.40E-01	1.82E-02	9.73E-01

Tabela E.17: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 2 e γ_f (0.50; 0.80)

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	NaN	NaN	NaN
2	6.30E-04	1.89E-05	3.79E-02
3	1.04E-02	9.28E-04	2.19E-01
4	8.82E-03	8.07E-04	2.02E-01
5	3.85E-02	3.95E-03	4.43E-01
6	6.16E-02	6.39E-03	6.62E-01
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	4.77E-05	1.47E-06	1.46E-03
8	2.69E-03	9.23E-05	7.02E-02
9	3.70E-02	2.84E-03	3.96E-01
10	3.20E-02	2.29E-03	3.19E-01
11	1.20E-01	1.36E-02	8.92E-01
12	1.84E-01	2.67E-02	1.25E+00

Tabela E.18: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 3 e γ_f (0.50; 0.80)

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	NaN	NaN	NaN
2	NaN	NaN	NaN
3	2.25E-03	1.41E-04	2.69E-02
4	1.92E-03	1.15E-04	2.82E-02
5	9.17E-03	5.56E-04	9.23E-02
6	1.59E-02	1.06E-03	1.44E-01
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	NaN	NaN	NaN
8	NaN	NaN	NaN
9	NaN	NaN	NaN
10	9.93E-03	2.97E-04	4.14E-01
11	3.80E-02	1.62E-03	5.54E-01
12	8.00E-02	3.42E-03	1.86E+00

Tabela E.19: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 1 e γ_f (0.55; 0.80)

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	0	NaN	NaN
2	2.31E-04	1.01E+00	5.26E-03
3	4.85E-03	4.76E-04	5.10E-02
4	4.30E-03	4.34E-04	4.00E-02
5	2.03E-02	1.98E-03	1.79E-01
6	3.46E-02	3.09E-03	3.02E-01
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	4.61E-05	7.82E-07	3.31E-03
8	2.40E-03	5.11E-05	5.86E-02
9	3.39E-02	2.17E-03	4.14E-01
10	2.93E-02	1.99E-03	3.94E-01
11	1.10E-01	9.52E-03	1.04E+10
12	2.15E-01	2.45E-02	2.20E+00

Tabela E.20: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 2 e γ_f (0.55; 0.80)

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	NaN	NaN	NaN
2	8.10E-04	2.32E-05	6.66E-02
3	1.33E-02	1.38E-03	3.56E-01
4	1.17E-02	1.09E-03	2.84E-01
5	4.75E-02	4.76E-03	6.95E-01
6	7.55E-02	7.68E-03	8.06E-01
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	6.30E-05	1.29E-06	3.05E-03
8	3.48E-03	1.07E-04	1.43E-01
9	4.55E-02	3.70E-03	4.89E-01
10	3.96E-02	3.10E-03	4.61E-01
11	1.40E-01	1.61E-02	1.15E+10
12	2.61E-01	4.60E-02	2.10E+00

Tabela E.21: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 3 e γ_f (0.55; 0.80)

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	NaN	NaN	NaN
2	NaN	NaN	NaN
3	3.33E-03	1.58E-04	4.98E-02
4	2.97E-03	1.79E-04	5.23E-02
5	1.33E-02	5.38E-04	1.55E-01
6	2.27E-02	1.19E-03	2.74E-01
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	NaN	NaN	NaN
8	NaN	NaN	NaN
9	NaN	NaN	NaN
10	1.30E-02	3.69E-04	5.94E-01
11	6.11E-02	1.48E-03	1.69E+10
12	9.45E-02	3.60E-03	2.24E+00

Tabela E.22: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 1 e γ_f (0.60; 0.80)

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	999	NaN	NaN
2	3.23E-04	1.45E+00	1.31E-02
3	6.73E-03	5.18E-04	9.76E-02
4	6.14E-03	5.15E-04	6.45E-02
5	2.75E-02	1.89E-03	2.95E-01
6	4.63E-02	3.75E-03	4.60E-01
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	6.36E-05	5.70E-08	9.17E-03
8	3.14E-03	8.10E-05	8.28E-02
9	4.25E-02	2.81E-03	5.75E-01
10	3.70E-02	3.31E-03	5.43E-01
11	1.64E-01	1.66E-02	2.18E+10
12	2.44E-01	2.70E-02	2.45E+00

Tabela E.23: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 2 e γ_f (0.60; 0.80)

1	2	3	4
Name	q(m ³ /s/m)	q[5.00%]	q[95.00%]
Nível de maré de 0.0 m (ZH)			
1	NaN	NaN	NaN
2	1.08E-03	4.83E-05	7.64E-02
3	1.67E-02	1.46E-03	3.74E-01
4	1.49E-02	1.46E-03	3.50E-01
5	5.73E-02	5.51E-03	7.32E-01
6	9.07E-02	9.46E-03	8.77E-01
Nível de maré de +4.0 m (ZH)			
7	8.40E-05	2.28E-06	2.64E-03
8	4.40E-03	1.27E-04	1.46E-01
9	5.53E-02	5.52E-03	8.14E-01
10	4.83E-02	4.31E-03	6.25E-01
11	1.97E-01	1.88E-02	1.88E+10
12	2.90E-01	4.76E-02	2.63E+00

Tabela E.23: Valores estimados do caudal médio galgado, q, e de outros parâmetros estatísticos por Overtopping considerando PT 3 e γ_f (0.60; 0.80)