



REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES  
PRESIDÊNCIA DO GOVERNO  
Gabinete do Subsecretário Regional da Presidência

Exmo. Senhor Chefe do Gabinete  
De Sua Excelência. o Presidente da Assembleia  
Legislativa da Região Autónoma dos Açores  
Rua Marcelino Lima  
9901- 858 Horta

**S/Referência**  
S/2224/2021

**S/Comunicação**  
30/06/2021

**N/Referência**  
SE/2021/904

**Data**  
15/07/2021

**ASSUNTO:** Requerimento ao Governo dos Açores n.º 159/XII-PS- Estudo em Modelo Reduzido de Agitação Marítima da Bacia do Porto da Horta.

Em resposta ao requerimento mencionado em epígrafe, subscrito pelo/a Senhor/a Deputado/a Tiago Branco e Ana Luís, do grupo parlamentar do Partido PS/Açores, sem prescindir quanto ao teor dos considerandos, encarrega-me o Senhor Subsecretário Regional da Presidência de informar a V. Exa., que se encontra concluído o Relatório Final do Estudo em Modelo Reduzido de Agitação Marítima da bacia do Porto da Horta, encomendado pela "Portos dos Açores, SA." ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil, o qual pode ser consultado em anexo.

Com os melhores cumprimentos,



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

**RESERVADO**

## **REQUALIFICAÇÃO DO PORTO COMERCIAL DA HORTA (ILHA DO FAIAL – AÇORES)**

**Ensaio em modelo físico tridimensional**





LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

RESERVADO

## **REQUALIFICAÇÃO DO PORTO COMERCIAL DA HORTA (ILHA DO FAIAL – AÇORES)**

**Ensaaios em modelo físico tridimensional**

WW – Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, S.A.

Lisboa • junho 2021

**I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE**

**RELATÓRIO 183/2021 – DHA/NPE**



## Título

### **REQUALIFICAÇÃO DO PORTO COMERCIAL DA HORTA (ILHA DO FAIAL – AÇORES)**

Ensaios em modelo físico tridimensional

## Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

### **Luis Gabriel Silva**

Técnico Superior, Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas

### **Rute Lemos**

Técnica Superior, Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas

### **Conceição Juana Fortes**

Investigadora Principal, Chefe do Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas

### **Liliana Pinheiro**

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas

## Colaboração

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

### **César Costa**

Bolseiro de Investigação, Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas

### **Rui Reis**

Técnico Superior, Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas

### **Jan Hilário**

Técnico Superior

### **Rui Pereira Capitão**

Investigador Auxiliar, Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas

### **Branca Branco**

Assistente Técnica, Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas

### **Ana Mendonça**

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas

### **João Fernandes**

Investigador Auxiliar, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, L.P.

AV. DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: [lnec@lnec.pt](mailto:lnec@lnec.pt)

[www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)

Relatório 183/2021

Proc. 0603/1201/22537

## REQUALIFICAÇÃO DO PORTO COMERCIAL DA HORTA (ILHA DO FAIAL - AÇORES)

Ensaio em modelo físico tridimensional

### Resumo

---

O presente relatório descreve o estudo em modelo físico reduzido tridimensional das obras de requalificação do porto comercial da Horta (Ilha do Faial, Açores). Os objetivos do estudo são a avaliação das condições de agitação, bem como a avaliação de potenciais correntes geradas durante as marés enchente e vazante.

Para além da Situação Atual, foram ainda ensaiadas duas configurações portuárias, correspondentes a fases distintas do plano de requalificação do porto (Configuração 1 e Configuração 2). Para cada uma das versões e durante cada ensaio, foi medida a agitação marítima com recurso a sondas resistivas em 40 pontos localizados à entrada do porto e nas sub-bacias portuárias. Foram ainda medidas as velocidades das correntes com recurso a 3 ADVs, localizados em 3 pontos previamente definidos.

Este relatório apresenta as características gerais do modelo físico, a metodologia dos ensaios, os resultados obtidos e a sua análise comparativa.

Palavras-chave: Porto da Horta / Modelo físico / Agitação / Velocidades

## REQUALIFICATION OF HORTA COMERCIAL HARBOUR (FAIAL ISLAND - AZORES)

Three-dimensional scale model tests

### Abstract

---

This report describes the study in a three-dimensional physical scale model of the requalification works of the commercial port of Horta (Faial Island, Azores). The objectives of the study are the evaluation of the conditions of agitation, as well as the evaluation of potential currents generated during high and low tides. In addition to the current situation, two configurations were also tested for the requalification works.

For each configuration and during each test, the wave conditions were measured using resistive wave gauges at 40 points located at the entrance and in the port sub-basins of the port. Furthermore, current velocities were also measured using 3 ADVs, placed at 3 previously defined points.

This report presents the general characteristics of the physical model, the test methodology, the results obtained and their comparative analysis.

Keywords: Port of Horta / Physical scale model / Wave conditions / Velocities



## Índice

1	Introdução .....	1
2	Modelo físico .....	3
2.1	Breve introdução e objetivos do estudo.....	3
2.2	Programa de trabalhos .....	4
2.3	Caraterização geral do modelo físico .....	5
2.4	Construção do modelo físico .....	8
2.5	Equipamento experimental .....	15
2.6	Agitação marítima e níveis de maré .....	18
3	Ensaio de agitação .....	19
3.1	Metodologia.....	19
3.2	Resultados dos ensaios.....	20
3.2.1	Situação Atual.....	20
3.2.2	Configuração 1.....	25
3.2.3	Configuração 2.....	30
3.3	Análise comparativa de resultados .....	35
3.3.1	Rumo E-10-N .....	35
3.3.2	Rumo SE.....	44
3.3.3	Análise dos resultados.....	53
4	Ensaio de sobrelevações .....	58
4.1	Metodologia.....	58
4.2	Resultados dos ensaios.....	58
4.2.1	Situação Atual.....	58
4.2.2	Configuração 1.....	60
4.2.3	Configuração 2.....	62
4.3	Análise comparativa de resultados .....	64
4.3.1	Rumo E-10-N .....	64
4.3.2	Rumo SE.....	67
5	Ensaio com correntes de maré .....	71
5.1	Metodologia.....	71
5.2	Resultados dos ensaios.....	73
5.2.1	Situação Atual.....	73
5.2.2	Configuração 1.....	79
5.2.3	Configuração 2.....	85
5.3	Análise comparativa de resultados .....	90
6	Conclusões.....	97
	Referências bibliográficas .....	102
	ANEXOS.....	103
	ANEXO I Índices de agitação - Quadros.....	105
	ANEXO II Índices de agitação - Figuras.....	125
	ANEXO III Velocidades – Quadros e Figuras .....	151

## Índice de figuras

Figura 2.1 – Porto da Horta .....	3
Figura 2.2 – Aspeto das instalações experimentais do Pavilhão de Hidráulica Marítima do DHA do LNEC .....	5
Figura 2.3 – Batimetria reproduzida no modelo físico de agitação marítima .....	6
Figura 2.4 – Configuração portuária relativa à Situação Atual .....	7
Figura 2.5 – Configuração 1. Alterações na bacia portuária: a) Obras de abrigo nascente e poente, núcleo de pescas, terraplino b) Obras de dragagem .....	7
Figura 2.6 – Configuração 2: Alterações na bacia portuária .....	8
Figura 2.7 – Aspetos da construção do modelo físico. Implantação da batimetria e enchimento com areia .....	9
Figura 2.8 – Aspeto da construção do modelo físico. Recobrimento com argamassa .....	9
Figura 2.9 – Aspetos da construção do modelo físico. Cais comercial .....	10
Figura 2.10 – Aspetos da construção do modelo. Marginal da cidade da Horta .....	10
Figura 2.11 – Aspeto da construção do modelo. Marina do porto da Horta .....	11
Figura 2.12 – Aspetos da construção do modelo. Terminal de Passageiros .....	11
Figura 2.13 – Situação Atual. Modelo físico após conclusão da construção .....	12
Figura 2.14 – Configuração 1. Aspeto da construção. Alteração dos fundos na zona de dragagens .....	13
Figura 2.15 – Configuração 1. Aspeto da construção. Zona de abrigo poente .....	13
Figura 2.16 – Configuração 2. Aspeto da construção. Terraplino e zona de abrigo nascente .....	13
Figura 2.17 – Modelo físico: a) Situação Atual; b) Configuração 1; c) Configuração 2 .....	14
Figura 2.18 – Posicionamento do gerador de ondas irregulares e das guias: a) Rumo E-10-N; b) Rumo SE .....	15
Figura 2.19 – Posicionamento do equipamento de medição da elevação da superfície livre: a) Situação Atual; b) Configuração 1 e 2 .....	16
Figura 2.20 – Posicionamento do equipamento de medição das velocidades .....	16
Figura 2.21 – Posicionamento no modelo do equipamento de medição da elevação da superfície livre a) Bacia Norte b) e c) Entrada do porto; d) Zona do cais comercial; e) Interior da marina; f) Porto de pesca .....	17
Figura 2.22 – Posicionamento no modelo do equipamento de medição das velocidades .....	17
Figura 3.1 – Localização dos pontos de medição da agitação marítima. Indicação do agrupamento de pontos considerado para efeitos de análise de resultados .....	19
Figura 3.2 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Tp=6 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	21
Figura 3.3 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Tp=9 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	21
Figura 3.4 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Tp=12 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	22
Figura 3.5 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Tp=15 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	22
Figura 3.6 – Situação Atual. Rumo SE. Tp=6 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	23
Figura 3.7 – Situação Atual. Rumo SE. Tp=9 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	23
Figura 3.8 – Situação Atual. Rumo SE. Tp=12 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	24
Figura 3.9 – Situação Atual. Rumo SE. Tp=15 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	24

Figura 3.10 – Configuração 1. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	26
Figura 3.11 – Configuração 1. Rumo E-10-N. $T_p=9$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	26
Figura 3.12 – Configuração 1. Rumo E-10-N. $T_p=12$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	27
Figura 3.13 – Configuração 1. Rumo E-10-N. $T_p=15$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	27
Figura 3.14 – Configuração 1. Rumo SE. $T_p=6$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	28
Figura 3.15 – Configuração 1. Rumo SE. $T_p=9$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	28
Figura 3.16 – Configuração 1. Rumo SE. $T_p=12$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	29
Figura 3.17 – Configuração 1. Rumo SE. $T_p=15$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	29
Figura 3.18 – Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	31
Figura 3.19 – Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=9$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	31
Figura 3.20 – Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=12$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	32
Figura 3.21 – Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=15$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	32
Figura 3.22 – Configuração 2. Rumo SE $T_p=6$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	33
Figura 3.23 – Configuração 2. Rumo SE. $T_p=9$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	33
Figura 3.24 – Configuração 2. Rumo SE. $T_p=12$ s. Índices de agitação médios a) Pontos P1 a P19 e P39 b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	34
Figura 3.25 – Configuração 2. Rumo SE. $T_p=15$ s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40 .....	34
Figura 3.26 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s, 9 s, 12 s e 15 s e $H_s=1.5$ m. Índices de agitação médios. Pontos P1 a P19 e P39 .....	36
Figura 3.27 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s, 9 s, 12 s e 15 s e $H_s=1.5$ m. Índices de agitação médios. Pontos P20 a P38 e P40 .....	37
Figura 3.28 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s, 9 s, 12 s e 15 s e $H_s=3.0$ m. Índices de agitação médios. Pontos P1 a P19 e P39 .....	38
Figura 3.29 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s, 9 s, 12 s e 15 s e $H_s=3.0$ m. Índices de agitação médios. Pontos P20 a P38 e P40 .....	39
Figura 3.30 – Configuração 1/Situação Atual. Rumo E-10-N. Pontos P1 a P19 e P39. Variação dos índices de agitação da Configuração 1 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 1; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 1) .....	40
Figura 3.31 – Configuração 1/Situação Atual. Rumo E-10-N. Pontos P20 a P38 e P40. Variação dos índices de agitação da Configuração 1 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 1; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 1) .....	41
Figura 3.32 – Configuração 2/Situação Atual. Rumo E-10-N. Pontos P1 a P19 e P39. Variação dos índices de agitação da Configuração 2 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 2; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 2) .....	42
Figura 3.33 – Configuração 2/Situação Atual. Rumo E-10-N. Pontos P20 a P38 e P40. Variação dos índices de agitação da Configuração 2 relativamente à Situação	

Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 2; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 2)	43
Figura 3.34 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo SE. Tp=6, 9, 12 e 15 s e Hs=1.5 m. Índices de agitação médios. Pontos P1 a P19 e P39	45
Figura 3.35 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Tp=6, 9, 12 e 15 s e Hs=1.5 m. Índices de agitação médios. Pontos P20 a P38 e P40	46
Figura 3.36 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo SE. Tp=6, 9, 12 e 15 s e Hs=3.0 m. Índices de agitação médios. Pontos P1 a P19 e P39	47
Figura 3.37 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo SE. Tp=6, 9, 12 e 15 s e Hs=3.0 m. Índices de agitação médios. Pontos P20 a P38 e P40	48
Figura 3.38 – Configuração 1/Situação Atual. Rumo SE. Pontos P1 a P19 e P39. Variação dos índices de agitação da Configuração 1 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 1; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 1)	49
Figura 3.39 – Configuração 1/Situação Atual. Rumo SE. Pontos 20 a P38 e P40. Variação dos índices de agitação da Configuração 1 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 1; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 1)	50
Figura 3.40 – Configuração 2/Situação Atual. Rumo SE. Pontos P1 a P19 e P39. Variação dos índices de agitação da Configuração 2 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 2; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 2)	51
Figura 3.41 – Configuração 2/Situação Atual. Rumo SE. Pontos 20 a P38 e P40. Variação dos índices de agitação da Configuração 2 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 2; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 2)	52
Figura 4.1 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Valores de sobrelevação, Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s	59
Figura 4.2 – Situação Atual. Rumo SE. Valores de sobrelevação, Tp =6 s, 9 s, 12 s e 15 s	59
Figura 4.3 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Valores de sobrelevação médios, Tp =6 s, 9 s, 12 s e 15 s	61
Figura 4.4 – Configuração 1. Rumo SE. Valores de sobrelevação médios, Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s	61
Figura 4.5 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Valores de sobrelevação médios, Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s	63
Figura 4.6 – Configuração 2. Rumo SE. Valores de sobrelevação médios, Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s	63
Figura 4.7 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Valores médios de sobrelevação obtidos com, Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s com Hs=1.5 m e Hs=3.0 m	65
Figura 4.8 – Situação Atual-Configuração 1. Rumo E-10-N. Diferenças entre as sobrelevações da Configuração 1 e da Situação Atual (Diferenças positivas correspondem a menores valores de sobrelevação da Configuração 1 face à Situação Atual)	66
Figura 4.9 – Situação Atual-Configuração 2. Rumo E-10-N. Diferenças entre as sobrelevações da Configuração 2 e da Situação Atual (Diferenças positivas correspondem a menores valores de sobrelevação da Configuração 2 face à Situação Atual)	66
Figura 4.10 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo SE. Valores médios de sobrelevação obtidos com Tp= 6 s, 9 s, 12 s e Tp=15 s com Hs=1.5 m e Hs=3.0 m	68
Figura 4.11 – Situação Atual. Configuração 1. Rumo SE. Diferenças entre as sobrelevações da Configuração 1 e da Situação Atual (Diferenças positivas correspondem a menores valores de sobrelevação da Configuração 1 face à Situação Atual)	69

Figura 4.12 – Situação Atual. Configuração 2. Rumo SE. Diferenças entre as sobrelevações da Configuração 2 e da Situação Atual (Diferenças positivas correspondem a menores valores de sobrelevação da Configuração 2 face à Situação Atual) .....	69
Figura 5.1 – Posicionamento do equipamento de medição das velocidades e referencial utilizado .....	71
Figura 5.2 – Situação Atual. ADV1. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima .....	73
Figura 5.3 – Situação Atual. ADV2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima .....	74
Figura 5.4 – Situação Atual. ADV3. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima .....	74
Figura 5.5 – Situação Atual. ADV1. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima .....	76
Figura 5.6 – Situação Atual. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima .....	76
Figura 5.7 – Situação Atual. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima .....	77
Figura 5.8 – ADV1. Situação Atual. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima .....	77
Figura 5.9 – Situação Atual. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima .....	78
Figura 5.10 – Situação Atual. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima.....	78
Figura 5.11 – Configuração 1. ADV1. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima .....	79
Figura 5.12 – Configuração 1. ADV2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima .....	80
Figura 5.13 – Configuração 1. ADV3. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima .....	80
Figura 5.14 – Configuração 1. ADV1. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima .....	82
Figura 5.15 – Configuração 1. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima .....	82
Figura 5.16 – Configuração 1. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima .....	83
Figura 5.17 – Configuração 1. ADV1. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima.....	83
Figura 5.18 – Configuração 1. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima.....	84
Figura 5.19 – Configuração 1. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima.....	84
Figura 5.20 – Configuração 2. ADV1. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima .....	85
Figura 5.21 – Configuração 2. ADV2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima .....	85
Figura 5.22 – Configuração 2. ADV3. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima .....	86
Figura 5.23 – Configuração 2. ADV1. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima .....	87
Figura 5.24 – Configuração 2. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima .....	88
Figura 5.25 – Configuração 2. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima .....	88



Figura 5.26 – Configuração 2. ADV1. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima.....	89
Figura 5.27 – Configuração 2. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima.....	89
Figura 5.28 – Configuração 2. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima.....	90
Figura 5.29 – ADV1. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com e sem agitação .....	91
Figura 5.30 – ADV2. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com e sem agitação .....	92
Figura 5.31 – ADV3. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com e sem agitação .....	93
Figura 5.32 – ADV1. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores médios de $V_{max}$ e $V_{med}$ em função de $H_s=0$ , 1.5 m e 3.0 m, para enchente e vazante .....	94
Figura 5.33 – ADV2. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores médios de $V_{max}$ e $V_{med}$ em função de $H_s=0$ , 1.5 m e 3.0 m, para enchente e vazante .....	94
Figura 5.34 – ADV3. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores médios de $V_{max}$ e $V_{med}$ em função de $H_s=0$ , 1.5 m e 3.0 m, para enchente e vazante .....	95
Figura 5.35 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Redução média nas velocidades $V_{max}$ e $V_{med}$ , obtidos em todos os ensaios, face à solução atual. Valores positivos significa que a configuração 1 ou 2 conduzem a menores valores de velocidade face à Situação Atual, enquanto o contrario conduz a valores negativos .....	96
Figura II.1 – Situação Atual. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médios.....	127
Figura II.2 – Situação Atual. Rumo E-10-N. $T_p=9$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médios.....	128
Figura II.3 – Situação Atual. Rumo E-10-N. $T_p=12$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médios.....	129
Figura II.4 – Situação Atual. Rumo E-10-N. $T_p=15$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médios.....	130
Figura II.5 – Situação Atual. Rumo SE. $T_p=6$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médios.....	131
Figura II.6 – Situação Atual. Rumo SE. $T_p=9$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médios.....	132
Figura II.7 – Situação Atual. Rumo SE. $T_p=12$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médios.....	133
Figura II.8 – Situação Atual. Rumo SE. $T_p=15$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio .....	134
Figura II.9 – Configuração 1. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio.....	135
Figura II.10 – Configuração 1. Rumo E-10-N. $T_p=9$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio.....	136
Figura II.11 – Configuração 1. Rumo E-10-N. $T_p=12$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio.....	137
Figura II.12 – Configuração 1. Rumo E-10-N. $T_p=15$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio.....	138
Figura II.13 – Configuração 1. Rumo SE. $T_p=6$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio .....	139

Figura II.14 – Configuração 1. Rumo SE. $T_p=9$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio .....	140
Figura II.15 – Configuração 1. Rumo SE. $T_p=12$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio .....	141
Figura II.16 – Configuração 1. Rumo SE. $T_p=15$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio .....	142
Figura II.17 – Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio.....	143
Figura II.18 – Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=9$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio.....	144
Figura II.19 – Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=12$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio.....	145
Figura II.20 – Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=15$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio.....	146
Figura II.21 – Configuração 2. Rumo SE. $T_p=6$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio .....	147
Figura II.22 – Configuração 2. Rumo SE. $T_p=9$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio .....	148
Figura II.23 – Configuração 2. Rumo SE. $T_p=12$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio .....	149
Figura II.24 – Configuração 2. Rumo SE. $T_p=15$ s, $H_s=1.5$ m e $H_s=3$ m. Índices de agitação médio .....	150
Figura III.1 – ADV1. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com agitação marítima .....	159
Figura III.2 – ADV2. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com agitação marítima .....	160
Figura III.3 – ADV3. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com agitação marítima .....	161
Figura III.4 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Ensaios com maré sem agitação marítima. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3 .....	162
Figura III.5 – Situação Atual. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s e 9 s, $H_s=3$ m. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3 .....	163
Figura III.6 – Situação Atual. Rumo E-10-N. $T_p=12$ s e 15 s, $H_s=3$ m. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3 .....	164
Figura III.7 – Configuração 1. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s e 9 s, $H_s=3$ m. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3 .....	165
Figura III.8 – Configuração 1. Rumo E-10-N. $T_p=12$ s e 15 s, $H_s=3$ m. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3 .....	166
Figura III.9 – Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=6$ s e 9 s, $H_s=3$ m. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3 .....	167
Figura III.10 – Configuração 2. Rumo E-10-N. $T_p=12$ s e 15 s, $H_s=3$ m. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3 .....	168

## Índice de quadros

Quadro 4.1 – Situação Atual. Valores de sobrelevação obtidos nos ensaios e nas repetições, para os rumos E-10-N e SE .....	58
Quadro 4.2 – Configuração 1. Valores de sobrelevação obtidos nos ensaios e nas repetições, para os rumos E-10-N e SE .....	60
Quadro 4.3 – Configuração 2. Valores de sobrelevação obtidos nos ensaios e nas repetições, para os rumos E-10-N e SE .....	62
Quadro 5.1 – Situação Atual. ADV1, ADV2 e ADV3. Rumo E-10-N. Média dos valores de velocidade média e máxima, obtidas nos ensaios e nas repetições .....	74
Quadro 5.2 – Configuração 1. ADV1, ADV2 e ADV3. Rumo E-10-N. Média dos valores de velocidade média e máxima, obtidas nos ensaios e nas repetições .....	80
Quadro 5.3 – Configuração 2. Rumo E-10-N. ADV1, ADV2 e ADV3. Média dos valores de velocidade média e máxima, obtidas nos ensaios e nas repetições .....	86
Quadro I.1 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Índices de agitação obtidos durante os ensaios .....	107
Quadro I.2 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Índices de agitação obtidos durante as repetições .....	108
Quadro I.3 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições .....	109
Quadro I.4 – Situação Atual. Rumo SE. Índices de agitação obtidos durante os ensaios .....	110
Quadro I.5 – Situação Atual. Rumo SE. Índices de agitação obtidos durante as repetições .....	111
Quadro I.6 – Situação Atual. Rumo SE. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições .....	112
Quadro I.7 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Índices de agitação obtidos durante os ensaios .....	113
Quadro I.8 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Índices de agitação obtidos durante a repetição dos ensaios .....	114
Quadro I.9 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições .....	115
Quadro I.10 – Configuração 1. Rumo SE. Índices de agitação obtidos durante os ensaios .....	116
Quadro I.11 – Configuração 1. Rumo SE. Índices de agitação obtidos durante as repetições .....	117
Quadro I.12 – Configuração 1. Rumo SE. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições .....	118
Quadro I.13 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Índices de agitação obtidos durante os ensaios .....	119
Quadro I.14 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Índices de Agitação obtidos durante as repetições .....	120
Quadro I.15 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições .....	121
Quadro I.16 – Configuração 2. Rumo SE. Índices de agitação obtidos nos ensaios .....	122
Quadro I.17 – Configuração 2. Rumo SE. Índices de agitação obtidos durante as repetições .....	123
Quadro I.18 – Configuração 2. Rumo SE. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições .....	124
Quadro III.1 – ADV1. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima, velocidade média, direção do escoamento .....	153
Quadro III.2 – ADV2. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima, velocidade média, direção do escoamento .....	155
Quadro III.3 – ADV3. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima, velocidade média, direção do escoamento .....	157

## 1 | Introdução

Em 7 de janeiro de 2020, a WW – Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, S.A. (WW) solicitou ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), através de convite endereçado por correio eletrónico, uma proposta para a realização de ensaios em modelo físico tridimensional para o porto da Horta, no âmbito da requalificação do porto, no sentido de aumentar a sua operacionalidade e as suas valências.

A proposta foi elaborada tendo por base os elementos fornecidos pela WW, nomeadamente as especificações intituladas “Requalificação do Porto Comercial da Horta. Ensaio em Modelo Físico. Especificações Técnicas”, contemplando a realização de três tipos de ensaios: agitação, sobrelevação e de correntes.

A apresentação desta proposta pelo LNEC foi realizada em 24 de fevereiro de 2020, tendo sido a respetiva adjudicação recebida no LNEC, por mensagem de correio eletrónico, a 30 de março de 2020.

Os objetivos dos ensaios efetuados foram:

- Ensaio de agitação - avaliação do abrigo da zona portuária, após a implementação de um conjunto previsto de obras;
- Ensaio de sobrelevação - avaliação das sobrelevações do nível da água associada à ocorrência de agitação;
- Ensaio de correntes - a avaliação da magnitude e da direção das correntes geradas no interior do porto devidas à ação da maré e da sua associação com a agitação marítima incidente.

Os ensaios foram efetuados para três configurações portuárias diferentes, a Situação Atual e as situações correspondentes à implantação de diferentes obras no interior do porto, Configuração 1 e Configuração 2.

Neste contexto, e para que pudessem ser atingidos os objetivos pretendidos, foi reproduzido em modelo físico tridimensional, à escala 1/80 (de acordo com a lei de semelhança de Froude), toda a zona portuária do porto para a Situação Atual e, posteriormente, para as 2 configurações propostas pela WW, de acordo com os elementos fornecido por esta empresa.

Para cada configuração portuária, os ensaios de agitação e de sobrelevação no interior do porto, foram realizados segundo um programa de ensaios estabelecido pela WW, que consistia num conjunto de ensaios associados a 2 rumos de agitação marítima (E-10-N e SE) e a um nível de maré (nível médio, +1.0 m (ZH)). A cada rumo estão associados 4 períodos de pico de onda (6 s, 9 s, 12 s e 15 s) sendo as alturas de onda significativas de 1.5 m ou 3.0 m.

Os ensaios com correntes foram realizados apenas para o rumo E-10-N, com e sem agitação marítima, para as 3 configurações portuárias. Nestes casos, foi reproduzida uma maré típica de

situação de maré viva, com níveis a variarem entre +0.42 m (ZH) (BMAV) e +1.59 m (ZH) (PMAV). As características da agitação marítima foram idênticas às referidas anteriormente.

A comparação dos resultados obtidos nas situações após obras face à situação atual permitiu aferir o impacto dessas obras na tranquilidade da bacia portuária, nas sobrelevações e nas correntes verificadas nas zonas em estudo.

O presente relatório descreve o estudo efetuado e tem 6 capítulos e 3 Anexos. Após a presente introdução, o segundo capítulo apresenta os objetivos do estudo e o programa de trabalhos. Descreve também as características gerais do modelo físico, aspetos da sua construção, o equipamento experimental utilizado e as condições de ensaio no que diz respeito aos níveis de maré e à agitação marítima, que foram testados. Os capítulos 3 a 5 referem-se aos ensaios de agitação, de sobrelevação e de correntes, respetivamente, apresentando-se a metodologia dos ensaios utilizada, bem como os resultados obtidos e a sua análise. O último capítulo (capítulo 6) contém as principais conclusões do estudo.

## 2 | Modelo físico

### 2.1 Breve introdução e objetivos do estudo

O porto da Horta está situado na costa sul da ilha do Faial, nas coordenadas  $38^{\circ} 31' 44''$  N,  $028^{\circ} 37' 33''$  W. Está limitado por dois quebra-mares, o norte e o sul. Inclui o cais comercial, um porto de pesca, as bacias da marina da Horta e o terminal de passageiros inter-ilhas.

Na Figura 2.1 apresenta-se a zona objeto de estudo neste relatório.



Figura 2.1 – Porto da Horta

Para a requalificação do porto da Horta, e no sentido de aumentar a sua operacionalidade e as suas valências, está prevista a implementação de um conjunto de obras portuárias, a serem realizadas em duas fases.

Nesse sentido, o objetivo dos ensaios em modelo físico tridimensional que se descrevem no presente relatório são a avaliação dos efeitos da agitação marítima na zona portuária do Porto da Horta, após a implementação desse conjunto previsto de obras. Mais concretamente, pretende-se:

- A avaliação das condições de agitação marítima nos diversos setores do porto (bacia sul e bacia norte) – ensaios de agitação;
- A avaliação de sobrelevações do nível da água associada à ocorrência de agitação em dois pontos no interior da bacia sul – ensaios de sobrelevação;
- A avaliação da magnitude e da direção das correntes geradas no interior do porto devidas à ação da maré e da sua associação com a agitação marítima incidente – ensaios de correntes.

O modelo físico representa toda a bacia portuária do porto da Horta. Os ensaios foram efetuados para três configurações portuárias diferentes, nomeadamente, a Situação Atual e as situações correspondentes à implantação de diferentes obras no interior do porto, Configuração 1 e Configuração 2.

## 2.2 Programa de trabalhos

Para a realização do estudo, as principais tarefas foram:

- Construção dos fundos e das infraestruturas existentes na zona portuária;
- Instalação do equipamento necessário à geração e aquisição de dados;
- Realização de séries de ensaios com vista à calibração da agitação marítima incidente;
- Realização dos ensaios relativos à Situação Atual;
- Implementação das alterações no modelo relativas à implementação da Configuração 1;
- Realização dos ensaios relativos à Configuração 1;
- Implementação das alterações no modelo relativas à implementação da Configuração 2;
- Realização dos ensaios relativos à Configuração 2.

Durante a construção do modelo e a realização dos ensaios foram produzidas pequenas reportagens vídeo e fotográficas. Os resultados dos ensaios foram sendo enviados para a WW à medida que iam sendo obtidos.

Para os ensaios de agitação e de sobrelevação, durante a realização de cada ensaio, efetuou-se a medição da agitação marítima à saída do gerador e no interior do porto, com várias sondas resistivas, para as condições de agitação marítima incidente. Para os ensaios com correntes de maré, obtiveram-se os valores da velocidade do escoamento com recurso a três velocímetros (ADV), para as condições de agitação marítima incidente e de maré simuladas.



## 2.3 Caracterização geral do modelo físico

O modelo reduzido tridimensional foi construído nas instalações experimentais do Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA) do LNEC, num tanque de ondas do Pavilhão de Hidráulica Marítima com 23 x 22 m<sup>2</sup>, equipado com 1 gerador móvel de ondas irregulares com 6.0 m de comprimento, para profundidades de água até 0.60 m (Figura 2.2).



Figura 2.2 – Aspeto das instalações experimentais do Pavilhão de Hidráulica Marítima do DHA do LNEC

O modelo foi construído e explorado de acordo com a lei de semelhança de Froude a uma escala geométrica de 1/80.

Esta escala foi selecionada de maneira a garantir que, para as condições de agitação marítima incidentes:

- Os principais aspetos da interação onda-estrutura (reflexão, dissipação e transmissão,) eram bem reproduzidos no modelo;
- Eram evitados efeitos de escala significativos, especialmente no que se refere à reprodução da rebentação e do escoamento nos mantos das estruturas;
- As condições de ensaio definidas estivessem de acordo com os equipamentos de geração de ondas do LNEC;
- Fossem reproduzidas as mesmas condições do estudo realizado em 2008 no LNEC.

Considerando esta escala do modelo físico, as relações para os principais parâmetros a considerar no estudo são as seguintes:

- Comprimentos:  $80(\lambda)$
- Áreas:  $6400(\lambda^2)$



- Volume:  $512000(\lambda^3)$
- Velocidades:  $8.944(\lambda^{1/2})$
- Tempos  $8.944(\lambda^{1/2})$

Os fundos do modelo foram reproduzidos de acordo com o levantamento hidrográfico fornecido ao LNEC, até à batimétrica de -30.0 m (ZH) (Figura 2.3), para a Situação Atual.

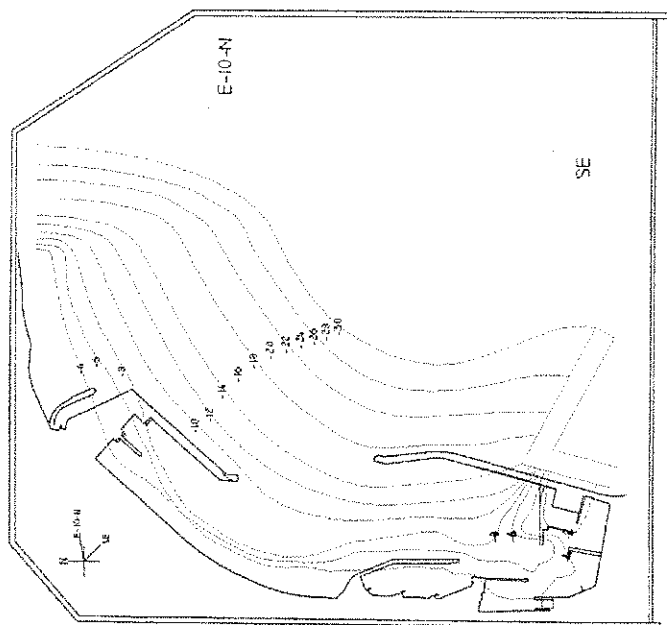


Figura 2.3 – Batimetria reproduzida no modelo físico de agitação marítima

As obras que compõem o porto para os ensaios da Situação Atual e todos os aspetos propostos pela WW para os ensaios da Configuração 1 e Configuração 2, foram reproduzidos de acordo com elementos fornecidos ao LNEC pela WW.

Da Figura 2.4 à Figura 2.6 apresenta-se a configuração portuária para a Situação Atual, bem como as alterações (a vermelho) implementadas com vista à obtenção das Configurações 1 e 2.

No caso da Configuração 1, Figura 2.5, estas alterações corresponderam à construção de obras de abrigo (nascente e poente) do núcleo de pesca e da marina, da extensão do atual terraplino à dragagem do fundo saco do porto.

A Configuração 2, Figura 2.6, inclui todas as anteriores alterações e a modificação do alinhamento do cais comercial.

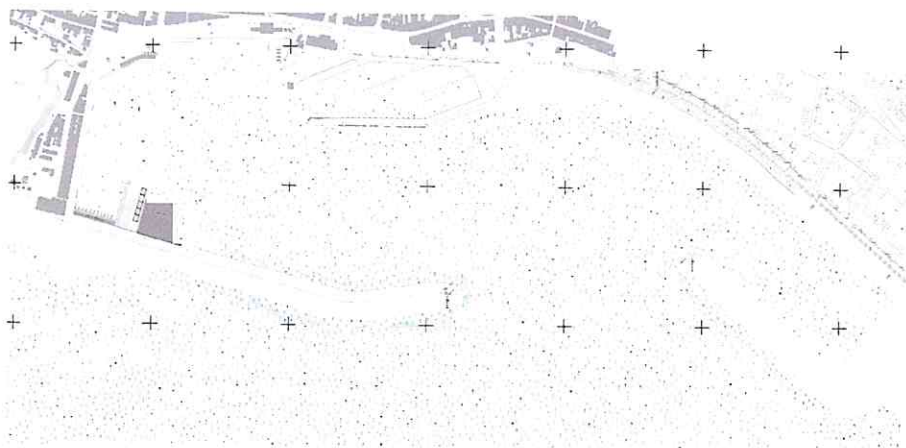


Figura 2.4 – Configuração portuária relativa à Situação Atual

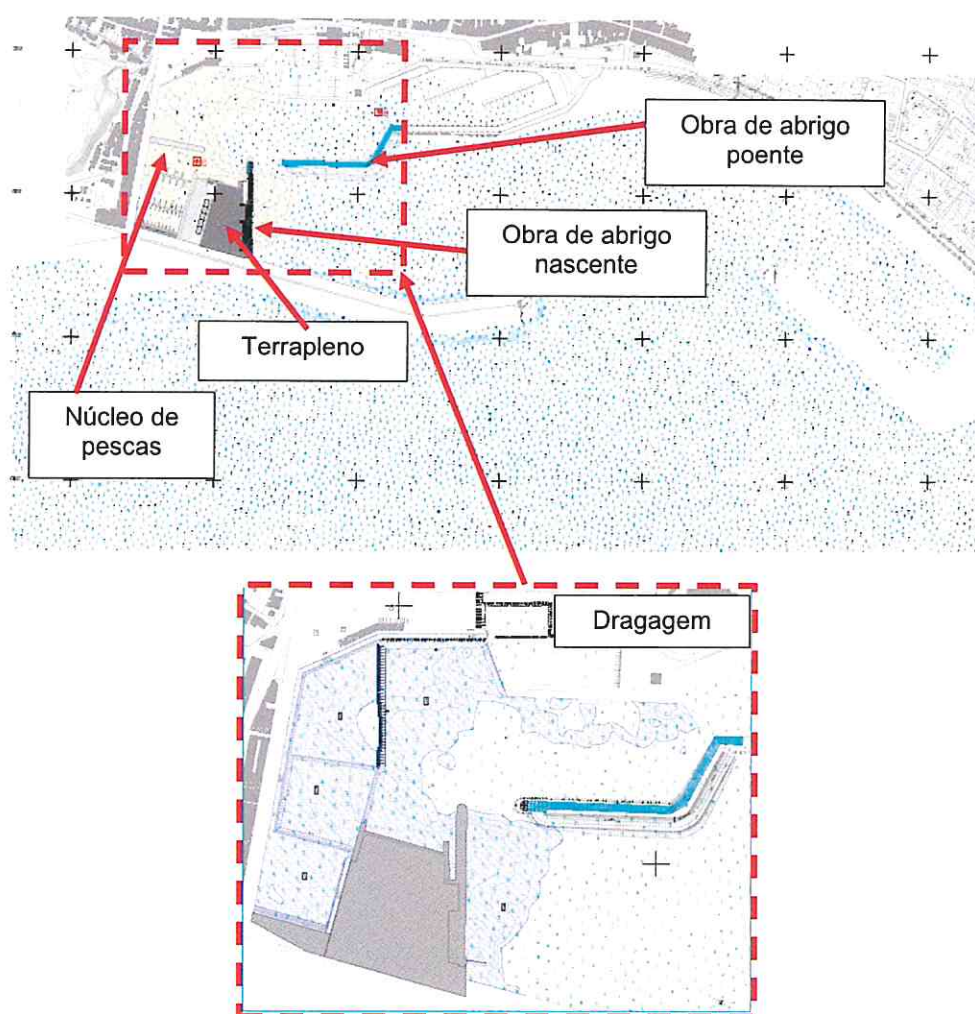


Figura 2.5 – Configuração 1. Alterações na bacia portuária: a) Obras de abrigo nascente e poente, núcleo de pescas, terraplino b) Obras de dragagem

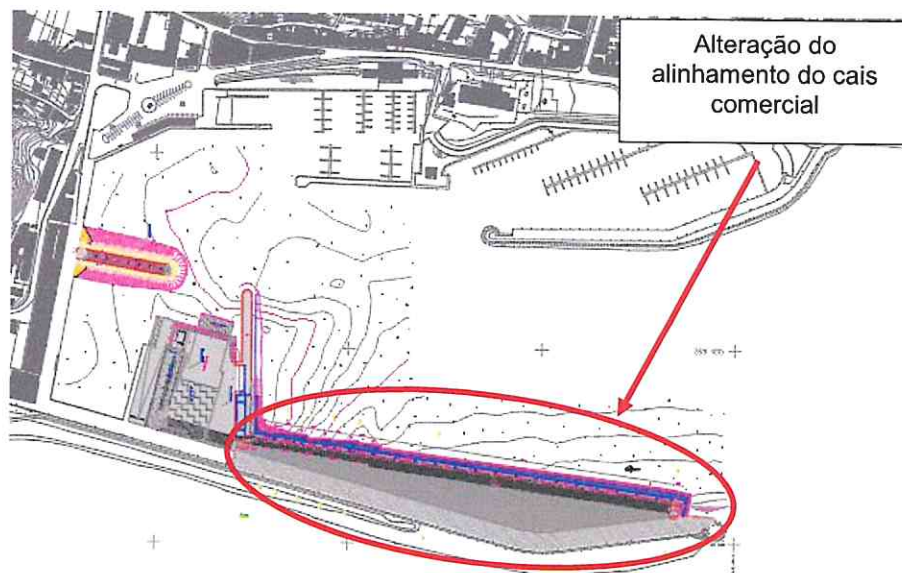


Figura 2.6 – Configuração 2: Alterações na bacia portuária

## 2.4 Construção do modelo físico

A construção do modelo implicou a reprodução dos seguintes elementos:

- Totalidade da bacia portuária e batimetria até à -30 m (ZH);
- Representação de todas as infraestruturas marítimas integradas no complexo portuário;
- Obras de proteção da agitação marítima atuais.

A reprodução dos fundos foi feita de acordo com a batimetria e informações fornecidas pela WW.

Na Figura 2.7 e na Figura 2.8 ilustra-se a construção dos fundos no modelo.

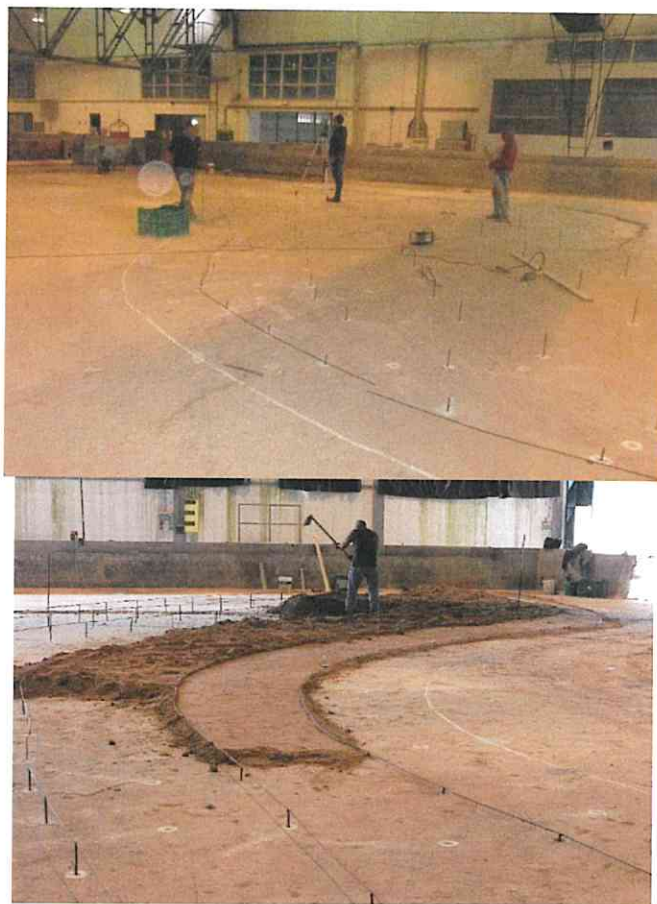


Figura 2.7 – Aspectos da construção do modelo físico. Implantação da batimetria e enchimento com areia



Figura 2.8 – Aspeto da construção do modelo físico. Recobrimento com argamassa

Após a implantação dos fundos, foi reproduzida a configuração da frente marítima da cidade da Horta, compreendida entre o enraizamento do quebra-mar norte e o enraizamento do quebra-mar sul, bem como todas as estruturas portuárias ou de proteção existentes, dando-se especial atenção à reprodução das condições de reflexão de estruturas e linha de costa, já que esse é um requisito fundamental para o cumprimento dos objetivos propostos.



Da Figura 2.9 a Figura 2.12 apresentam-se alguns aspetos das fases de construção do modelo, onde se pode observar a reprodução das obras que compõem a bacia portuária.



Figura 2.9 – Aspetos da construção do modelo físico. Cais comercial



Figura 2.10 – Aspetos da construção do modelo. Marginal da cidade da Horta



Figura 2.11 – Aspecto da construção do modelo. Marina do porto da Horta



Figura 2.12 – Aspectos da construção do modelo. Terminal de Passageiros

A Figura 2.13 ilustra o modelo da Situação Atual já implantado no tanque. Procurou-se simular da forma mais correta possível as condições de reflexão de todos os elementos em redor do plano de água abrigado, de modo a que os resultados dos ensaios de agitação fossem representativos da situação real, deste ponto de vista. O tanque de ensaios foi preparado de modo a minorar as reflexões no perímetro artificial do modelo, por métodos de absorção passiva.



Figura 2.13 – Situação Atual. Modelo físico após conclusão da construção

Como já foi referido anteriormente, aos ensaios da Situação Atual seguiu-se a realização de um conjunto de ensaios com a Configuração 1 e com a Configuração 2.

As zonas onde foram efetuadas estas alterações estão assinaladas nos círculos da Figura 2.13.

Da Figura 2.14 à Figura 2.16 ilustram-se alguns aspetos relativos às alterações realizadas para a Configuração 1 e a Configuração 2.





Figura 2.14 – Configuração 1. Aspeto da construção. Alteração dos fundos na zona de dragagens



Figura 2.15 – Configuração 1. Aspeto da construção. Zona de abrigo poente



Figura 2.16 – Configuração 2. Aspeto da construção. Terrapleno e zona de abrigo nascente



A Figura 2.17 apresenta um aspeto geral do modelo físico após a implantação da Situação Atual, da Configuração 1 e da Configuração 2.



Figura 2.17 – Modelo físico: a) Situação Atual; b) Configuração 1; c) Configuração 2

Após a construção dos fundos e a reprodução de todas as estruturas integrantes da Situação Atual, instalou-se o equipamento necessário à geração da agitação marítima e aquisição de dados e realizaram-se as séries de ensaios com vista à calibração da agitação marítima incidente.

## 2.5 Equipamento experimental

Os ensaios foram realizados com duas direções da agitação marítima, tendo sido reproduzidos os rumos de E-10-N e SE sobre a batimétrica -30 m (ZH).

Para ambos os rumos, de forma a poder abarcar a totalidade da extensão de obra em estudo, foi utilizado um gerador de ondas irregulares de 6.0 m de comprimento e 0.65 m de altura, com frente de onda suficiente para incidir na totalidade da entrada do porto. Lateralmente à zona de propagação da agitação marítima foram colocadas guias com um desenvolvimento o mais próximo possível do andamento das ortogonais das ondas (Figura 2.18).



Figura 2.18 – Posicionamento do gerador de ondas irregulares e das guias: a) Rumo E-10-N; b) Rumo SE

Com vista ao registo da elevação da superfície livre foi colocado um conjunto de sondas resistivas. Para além da sonda de controlo, colocada junto ao gerador de ondas (P0), foram ainda colocadas mais 40 sondas (P1 a P40) dispostas nas diferentes posições seleccionadas no interior do porto de acordo com o apresentado esquematicamente na Figura 2.19. Foram também colocados 3 velocímetros (ADVs) para a medição da velocidade do escoamento nas 3 posições indicadas na Figura 2.20.



Os registos fotográficos e em filme foram feitos com recurso a máquinas fotográficas de utilização corrente. A Figura 2.21 e a Figura 2.22 ilustram os equipamentos utilizados na medição da elevação da superfície livre e das velocidades, respetivamente.

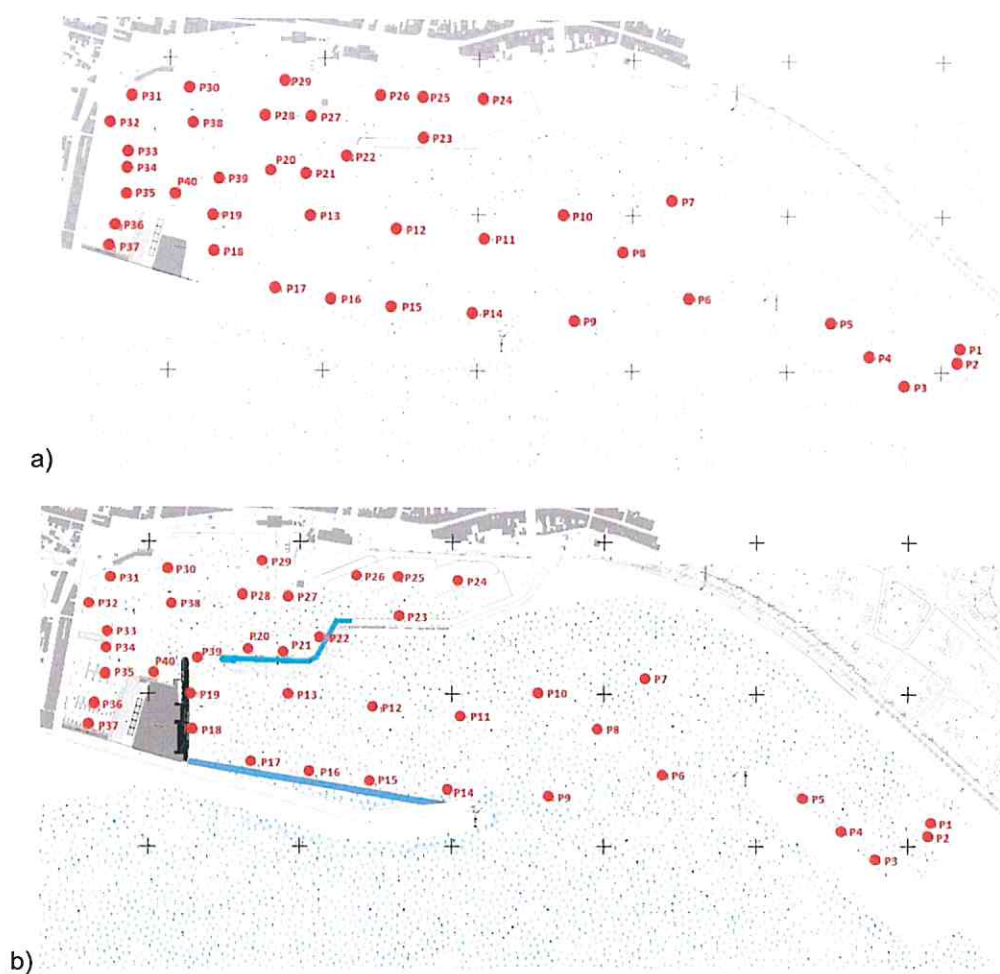


Figura 2.19 – Posicionamento do equipamento de medição da elevação da superfície livre: a) Situação Atual; b) Configuração 1 e 2

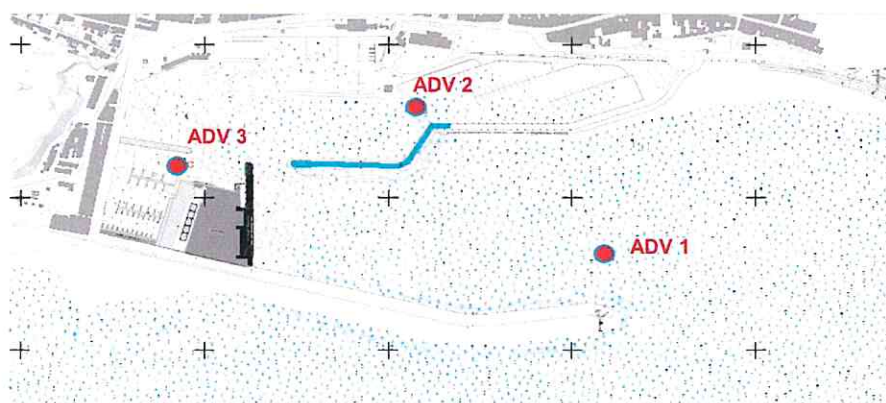


Figura 2.20 – Posicionamento do equipamento de medição das velocidades



Figura 2.21 – Posicionamento no modelo do equipamento de medição da elevação da superfície livre a) Bacia Norte b) e c) Entrada do porto; d) Zona do cais comercial; e) Interior da marina; f) Porto de pesca



Figura 2.22 – Posicionamento no modelo do equipamento de medição das velocidades

## 2.6 Agitação marítima e níveis de maré

O nível de maré e a agitação marítima foram reproduzidos de acordo com as especificações definidas para a realização do estudo pela WW.

Assim, foi simulada a agitação marítima irregular de acordo com uma configuração espectral empírica do tipo JONSWAP (fator de pico  $\gamma=3.3$ ) e contemplando-se a reprodução de grupos de ondas segundo o método utilizado usualmente no LNEC.

Foram reproduzidas as direções de agitação na batimétrica -30.0 m (ZH), correspondentes aos rumos E-10-N e SE às quais se associou a reprodução de 4 valores de período de pico do espectro,  $T_p$ , de 6 s, 9 s, 12 s, 15 s e dois valores de altura de onda significativa,  $H_s$ , próximos de 1.5 m e 3 m, à saída do gerador de ondas irregulares.

Para os ensaios de agitação e de sobrelevações, cada um dos valores de  $H_s$  atuou no modelo durante 3 horas no protótipo (aproximadamente 20 minutos no modelo físico). Estes ensaios foram realizados com o nível de maré único e constante de +1.0 m (ZH), correspondente ao nível médio.

Os ensaios com correntes (com ou sem agitação marítima), apenas se realizaram com o rumo E-10-N. Nestes casos, foi reproduzida uma maré típica de situação de maré viva, com níveis a variarem entre +0.42 m (ZH) (BMAV) e +1.59 m (ZH) (PMAV). As características da agitação marítima foram idênticas às referidas anteriormente, mas a duração dos ensaios foi a correspondente a uma maré completa (aproximadamente 80 minutos no modelo).

Todos os ensaios foram repetidos para confirmação dos resultados obtidos.



### 3 | Ensaio de agitação

#### 3.1 Metodologia

De acordo com o especificado, os ensaios de agitação, para a Situação Atual, para a Configuração 1 e para a Configuração 2, foram realizados com os períodos de pico de 6 s, 9 s, 12 s e 15 s, com alturas de onda significativas de  $H_s=1.5$  m e  $H_s=3$  m e com um nível de maré único e constante de +1.0 m (ZH), correspondente ao nível médio. As direções das ondas consideradas foram E-10-N e SE. Todos os ensaios foram repetidos e nalguns casos duplamente repetidos para reconfirmação de resultados.

Durante os ensaios de agitação, o registo da elevação da superfície livre pelas sondas resistivas foi efetuado num total de 40 pontos, cuja localização se encontra ilustrada na Figura 3.1. Os dados provenientes das sondas foram adquiridos com uma frequência de 128 Hz.

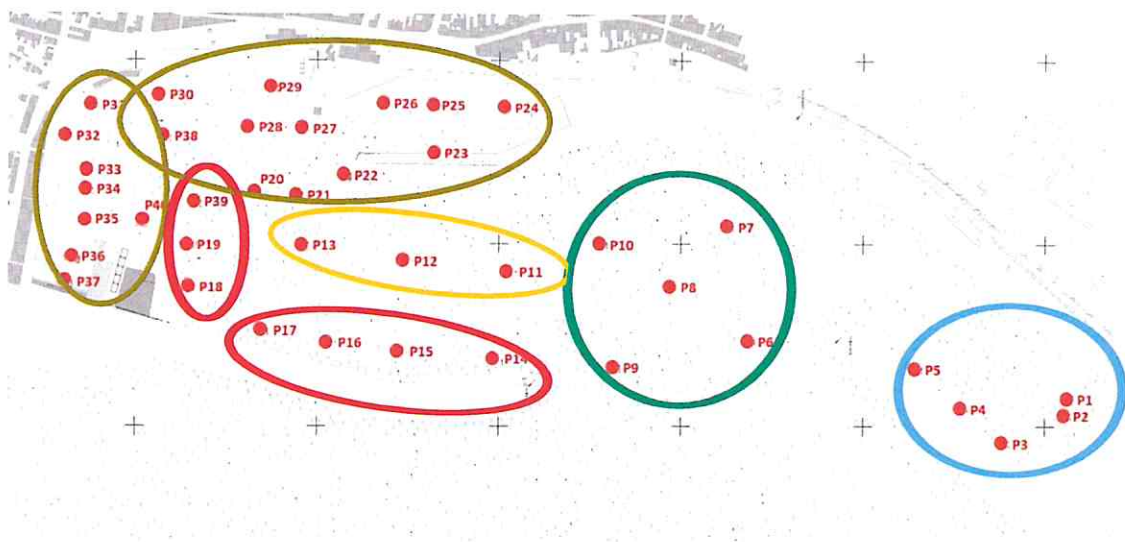


Figura 3.1 – Localização dos pontos de medição da agitação marítima. Indicação do agrupamento de pontos considerado para efeitos de análise de resultados

Foi efetuada uma análise espectral e temporal dos sinais medidos em cada sonda, para obtenção da altura de onda significativa e período de pico respetivos.

Com base nesses valores, foram calculados índices de agitação (IA) através da relação entre a altura de onda significativa medida em cada um dos pontos referidos anteriormente e a altura de onda significativa registada na sonda colocada à saída do gerador, num ponto situado na batimétrica - 30.0 m (ZH), para cada ensaio e repetição. Seguidamente, calcularam-se os índices de agitação médios correspondentes à média dos IA obtidos no ensaio e na respetiva repetição, na medida em

que não foram observadas situações de grande dispersão de resultados.

Faz-se notar que os IA calculados não têm em conta o efeito da ação do vento local, que poderá de alguma forma alterar as condições de tranquilidade da bacia portuária.

Neste capítulo, apresentam-se os resultados dos ensaios de agitação marítima, para cada uma das direções de onda ensaiadas, com as configurações portuárias referentes à Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. É ainda apresentada uma análise comparativa dos índices de agitação obtidos com ambas as configurações, a qual permite inferir quanto aos benefícios obtidos (em termos de diminuição dos índices de agitação marítima) com a implementação das obras das 2 configurações.

De modo a facilitar a visualização dos resultados nos pontos mais abrigados da bacia sul, os 40 pontos de medição da agitação foram separados graficamente em dois grupos de 20 pontos: P1-P19+P39 e P20-P38+P40.

Por outro lado, para facilitar a análise dos resultados efetuou-se 5 agrupamentos de pontos conforme indicado na Figura 3.1.

## 3.2 Resultados dos ensaios

### 3.2.1 Situação Atual

No Anexo I apresentam-se, do Quadro I.1 ao Quadro I.6, os valores dos índices de agitação obtidos nos ensaios e na repetição, bem como a média dos IA obtidos no ensaio e na repetição, relativos à Situação Atual, para os rumos E-10-N e SE.

Da Figura 3.2 à Figura 3.9 apresentam-se os gráficos correspondentes aos índices de agitação médios calculados para a configuração relativa à Situação Atual, para os rumos E-10-N e SE.

Da Figura II.1 à Figura II.8 do Anexo II, os valores dos índices de agitação médios são apresentados em planta.

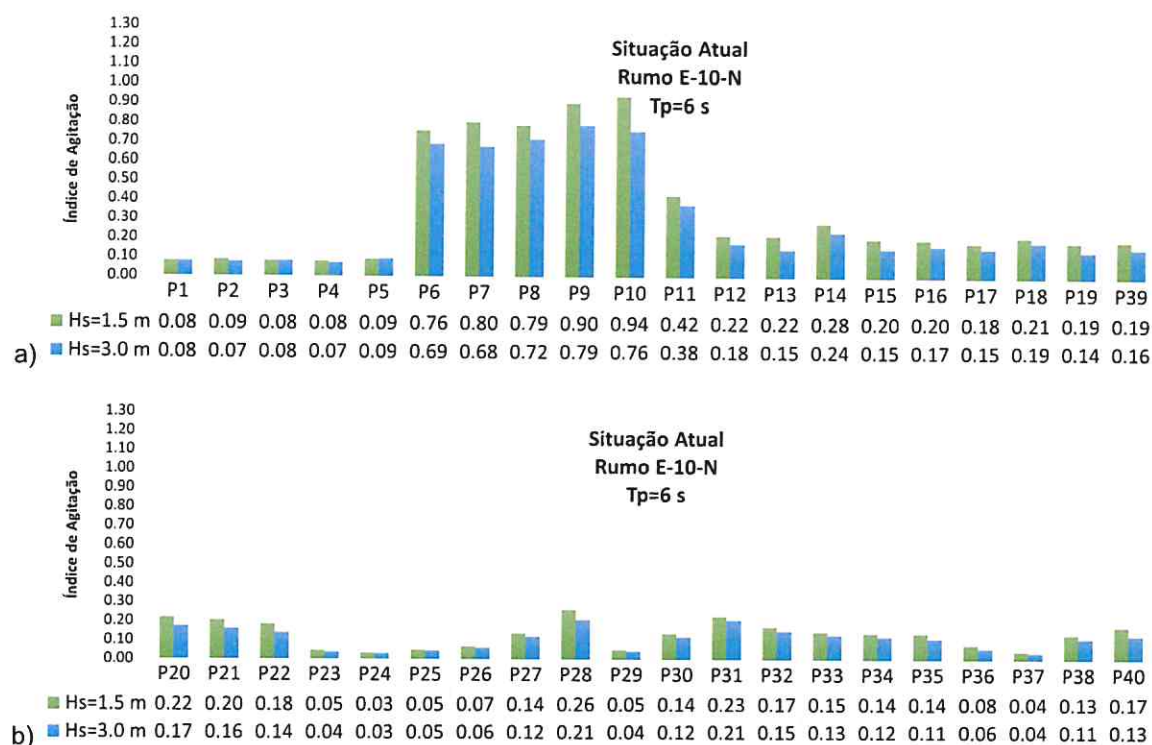


Figura 3.2 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Tp=6 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

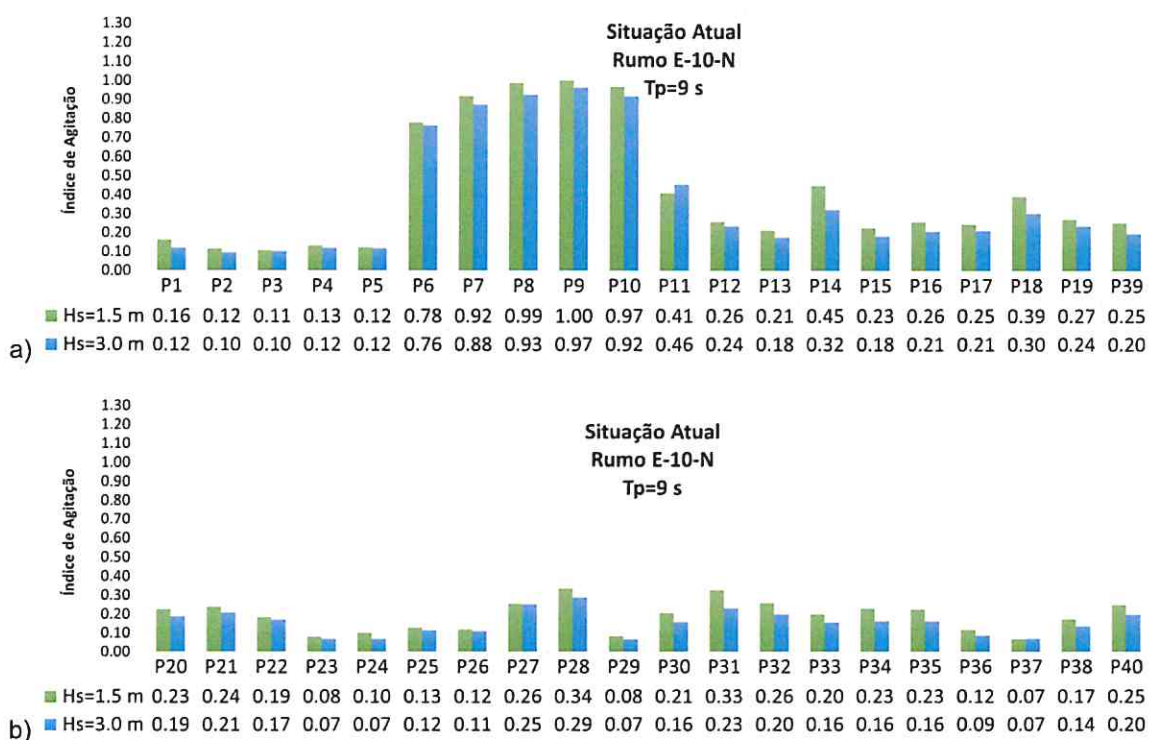


Figura 3.3 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Tp=9 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40



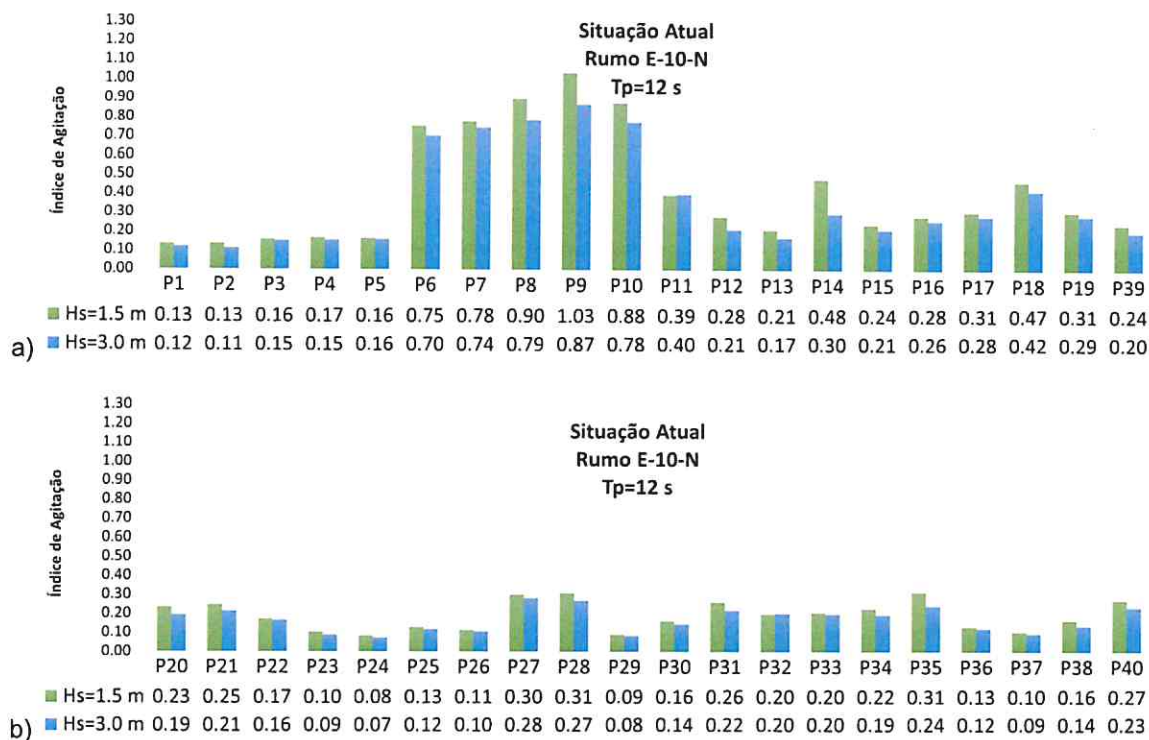


Figura 3.4 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Tp=12 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

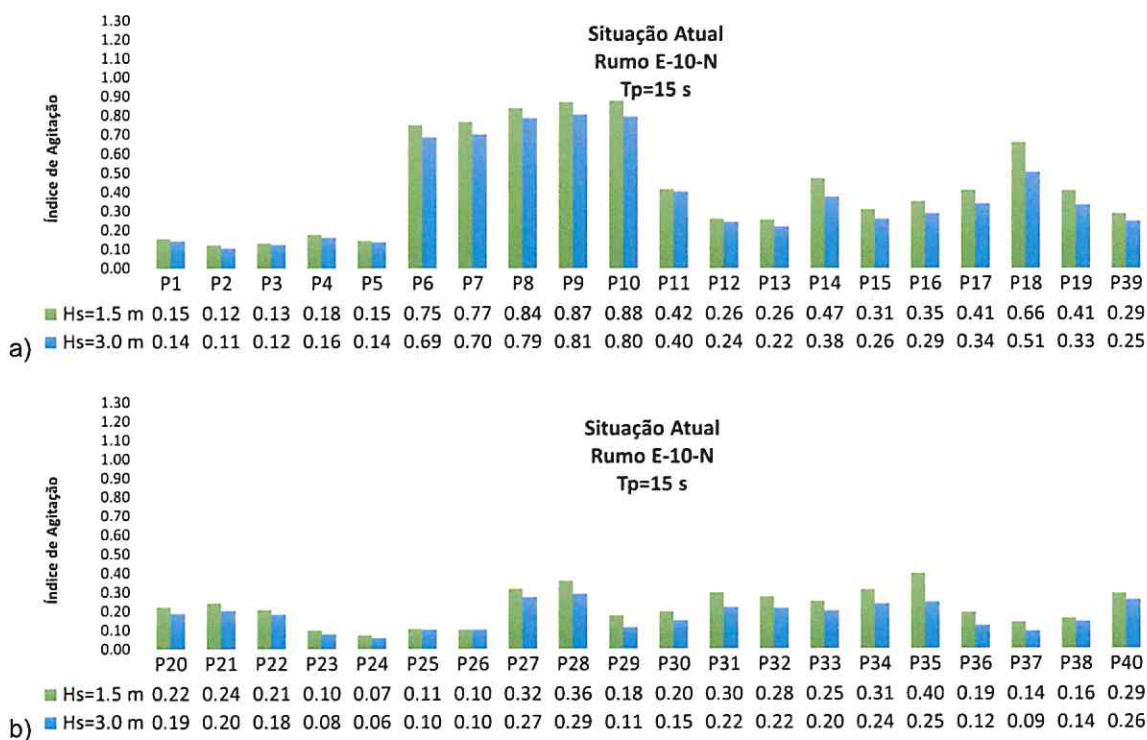


Figura 3.5 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Tp=15 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

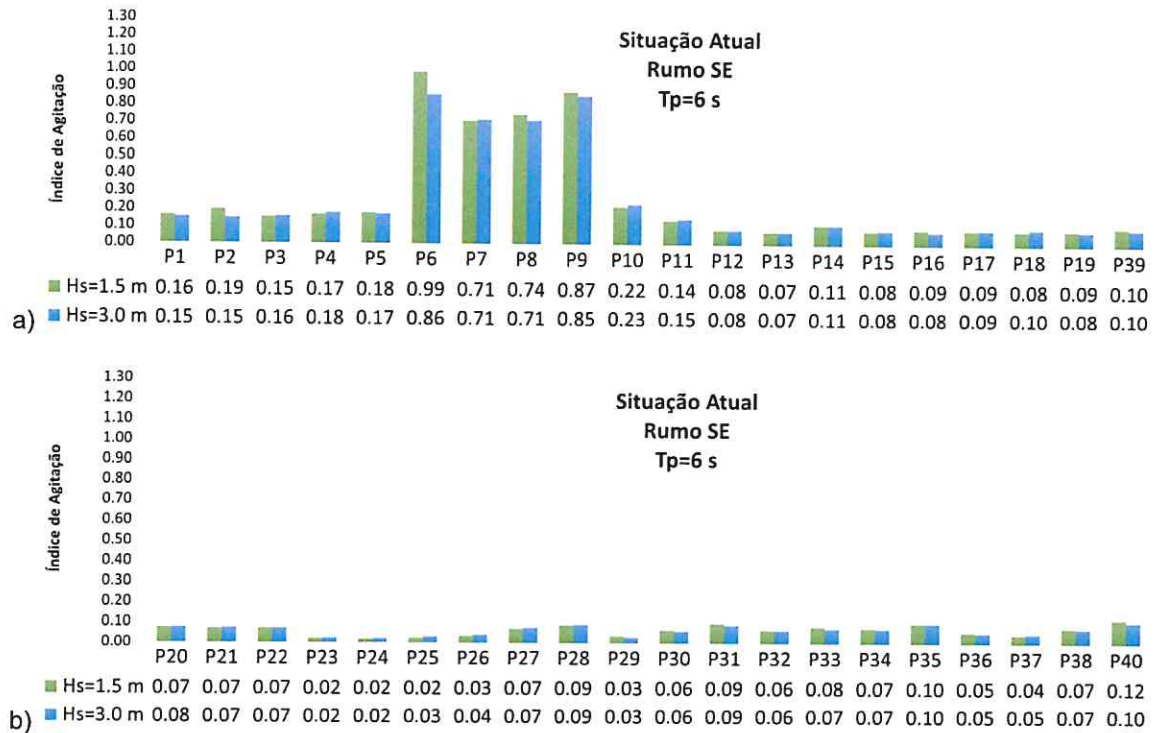


Figura 3.6 – Situação Atual. Rumo SE. Tp=6 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

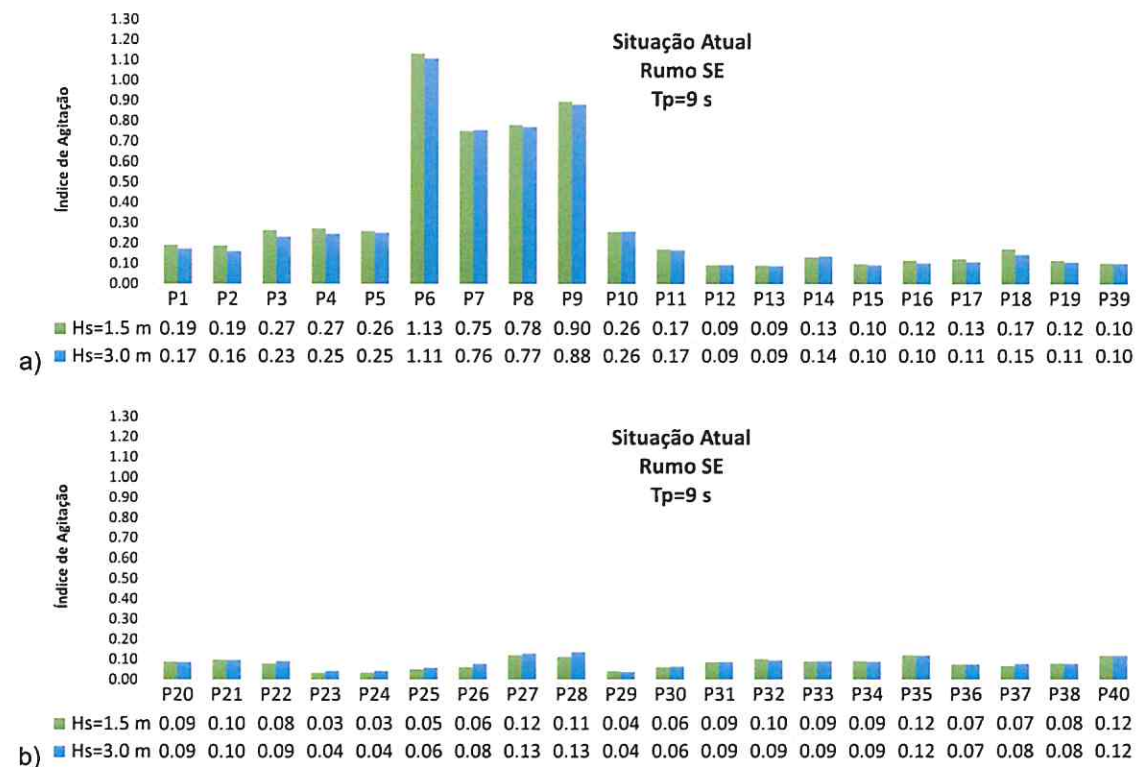


Figura 3.7 – Situação Atual. Rumo SE. Tp=9 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

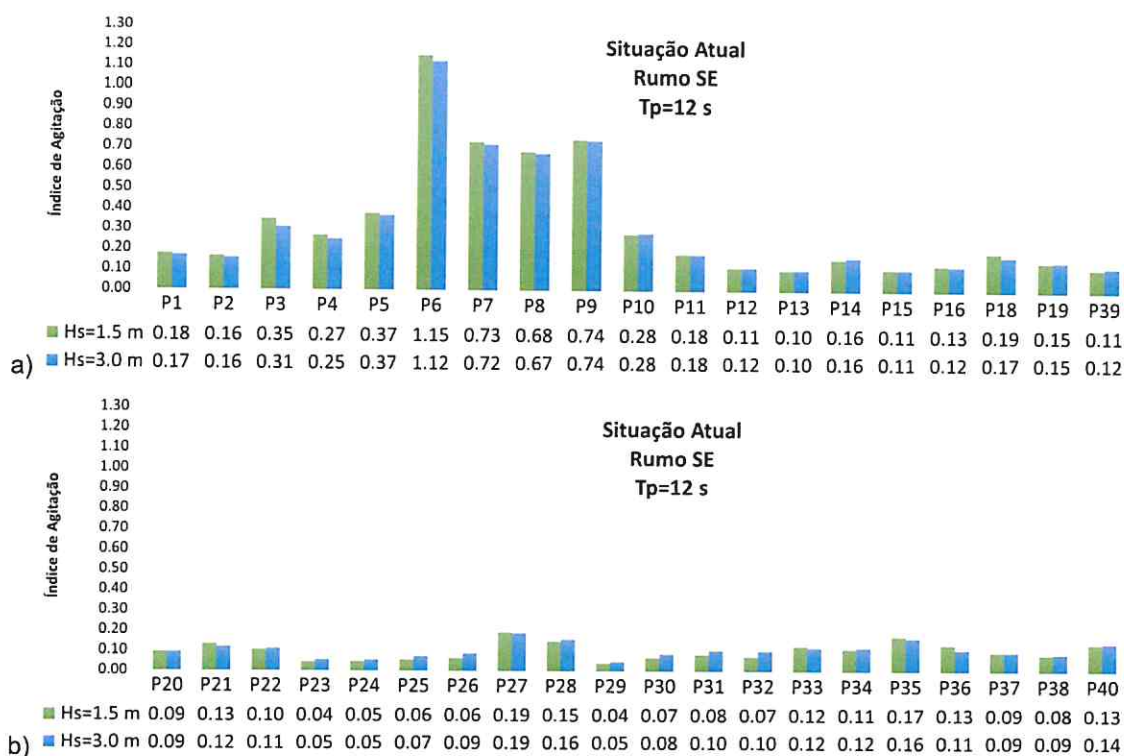


Figura 3.8 – Situação Atual. Rumo SE. Tp=12 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

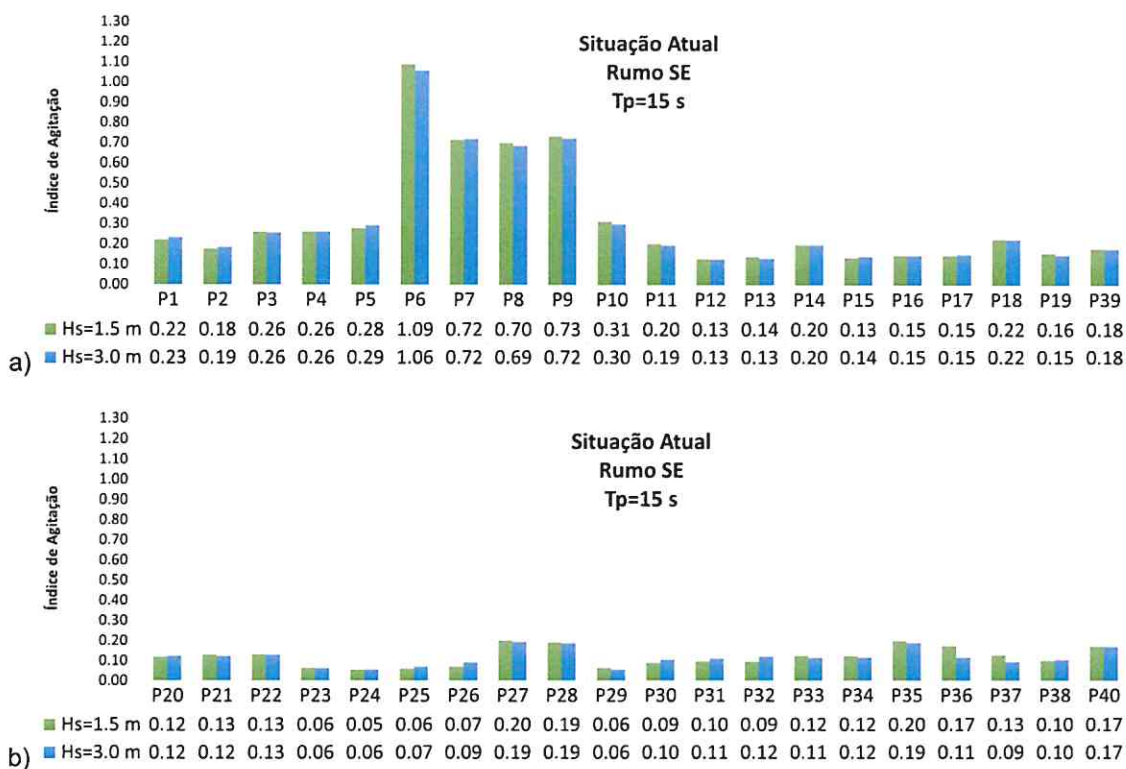


Figura 3.9 – Situação Atual. Rumo SE. Tp=15 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

De acordo com os quadros (Quadro I.1 a Quadro I.6 do Anexo I) e figuras apresentados (Figura 3.2 a Figura 3.9 e Figura II.1 a Figura II.8 do Anexo II), constata-se que, em geral, para todas as condições de ensaio:

- Na bacia norte do porto (P1 a P5), os valores do índice de agitação médios são inferiores aos da zona de entrada do porto (P6 a P10), o que é mais notório para E-10-N do que SE;
- Na bacia sul do porto, os valores dos índices de agitação médios são superiores nos pontos P6 a P19 e P39, aos verificados na zona mais interior do porto, P20 a P38 e P40;
- Os pontos P6 a P9 (zona da entrada do porto) correspondentes à entrada do porto são os que apresentam os maiores valores, para a direção E-10-N enquanto no caso de SE, o ponto P10 também apresenta valores elevados;
- Os pontos P23 a P26 (dentro da marina do porto) e P29 (dentro da 2ª marina do porto) são os que apresentam os menores valores dado o abrigo conferido pelas marinas.

Em geral, os valores dos índices de agitação médios são semelhantes para as duas alturas de onda significativa testadas, embora nalguns casos se verifique que os valores associados a  $H_s=3$  m são ligeiramente inferiores a  $H_s=1.5$  m, o que resulta numa certa não linearidade.

Em geral, há uma tendência de aumento dos valores dos índices de agitação médios com o aumento do período da onda, embora para alguns casos os valores obtidos nos ensaios com  $T_p=12$  s sejam ligeiramente superiores aos obtidos nos ensaios com  $T_p=15$  s.

Em geral, para a direção de onda incidente de E-10-N, os valores de índices de agitação médios são maiores nos pontos P14 a P19 e nos pontos do interior do porto P20 a P40, face ao observado na direção de onda SE. O contrário sucede para os pontos P1 a P5 em que há menor abrigo da incidência da agitação de SE face a E-10-N.

### 3.2.2 Configuração 1

No Anexo I apresentam-se, do Quadro I.7 ao Quadro I.12, os valores dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições, e os médios (média dos IA obtidos no ensaio e na repetição) calculados para a configuração relativa à Configuração 1, para os rumos E-10-N e SE.

Da Figura 3.10 à Figura 3.17 apresentam-se os índices de agitação médios calculados para a configuração relativa à Configuração 1, para os rumos E-10-N e SE.

No Anexo II apresentam-se estes valores em planta da Figura II.9 à Figura II.16.



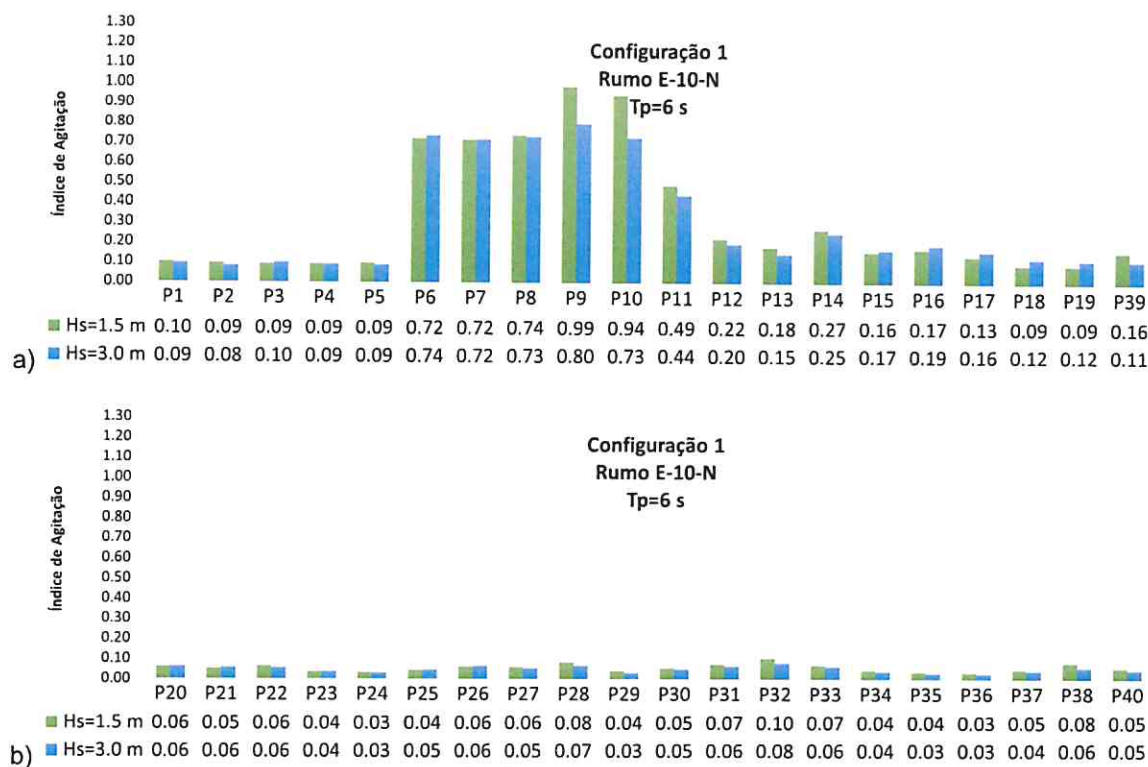


Figura 3.10 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Tp=6 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

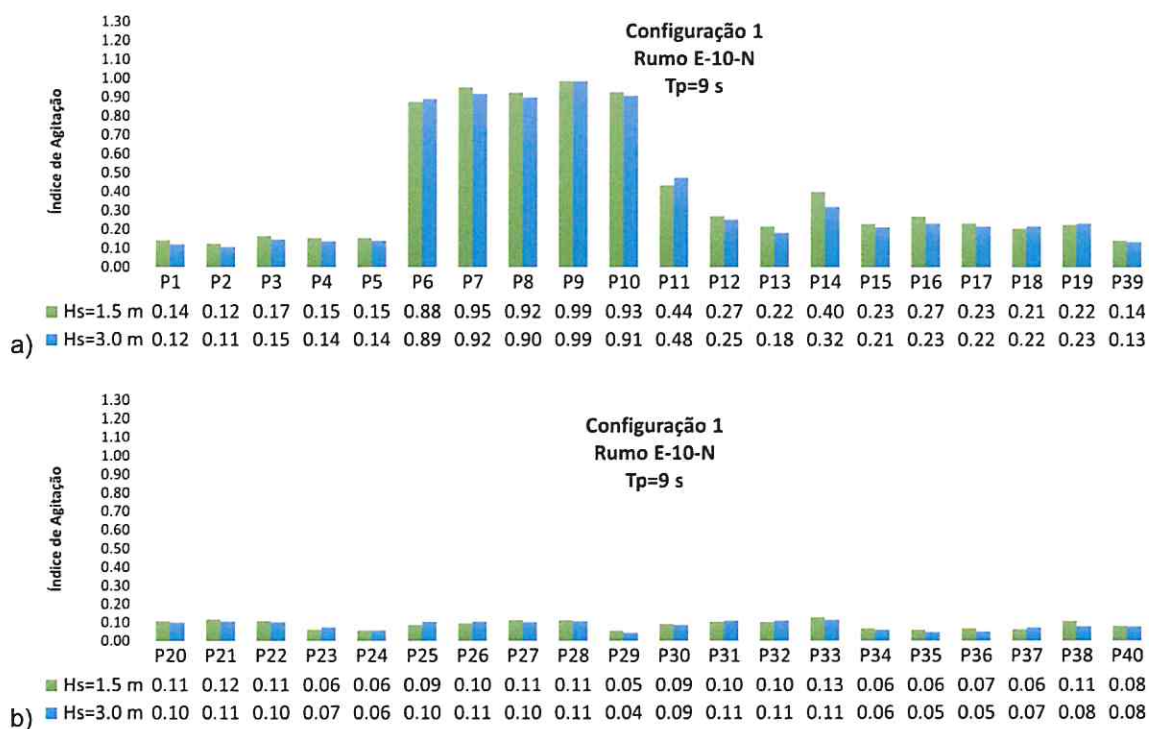


Figura 3.11 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Tp=9 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

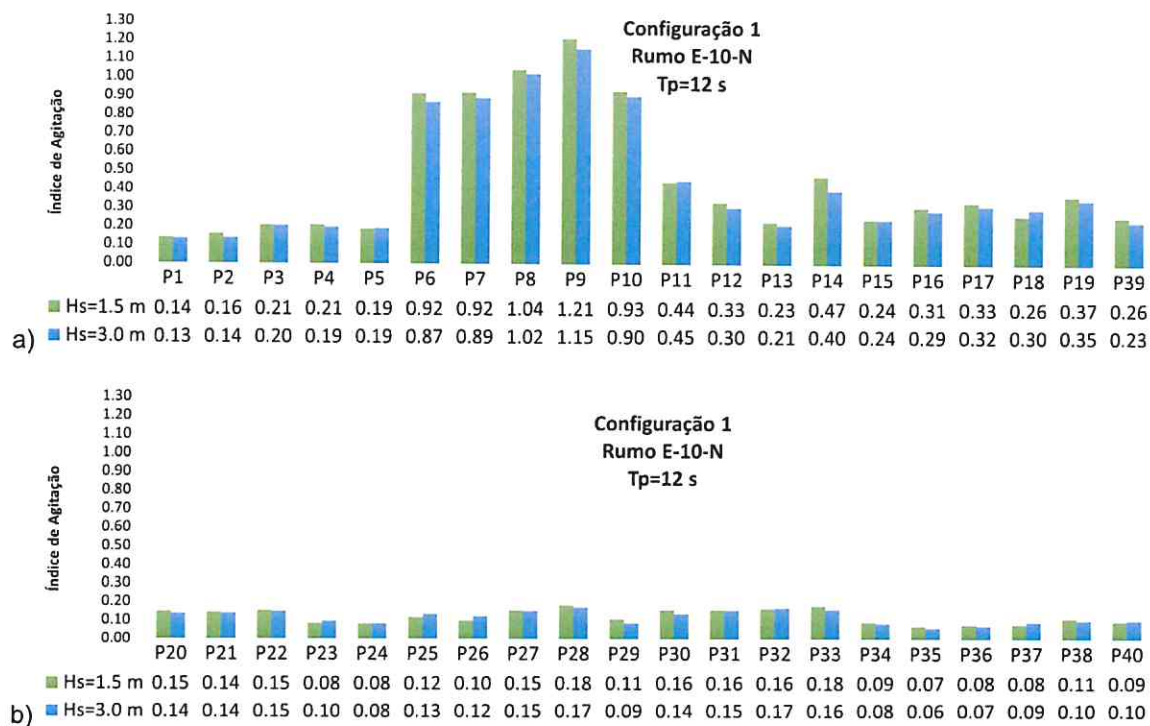


Figura 3.12 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Tp=12 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

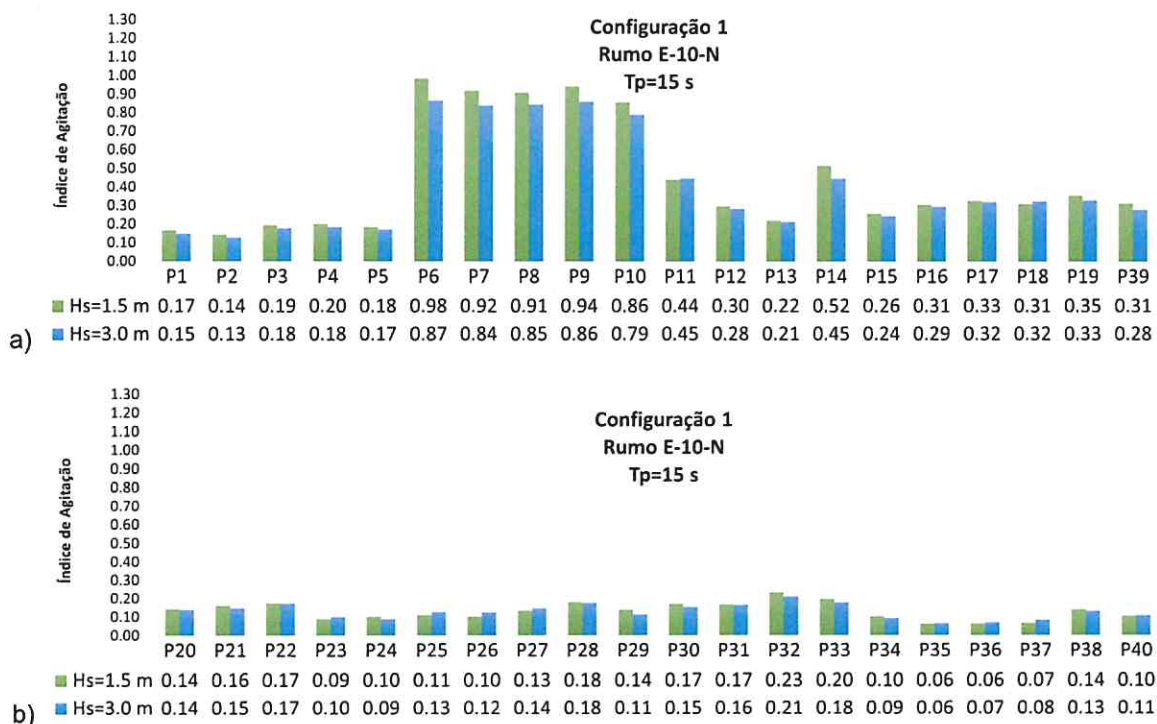


Figura 3.13 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Tp=15 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

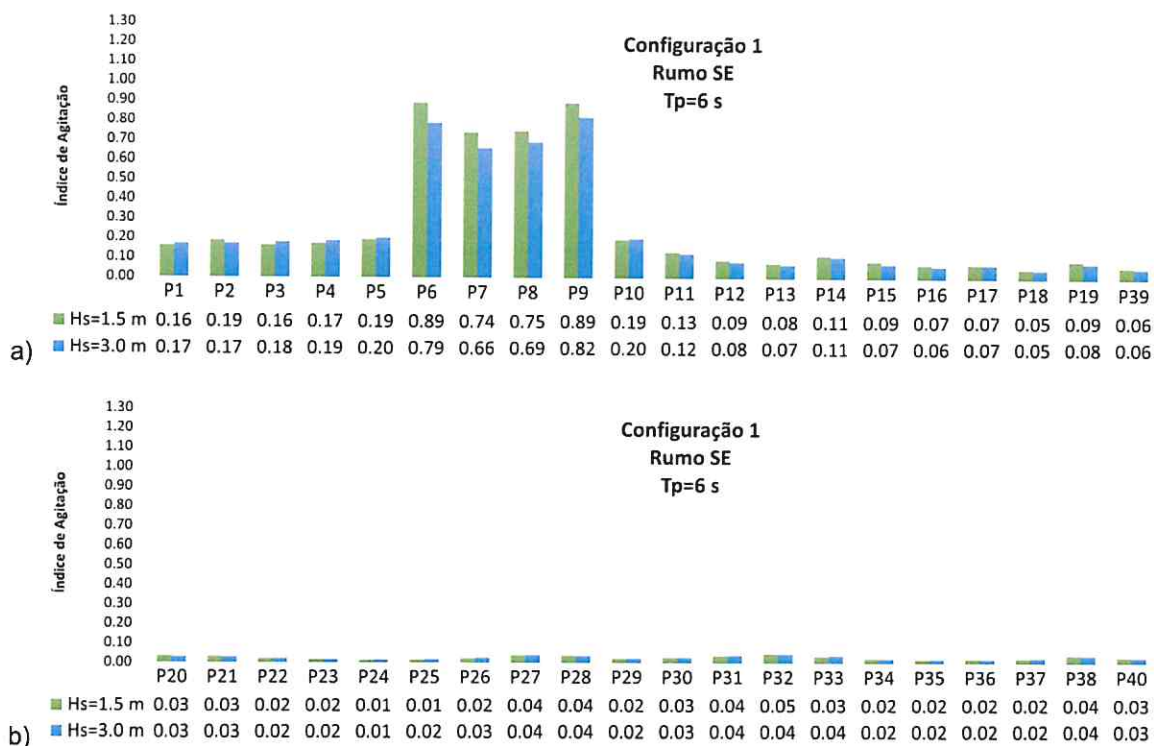


Figura 3.14 – Configuração 1. Rumo SE. Tp=6 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

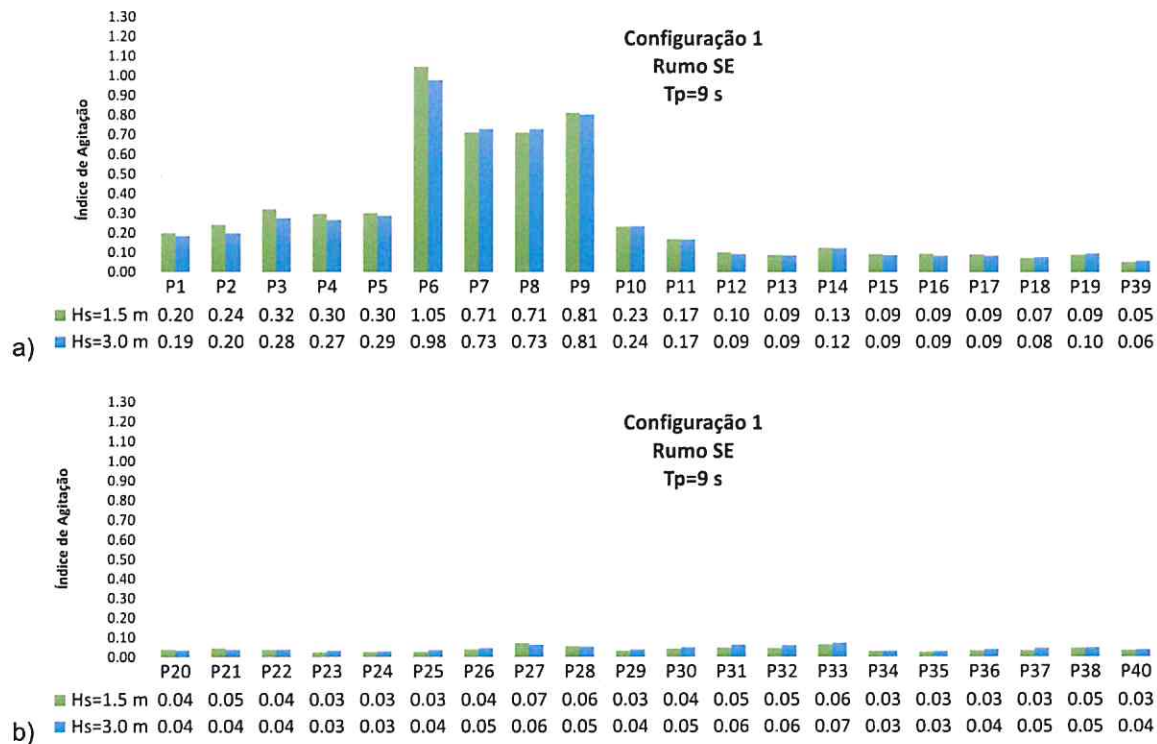


Figura 3.15 – Configuração 1. Rumo SE. Tp=9 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

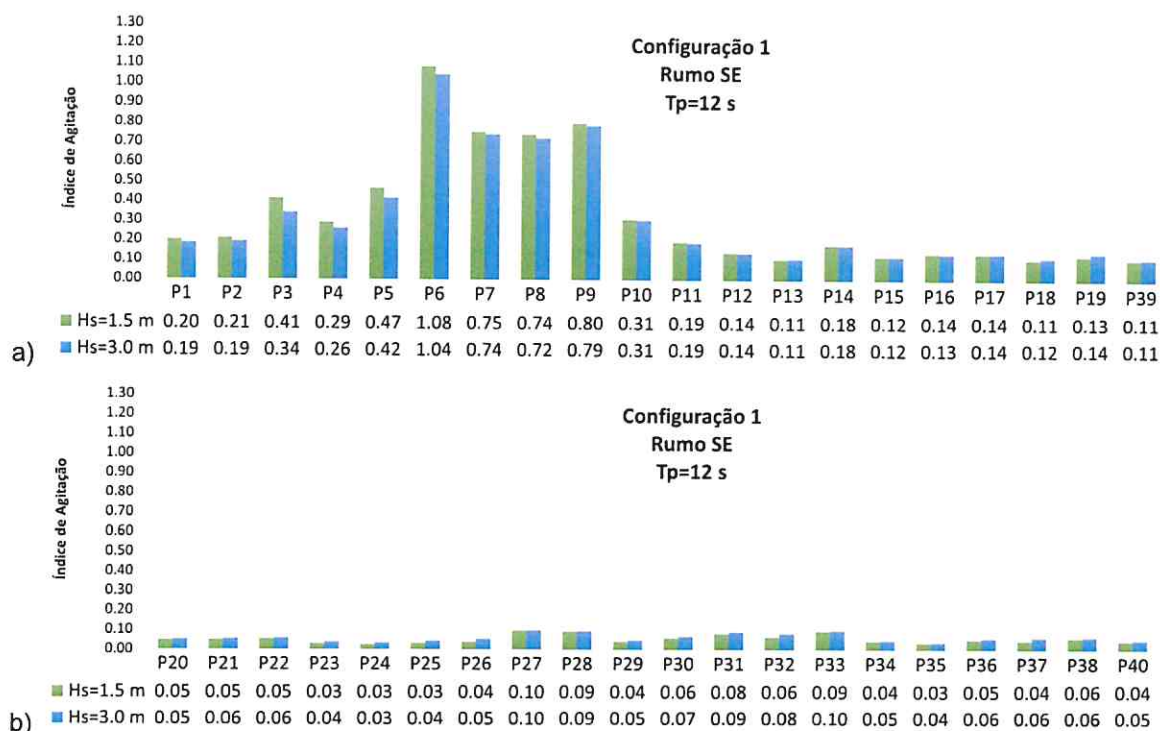


Figura 3.16 – Configuração 1. Rumo SE. Tp=12 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

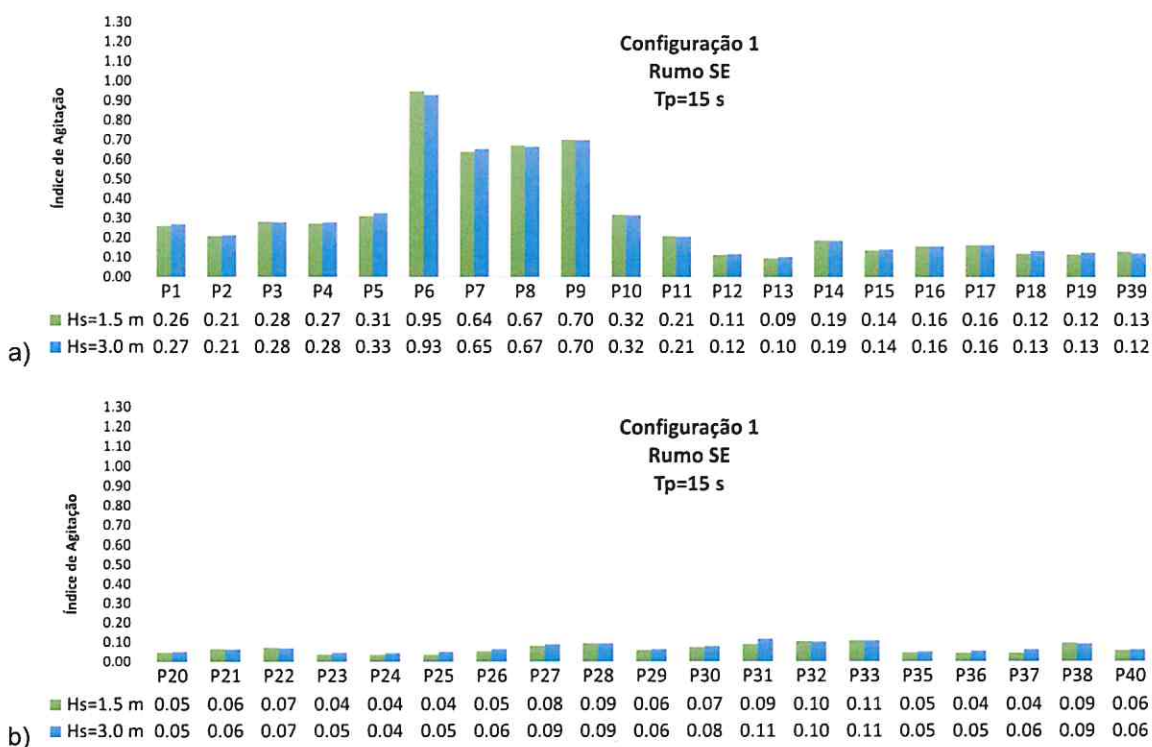


Figura 3.17 – Configuração 1. Rumo SE. Tp=15 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40



De acordo com os quadros (Quadro I.7 a Quadro I.12 do Anexo I) e figuras apresentados (Figura 3.10 e Figura 3.17 e Figura II.9 a Figura II.16 do Anexo II) constata-se conclusões semelhantes às observadas para a Situação Atual, apesar de ocorrerem algumas diferenças principalmente na zona mais interior da bacia sul do porto.

Assim, verifica-se que, em geral, para todas as condições de ensaio:

- Na bacia norte do porto (P1 a P5), os valores do índice de agitação médios são inferiores aos da zona de entrada do porto (P6 a P10), o que é mais notório para E-10-N do que SE;
- Na bacia sul do porto, os valores dos índices de agitação médios são muito superiores nos pontos P6 a P19 e P39, aos verificados na zona mais interior do porto, P20 a P38 e P40;
- Os pontos P6 a P9 (SE) e P6 a 10 (E-10-N) na zona de entrada do porto são os que apresentam os maiores valores para ambas as direções de onda incidente, pois são os pontos que estão mais expostos às direções incidentes;
- Os pontos P20 a P38 e P40 (bacia sul do porto) são os que apresentam os menores valores do índice de agitação médios, o que é claramente notório no rumo SE.

Em geral, os valores dos índices de agitação médios são semelhantes para as duas alturas de onda significativa testadas, embora sejam frequentes casos em se verifica que os valores associados a  $H_s=3$  m são ligeiramente inferiores a  $H_s=1.5$  m.

Em geral, há uma tendência de aumento dos valores dos índices de agitação médios com o período de pico da onda, embora para alguns casos e, principalmente para o maior período, tal já não se verifique em alguns grupos de pontos.

No que diz respeito à bacia sul, em geral, para a direção de onda incidente de E-10-N, os valores de índices de agitação médios são maiores nos pontos P11 a P19 e P39, e principalmente, nos pontos do interior do porto P20 a P40, face ao observado na direção de onda SE. O contrário sucede para a bacia norte do porto, na qual se verifica que os pontos P1 a P5 apresentam maiores valores para SE do que E-10-N dado que há um menor abrigo da incidência da agitação marítima de SE face a E-10-N.

### 3.2.3 Configuração 2

No Anexo I apresentam-se do Quadro I.13 ao Quadro I.18 os valores dos índices de agitação obtidos nos ensaios e na repetição, e os médios (média dos IA obtidos nos ensaio e na repetição) calculados para a configuração relativa à Configuração 2, para os rumos E-10-N e SE.

Da Figura 3.18 à Figura 3.25 apresentam-se os índices de agitação médios calculados para a configuração relativa à Configuração 2, para os rumos E-10-N e SE.

No Anexo II apresentam-se estes valores em planta da Figura II.17 à Figura II.24.

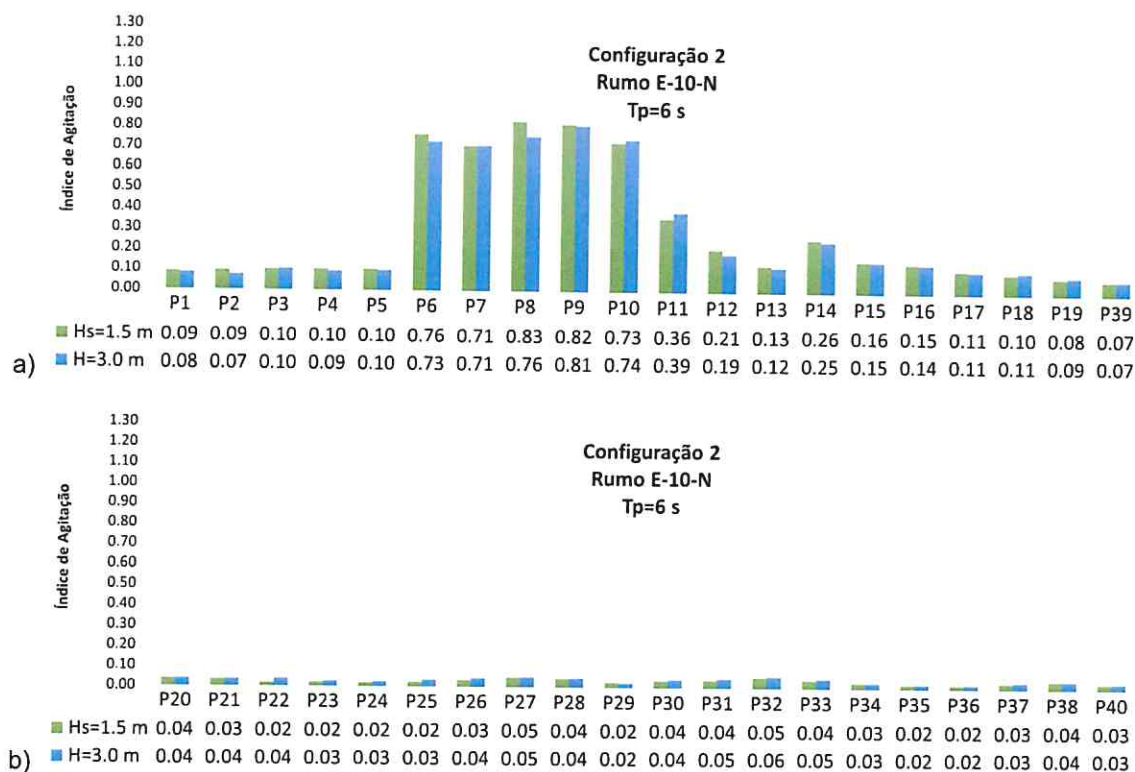


Figura 3.18 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Tp=6 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

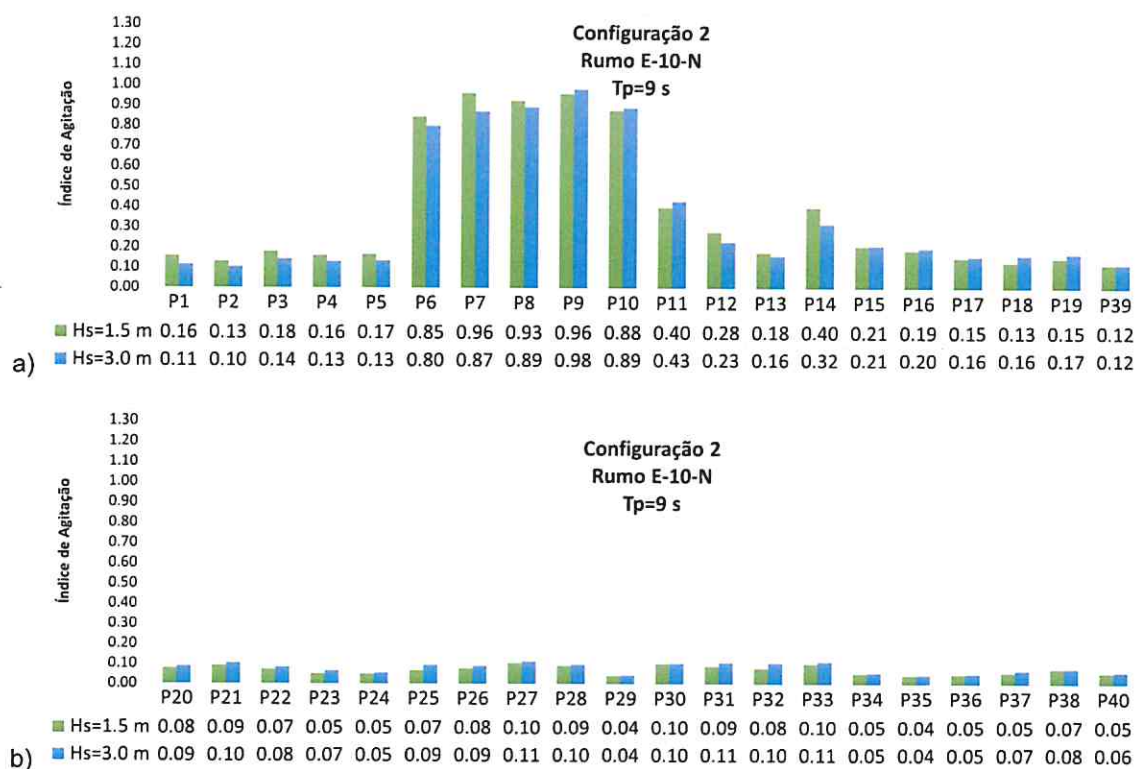


Figura 3.19 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Tp=9 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

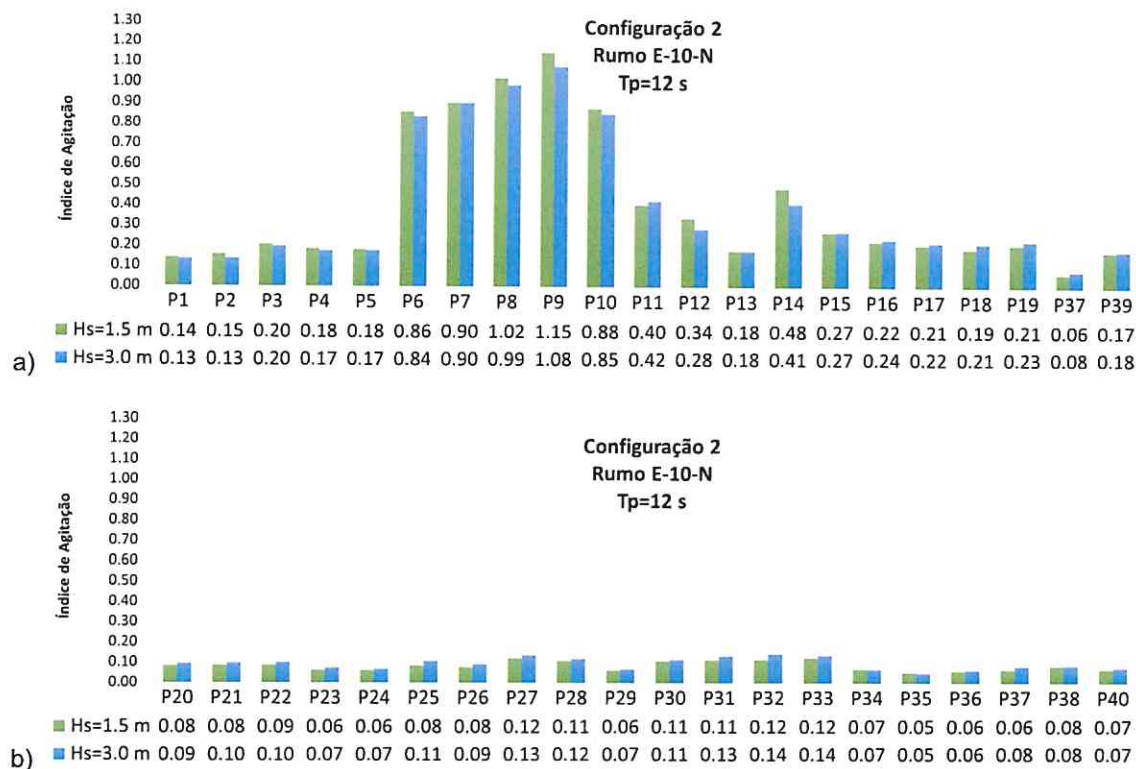


Figura 3.20 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Tp=12 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

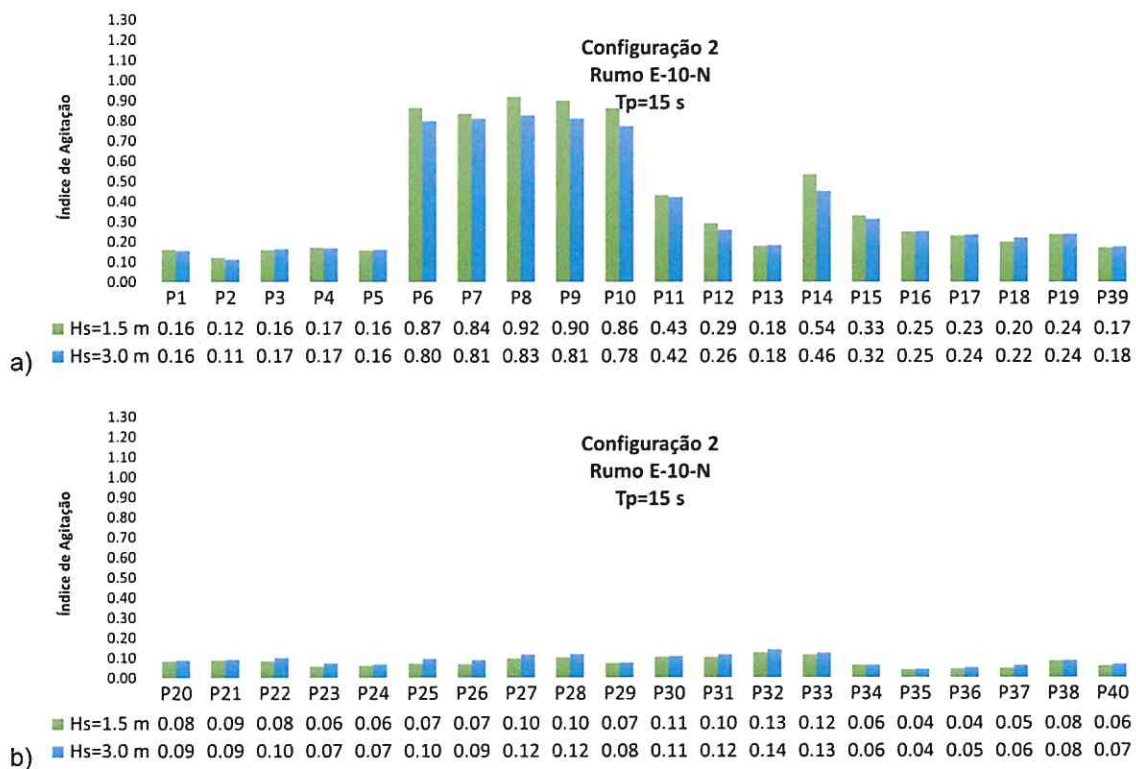


Figura 3.21 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Tp=15 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

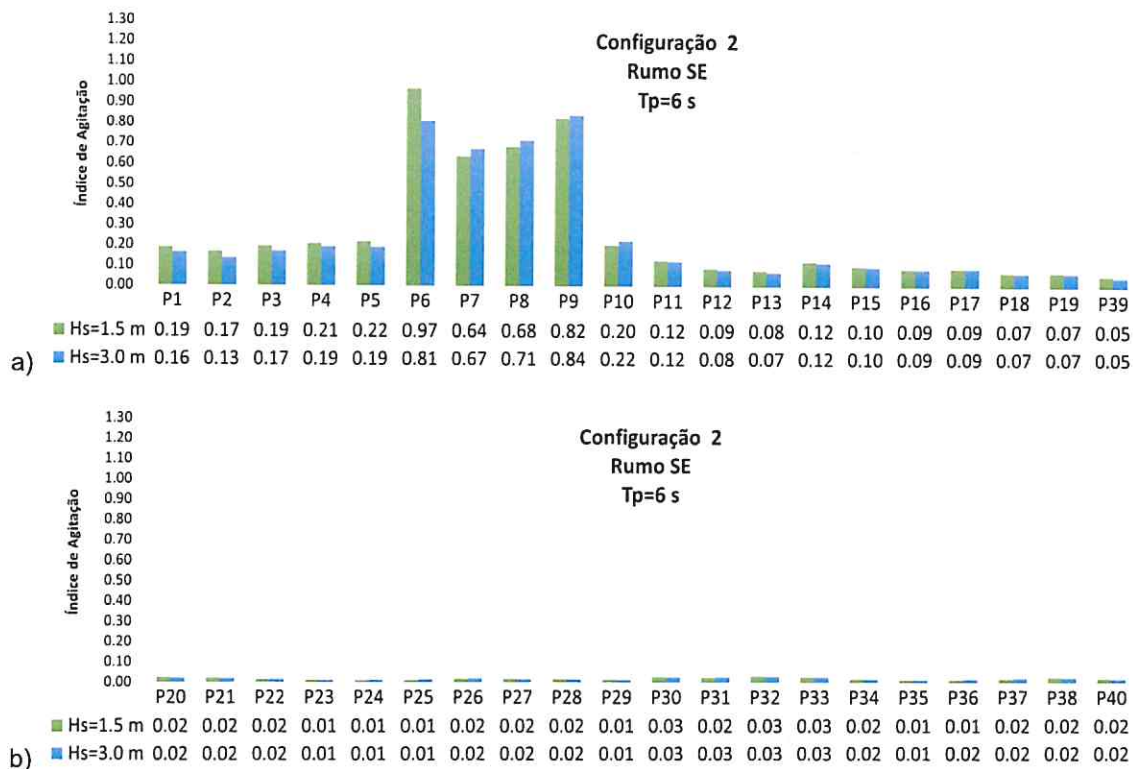


Figura 3.22 – Configuração 2. Rumo SE Tp=6 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40

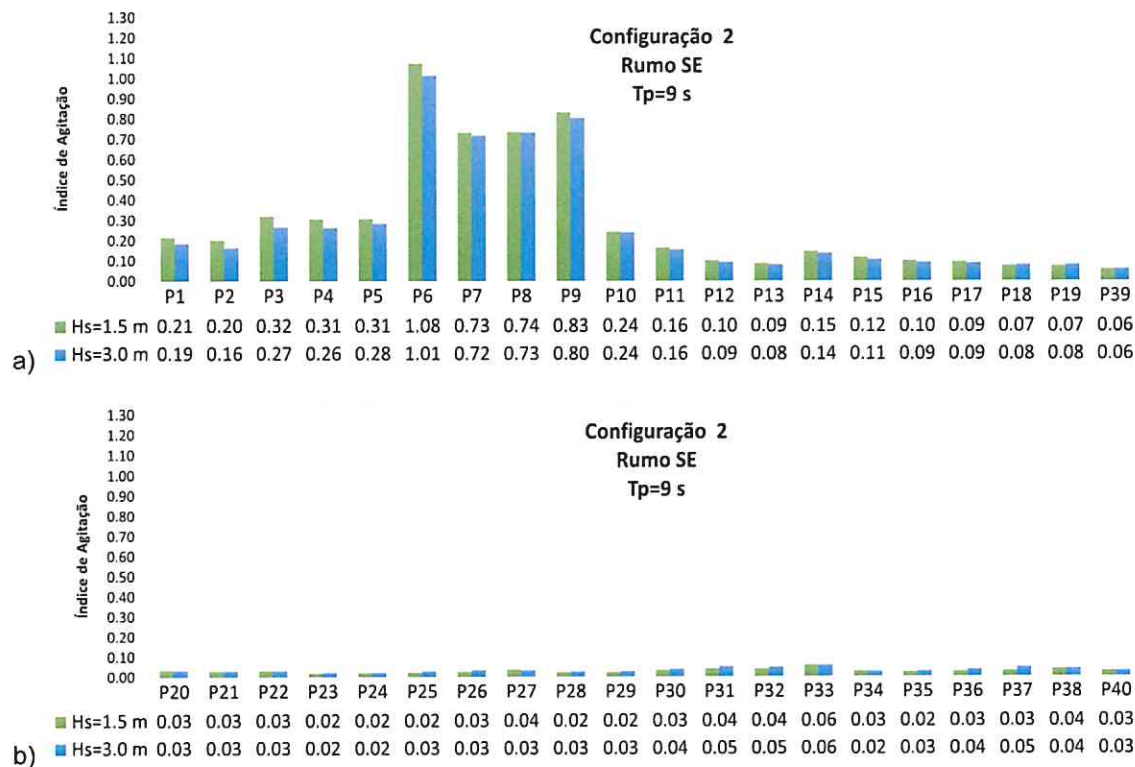


Figura 3.23 – Configuração 2. Rumo SE. Tp=9 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40



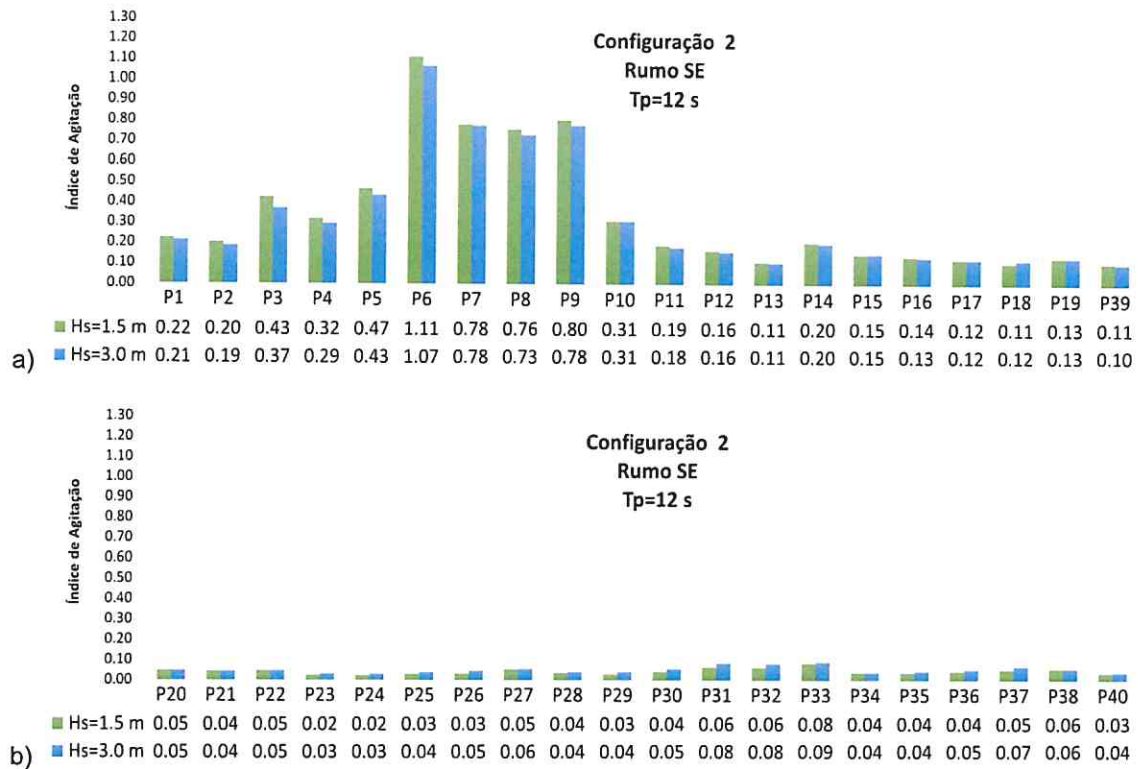


Figura 3.24 – Configuração 2. Rumo SE. Tp=12 s. Índices de agitação médios a) Pontos P1 a P19 e P39 b) Pontos P20 a P38 e P40

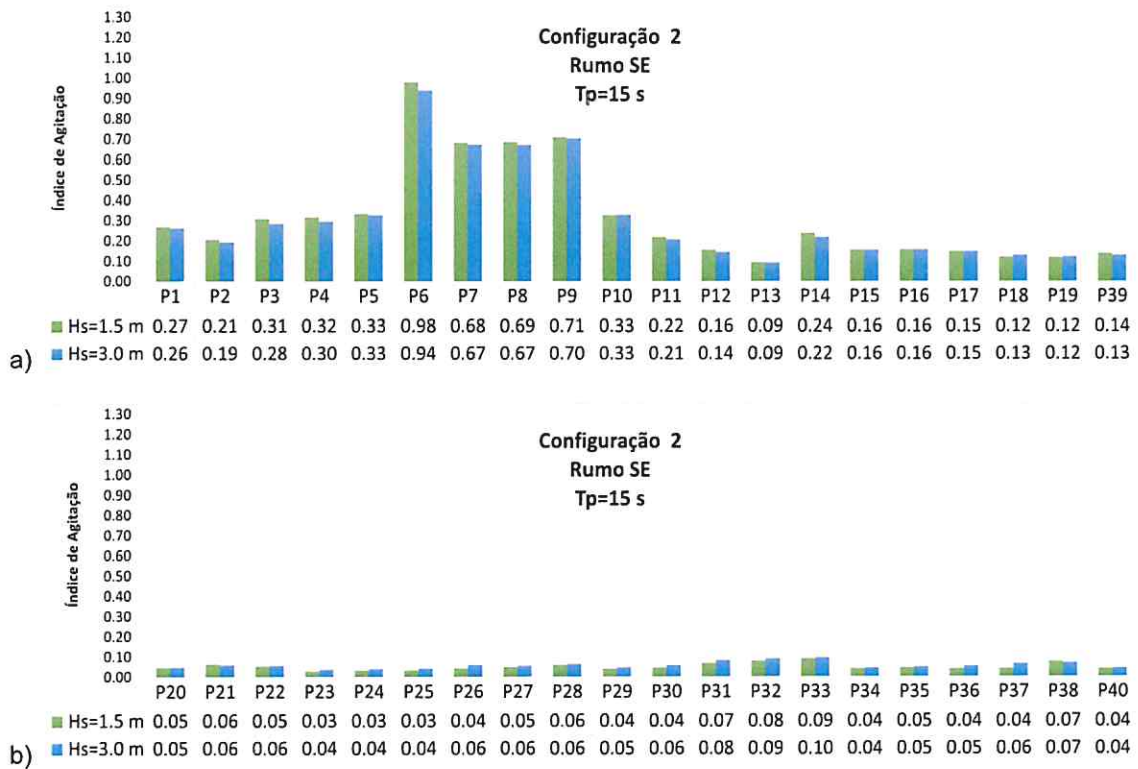


Figura 3.25 – Configuração 2. Rumo SE. Tp=15 s. Índices de agitação médios: a) Pontos P1 a P19 e P39; b) Pontos P20 a P38 e P40



De acordo com os quadros (Quadro I.13 a Quadro I.18 do Anexo I) e figuras apresentados (Figura 3.18 e Figura 3.25 e Figura II.17 e Figura II.24 do Anexo II) constata-se conclusões muito semelhantes às observadas para a Configuração 1, apesar de ligeiras diferenças, que serão detalhadas no ponto 3.3.

### 3.3 Análise comparativa de resultados

Nesta secção é apresentada uma análise comparativa dos índices de agitação obtidos durante os ensaios realizados com as configurações portuárias relativas à Situação Atual, a Configuração 1 e a Configuração 2.

#### 3.3.1 Rumo E-10-N

No que diz respeito aos ensaios realizados com o rumo E-10-N, da Figura 3.26 à Figura 3.29 são ilustrados graficamente os índices de agitação médios obtidos com as três configurações durante os ensaios realizados com os períodos de pico  $T_p=6$  s, 9 s, 12 s e 15 s, cada um deles associados às alturas de onda significativas  $H_s=1.5$  m e  $H_s=3$  m, respetivamente.

Da Figura 3.30 à Figura 3.33, apresenta-se a variação dos índices calculados a partir dos resultados obtidos com as Configurações 1 e 2, respetivamente, face à Situação Atual. Os valores positivos desta percentagem correspondem a uma diminuição dos índices de agitação na Configuração 1 (ou Configuração 2) face à Situação Atual, i.e., a uma melhoria das condições de abrigo da zona portuária na Configuração 1 (ou Configuração 2). Os valores negativos correspondem ao inverso, a piores condições de abrigo da Configuração 1 (ou Configuração 2).

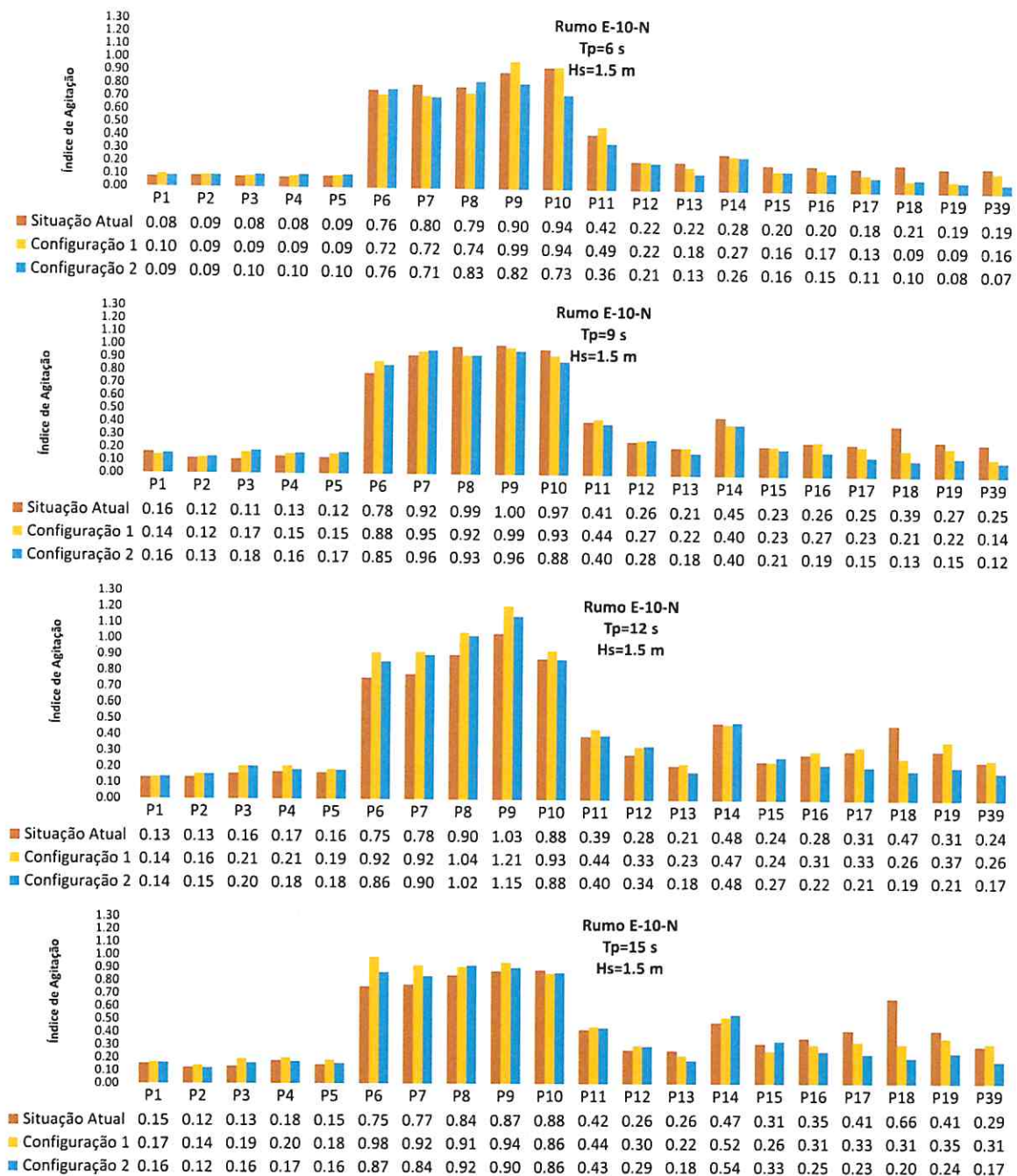


Figura 3.26 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s e Hs=1.5 m. Índices de agitação médios. Pontos P1 a P19 e P39

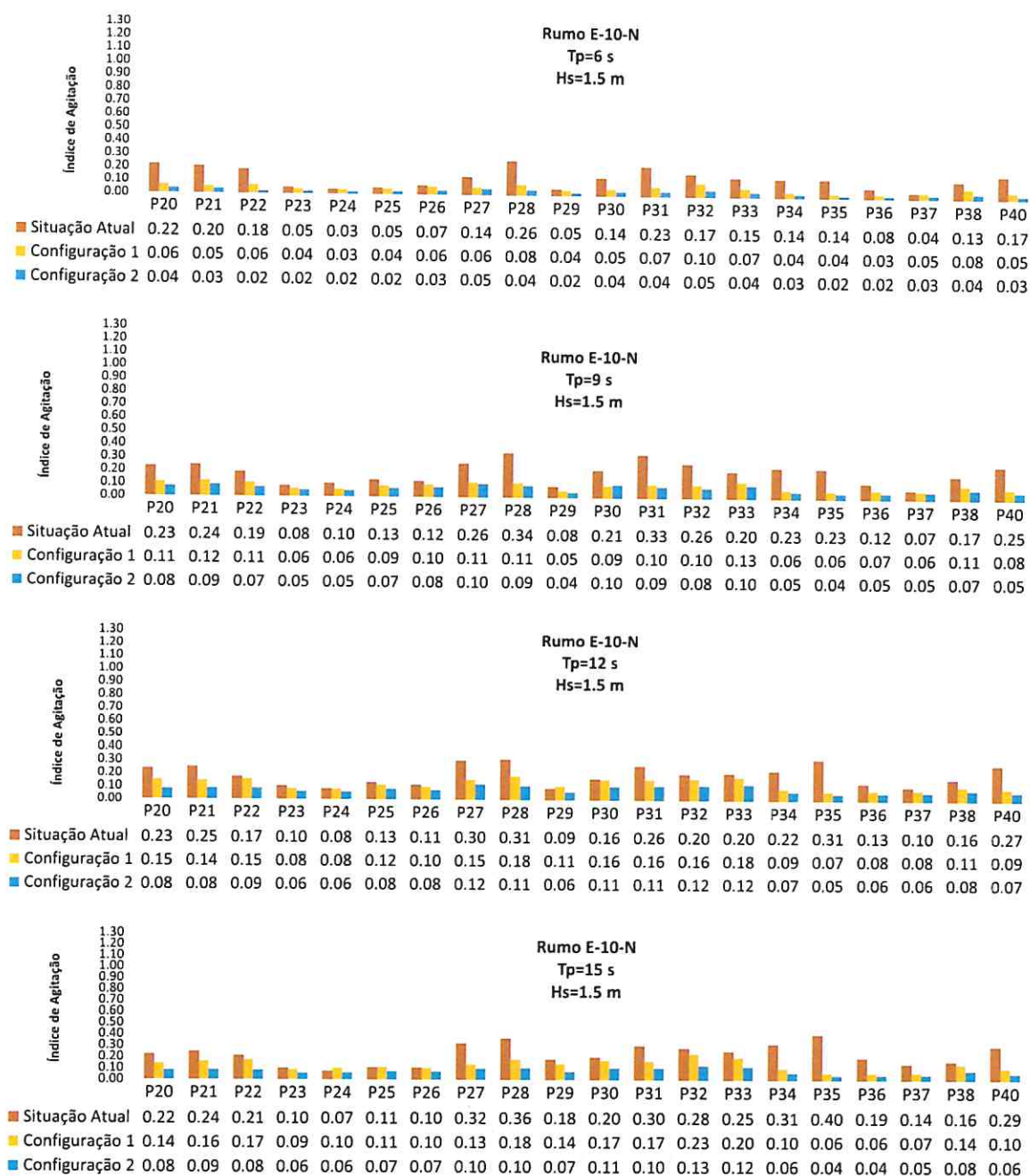


Figura 3.27 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s e Hs=1.5 m. Índices de agitação médios. Pontos P20 a P38 e P40

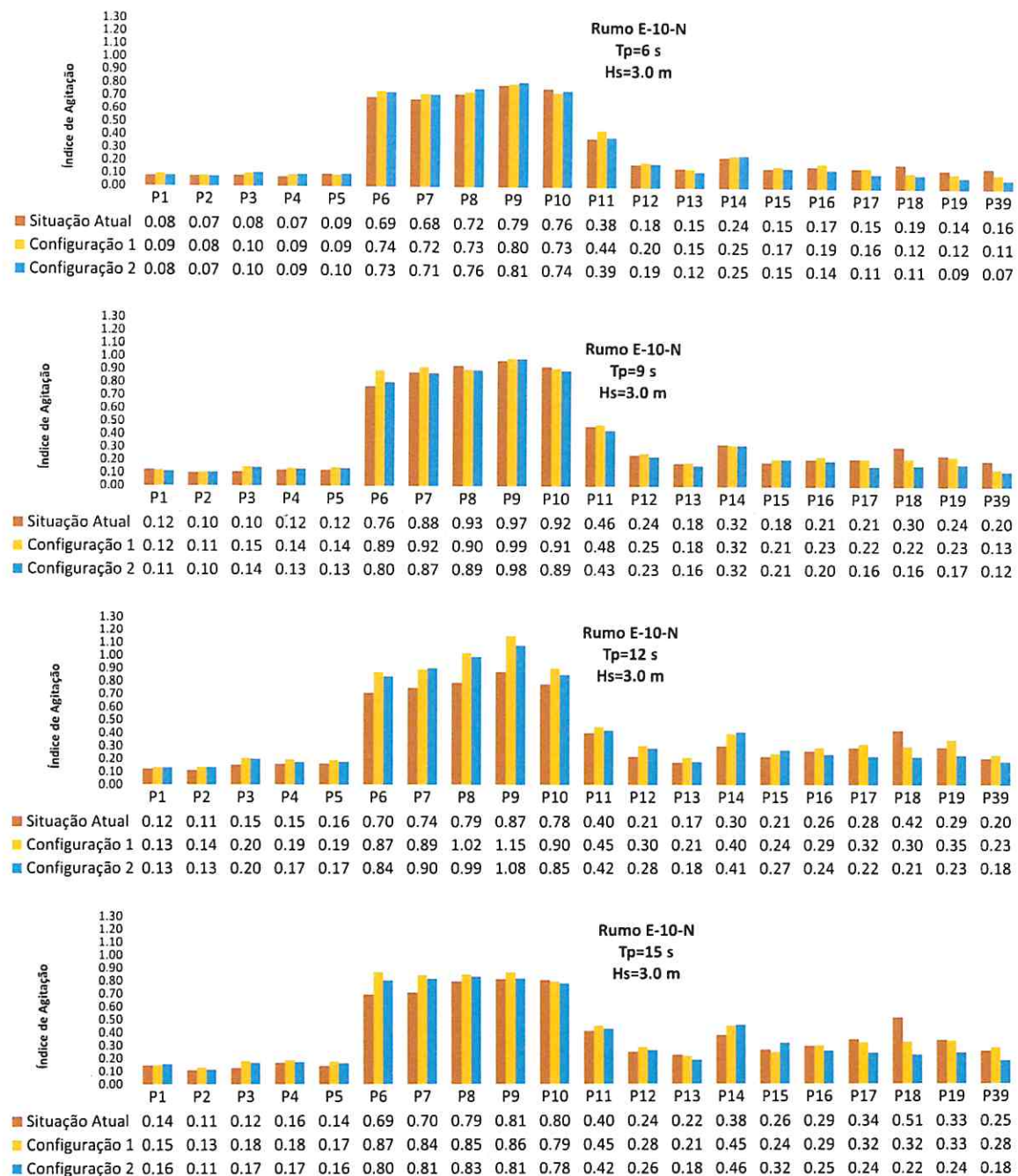


Figura 3.28 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s e Hs=3.0 m. Índices de agitação médios. Pontos P1 a P19 e P39



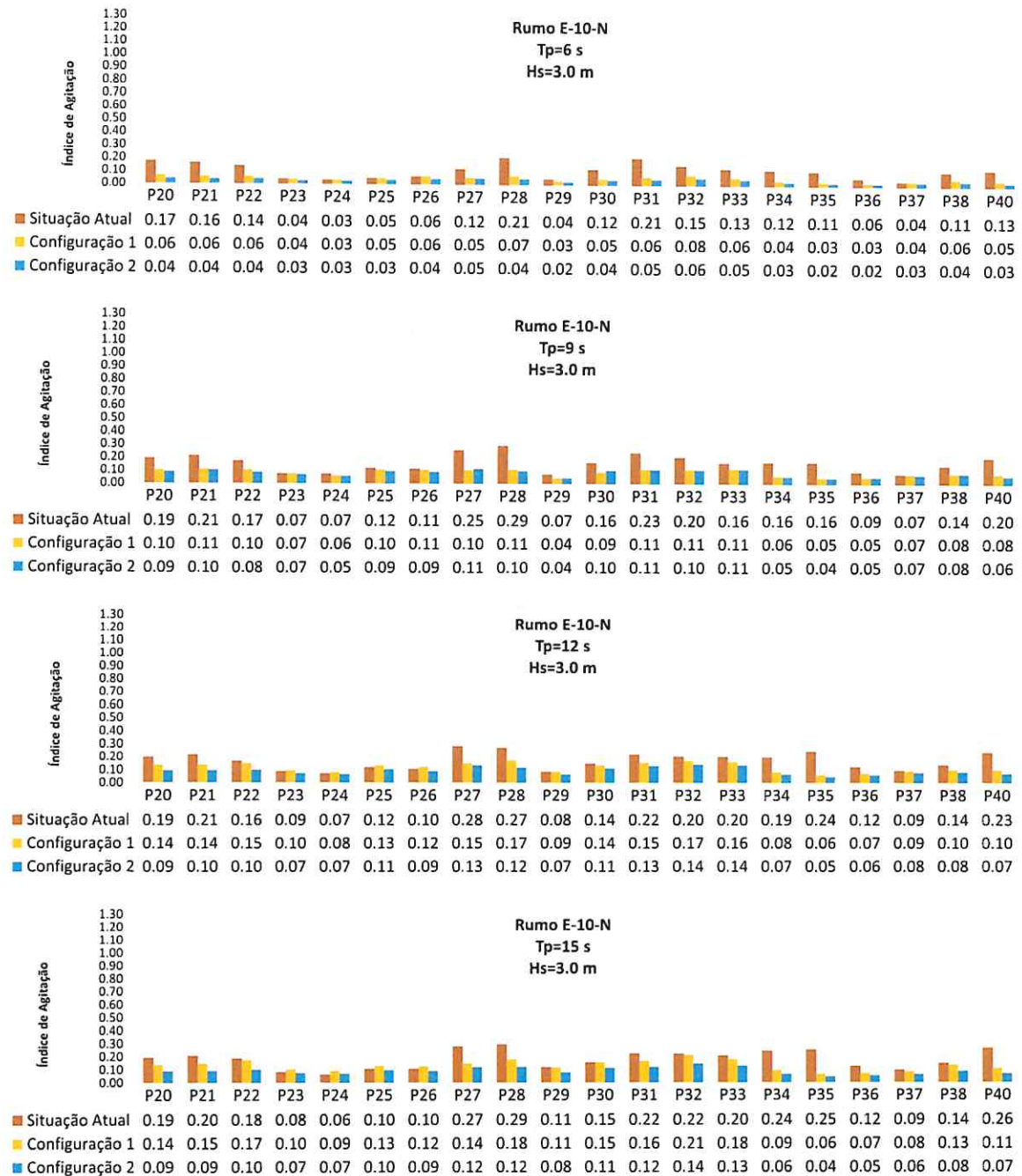


Figura 3.29 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s e Hs=3.0 m. Índices de agitação médios. Pontos P20 a P38 e P40



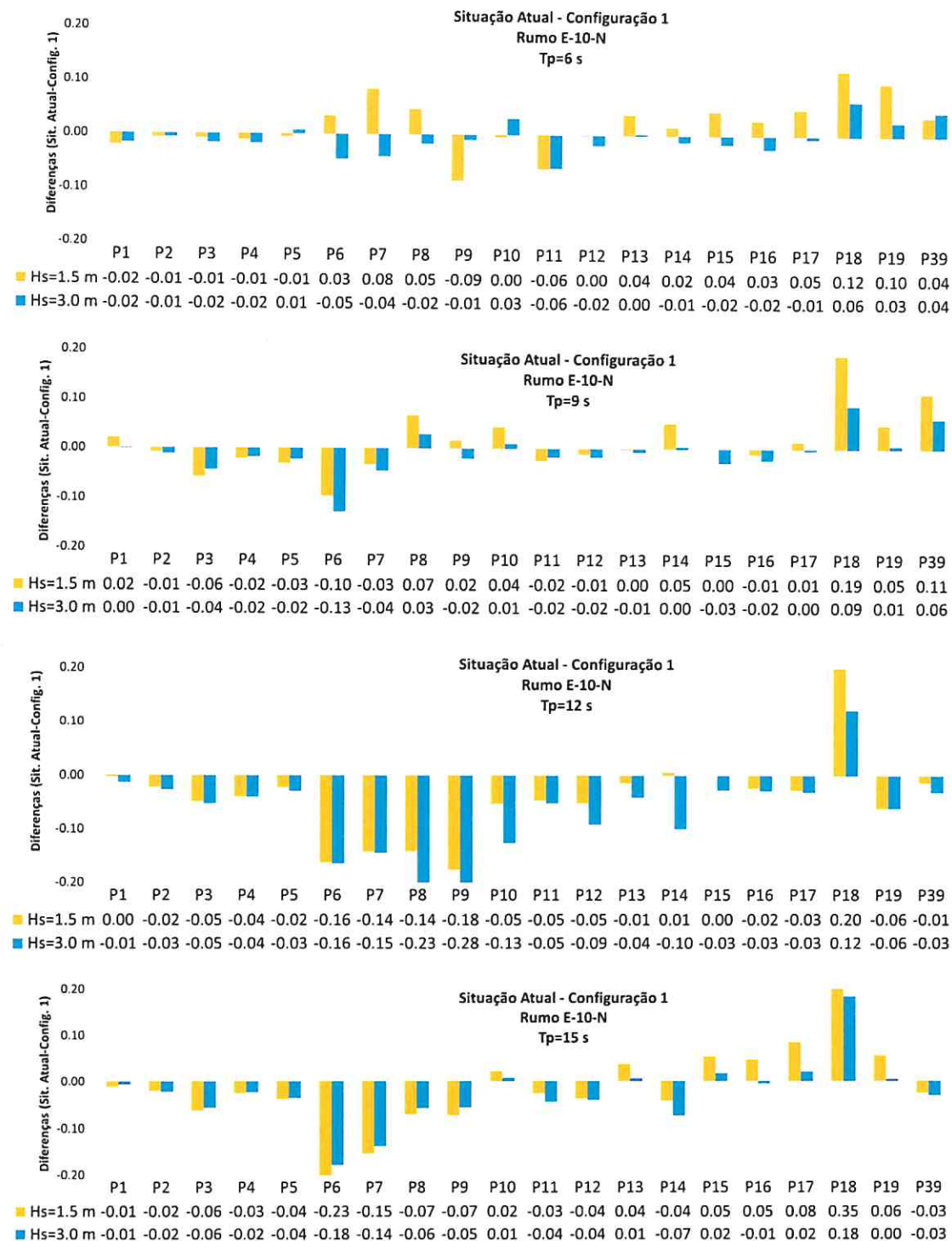


Figura 3.30 – Configuração 1/Situação Atual. Rumo E-10-N. Pontos P1 a P19 e P39. Variação dos índices de agitação da Configuração 1 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 1; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 1)

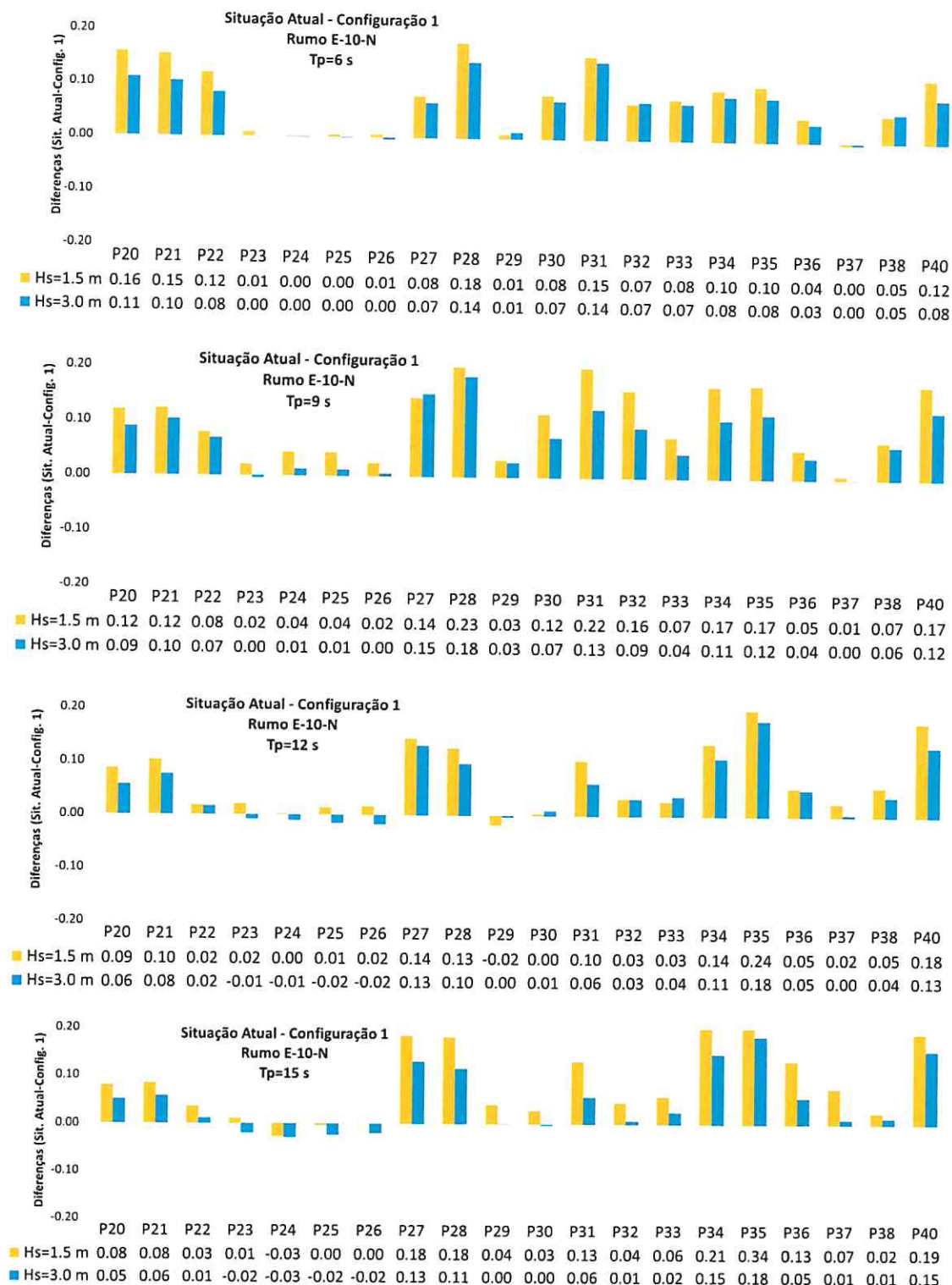


Figura 3.31 – Configuração 1/Situação Atual. Rumo E-10-N. Pontos P20 a P38 e P40. Variação dos índices de agitação da Configuração 1 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 1; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 1)

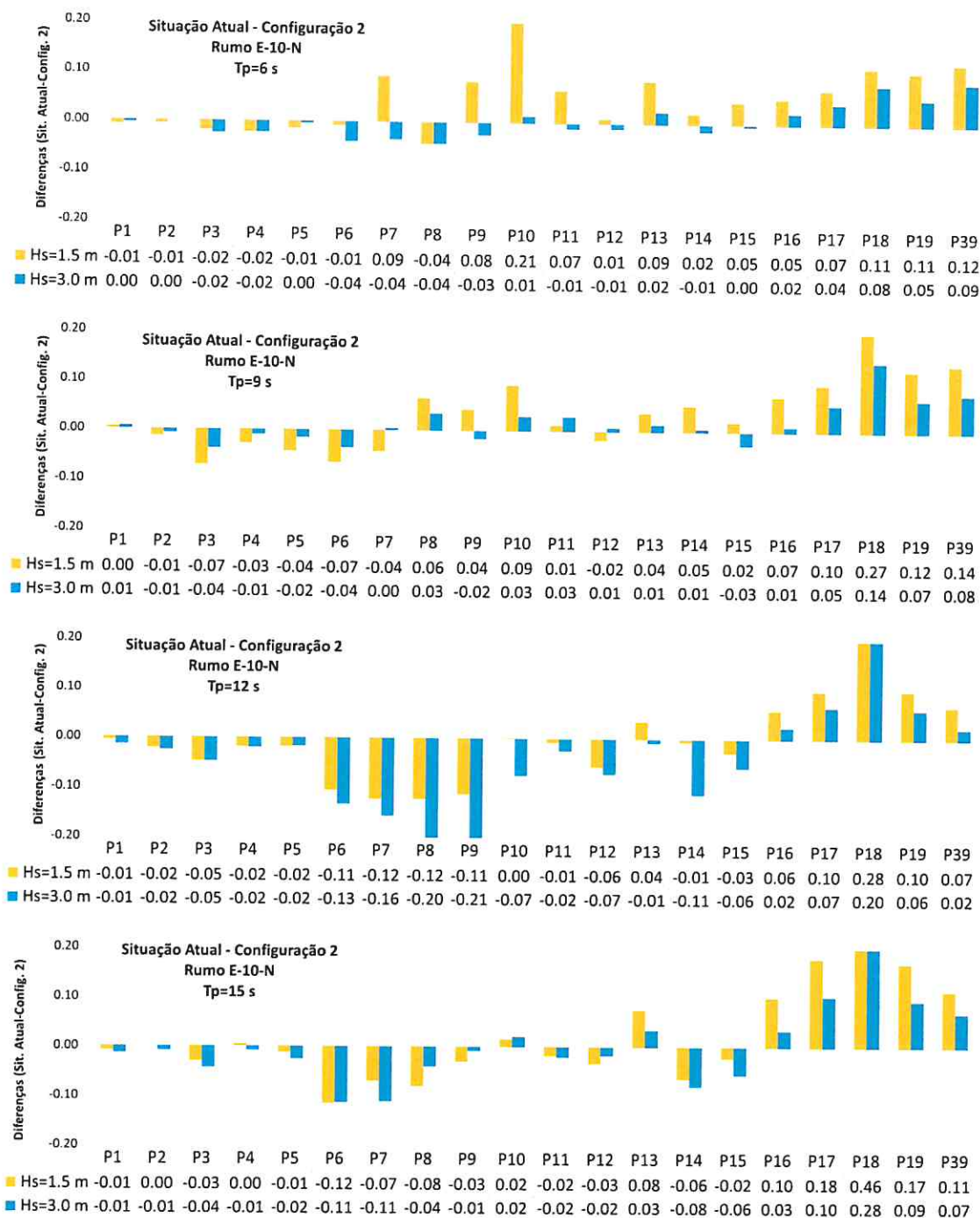


Figura 3.32 – Configuração 2/Situação Atual. Rumo E-10-N. Pontos P1 a P19 e P39. Variação dos índices de agitação da Configuração 2 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 2; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 2)

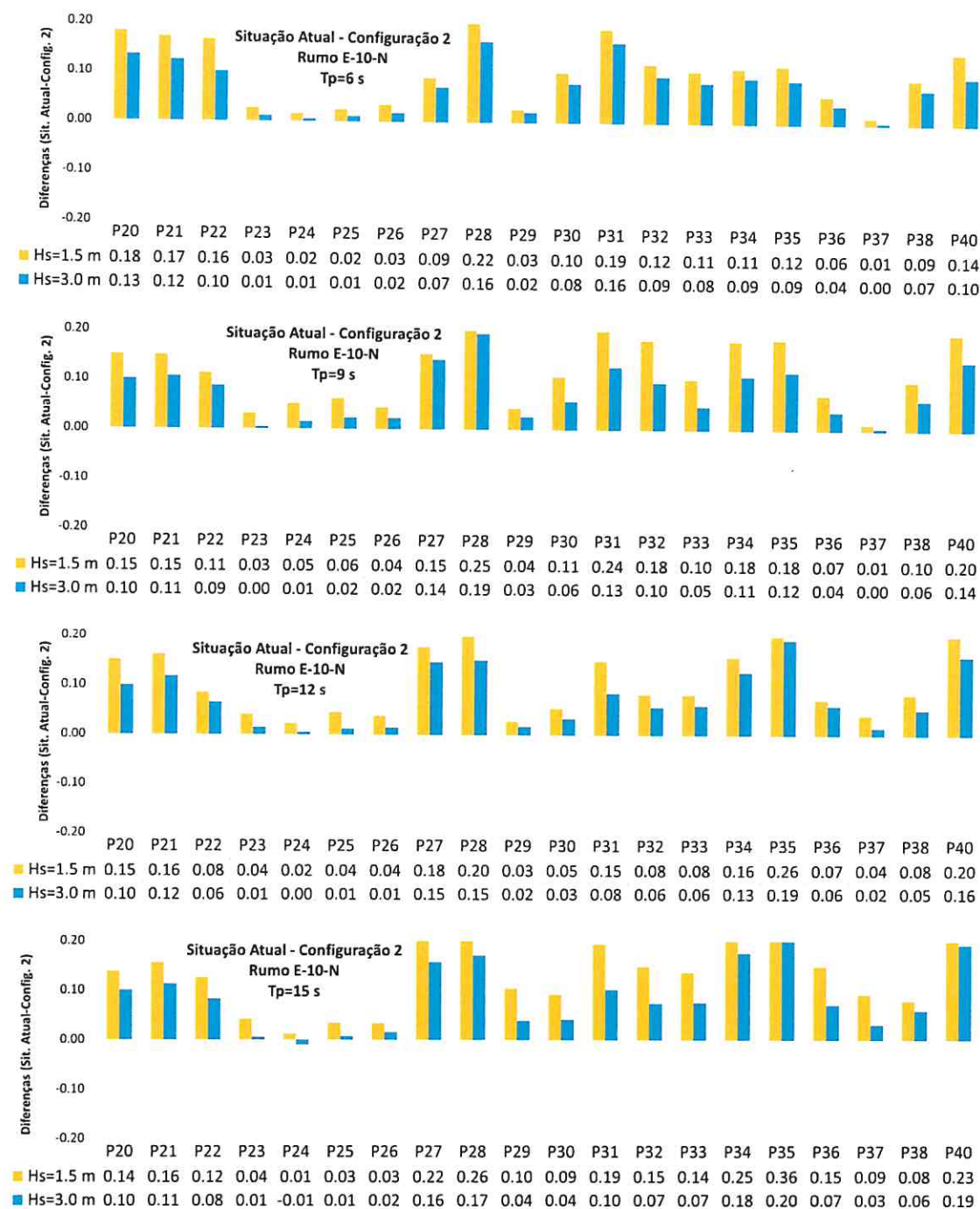


Figura 3.33 – Configuração 2/Situação Atual. Rumo E-10-N. Pontos P20 a P38 e P40. Variação dos índices de agitação da Configuração 2 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 2; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 2)



### 3.3.2 Rumo SE

No que diz respeito aos ensaios realizados com o rumo SE, da Figura 3.34 à Figura 3.37 são ilustrados graficamente os índices de agitação médios obtidos com as três configurações durante os ensaios realizados com os períodos de pico  $T_p=6$  s, 9 s, 12 s e 15 s, cada um deles associados às alturas de onda significativas  $H_s=1.5$  m e  $H_s=3$  m, respetivamente.

A Figura 3.38 e a Figura 3.41 traduzem a variação dos índices calculados a partir dos resultados obtidos com as Configurações 1 e 2, respetivamente, face à Situação Atual. Os valores positivos desta percentagem correspondem a uma diminuição dos índices de agitação na Configuração 1 (ou Configuração 2) face à Situação Atual, i.e., a uma melhoria das condições de abrigo da zona portuária na Configuração 1 (ou Configuração 2). Os valores negativos correspondem ao inverso, a piores condições de abrigo da Configuração 1 (ou Configuração 2).



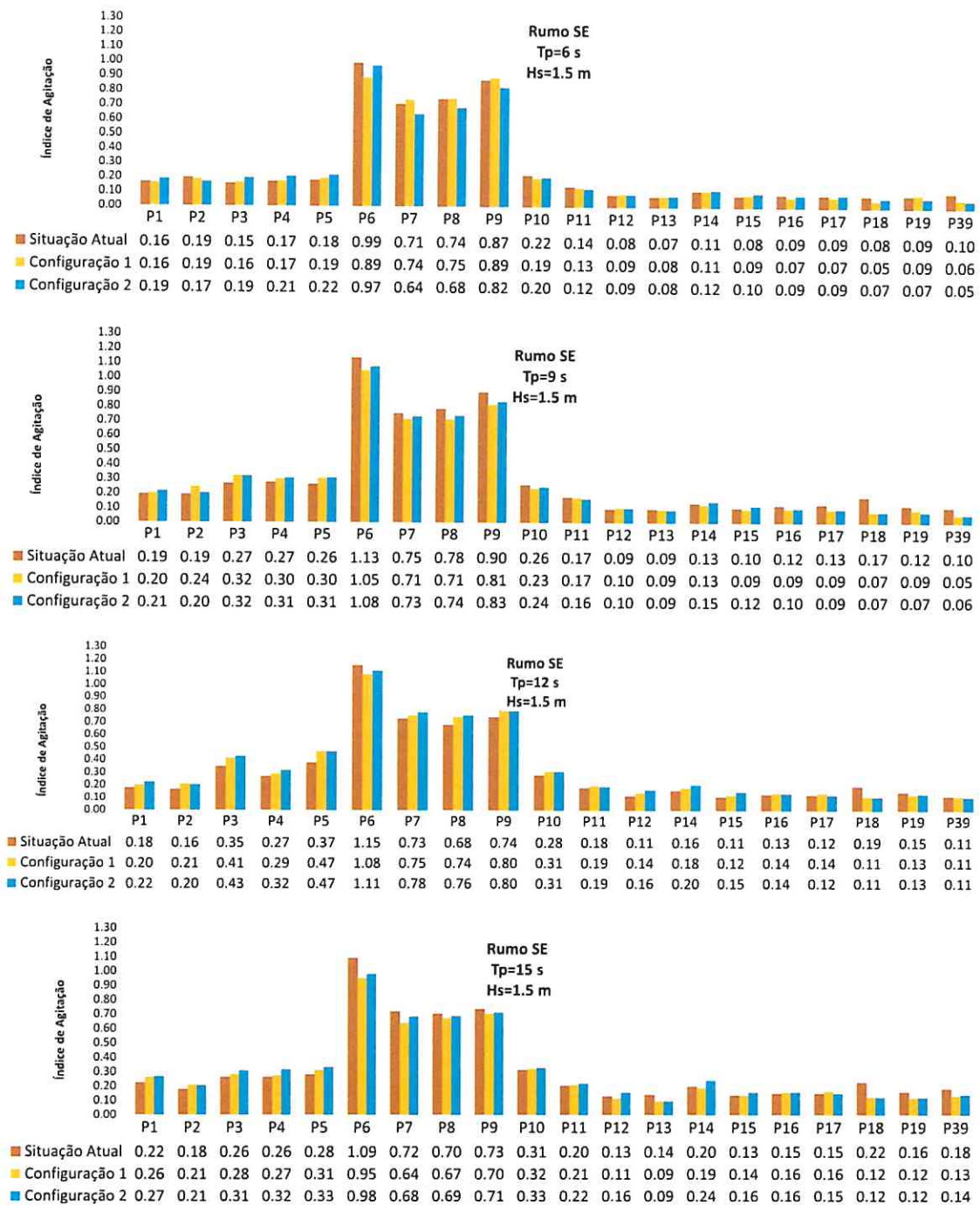


Figura 3.34 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo SE. Tp=6, 9, 12 e 15 s e Hs=1.5 m. Índices de agitação médios. Pontos P1 a P19 e P39

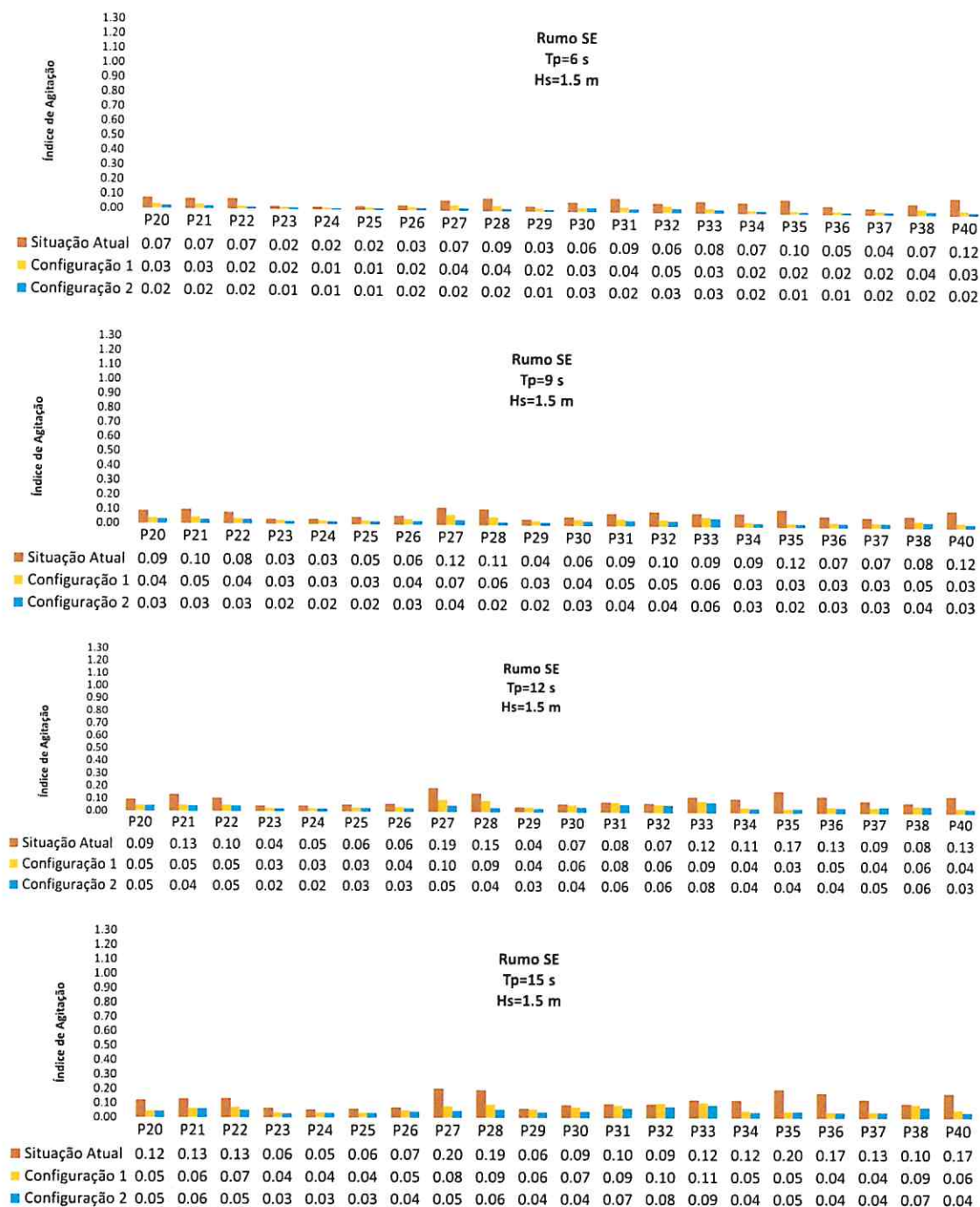


Figura 3.35 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Tp=6, 9, 12 e 15 s e Hs=1.5 m. Índices de agitação médios. Pontos P20 a P38 e P40

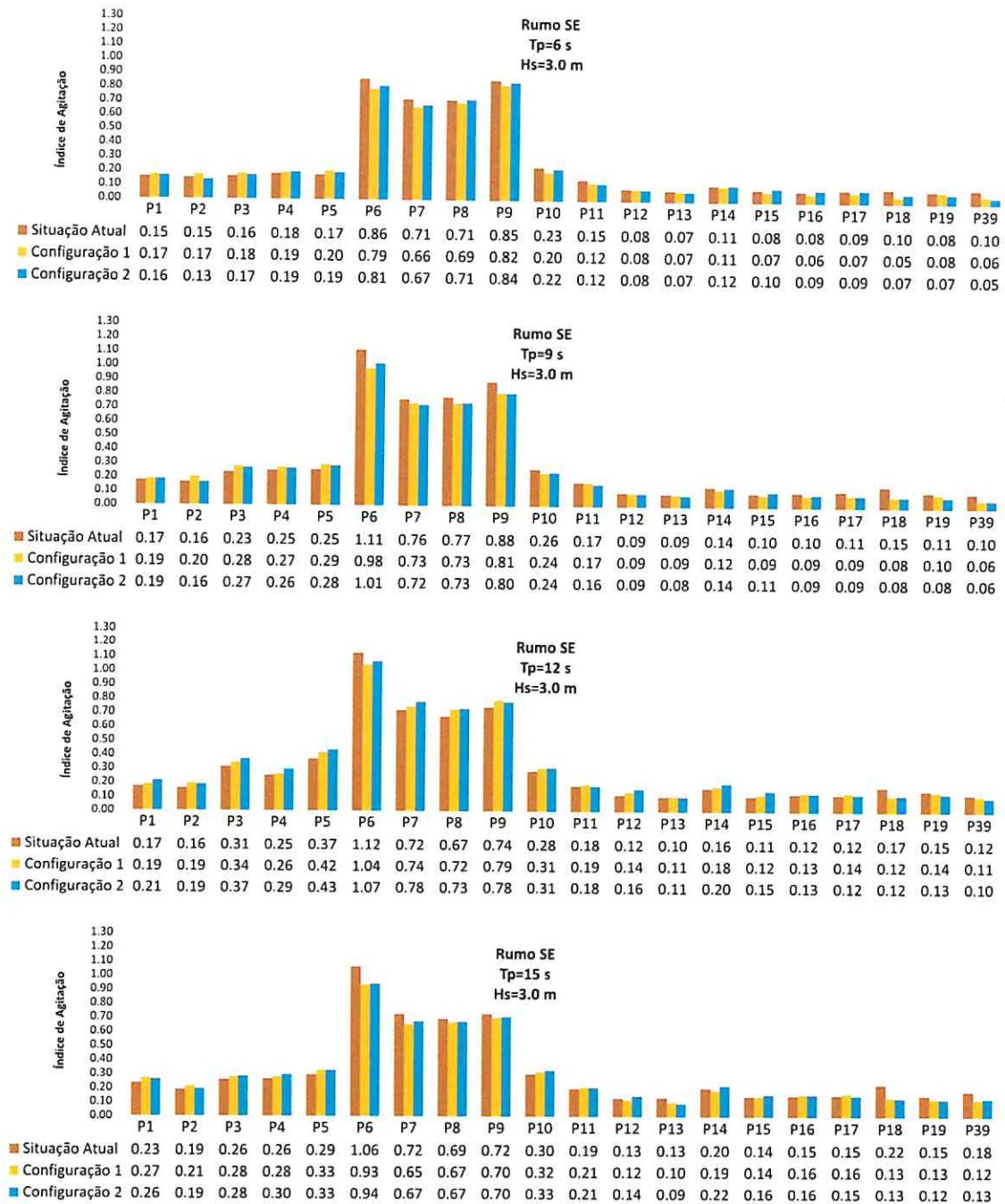


Figura 3.36 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo SE. Tp=6, 9, 12 e 15 s e Hs=3.0 m. Índices de agitação médios. Pontos P1 a P19 e P39

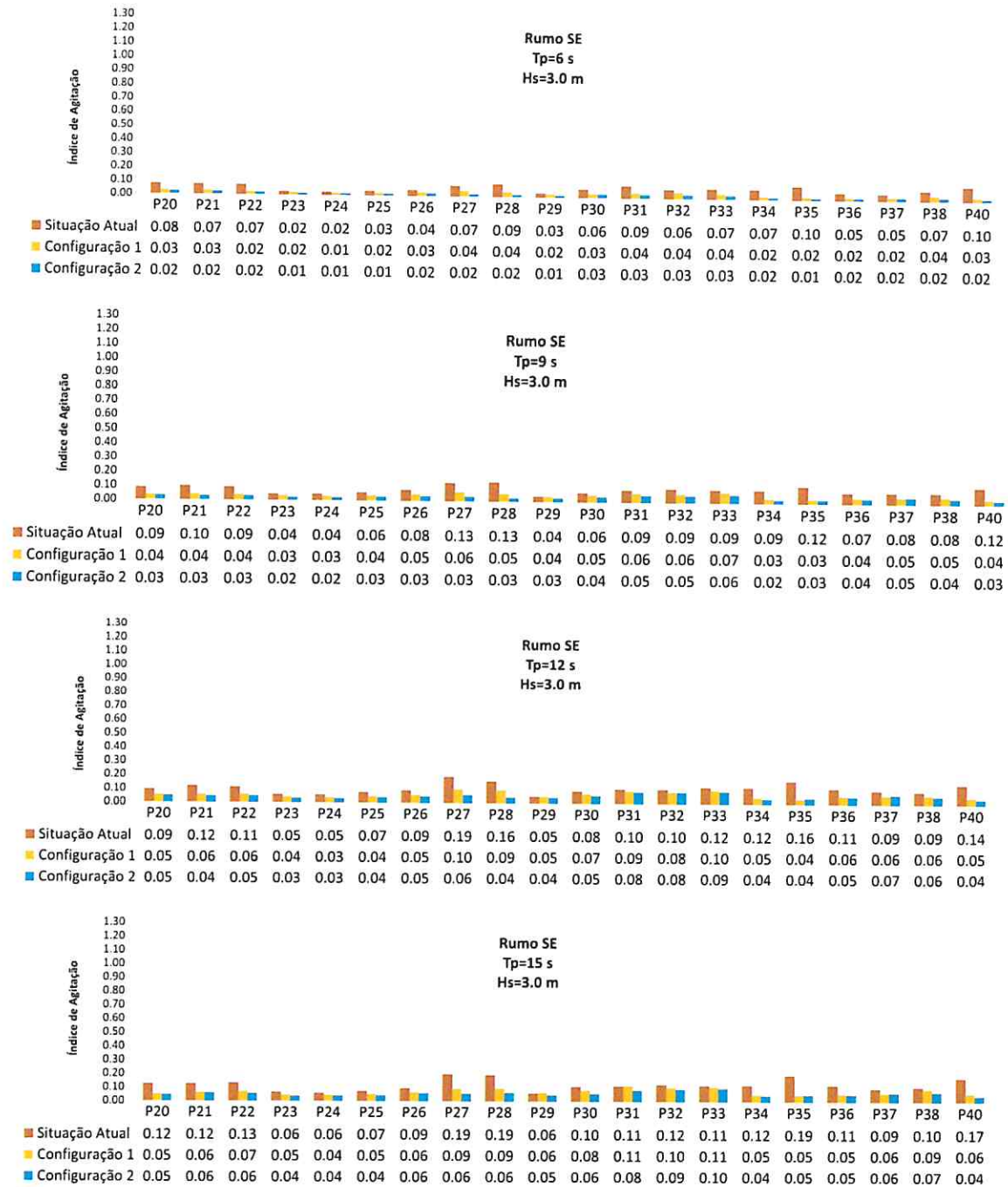


Figura 3.37 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo SE. Tp=6, 9, 12 e 15 s e Hs=3.0 m. Índices de agitação médios. Pontos P20 a P38 e P40



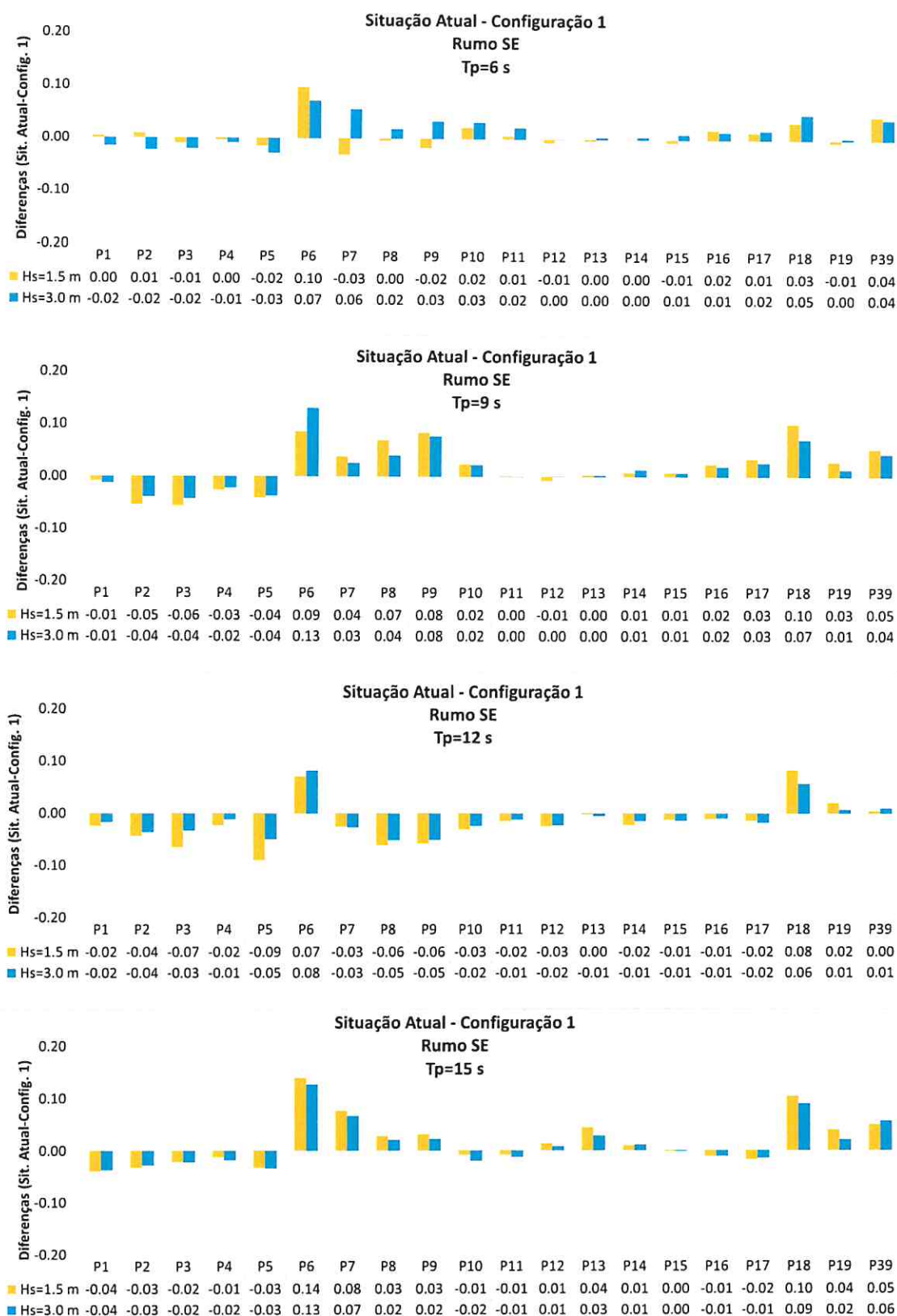


Figura 3.38 – Configuração 1/Situação Atual. Rumo SE. Pontos P1 a P19 e P39. Variação dos índices de agitação da Configuração 1 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 1; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 1)

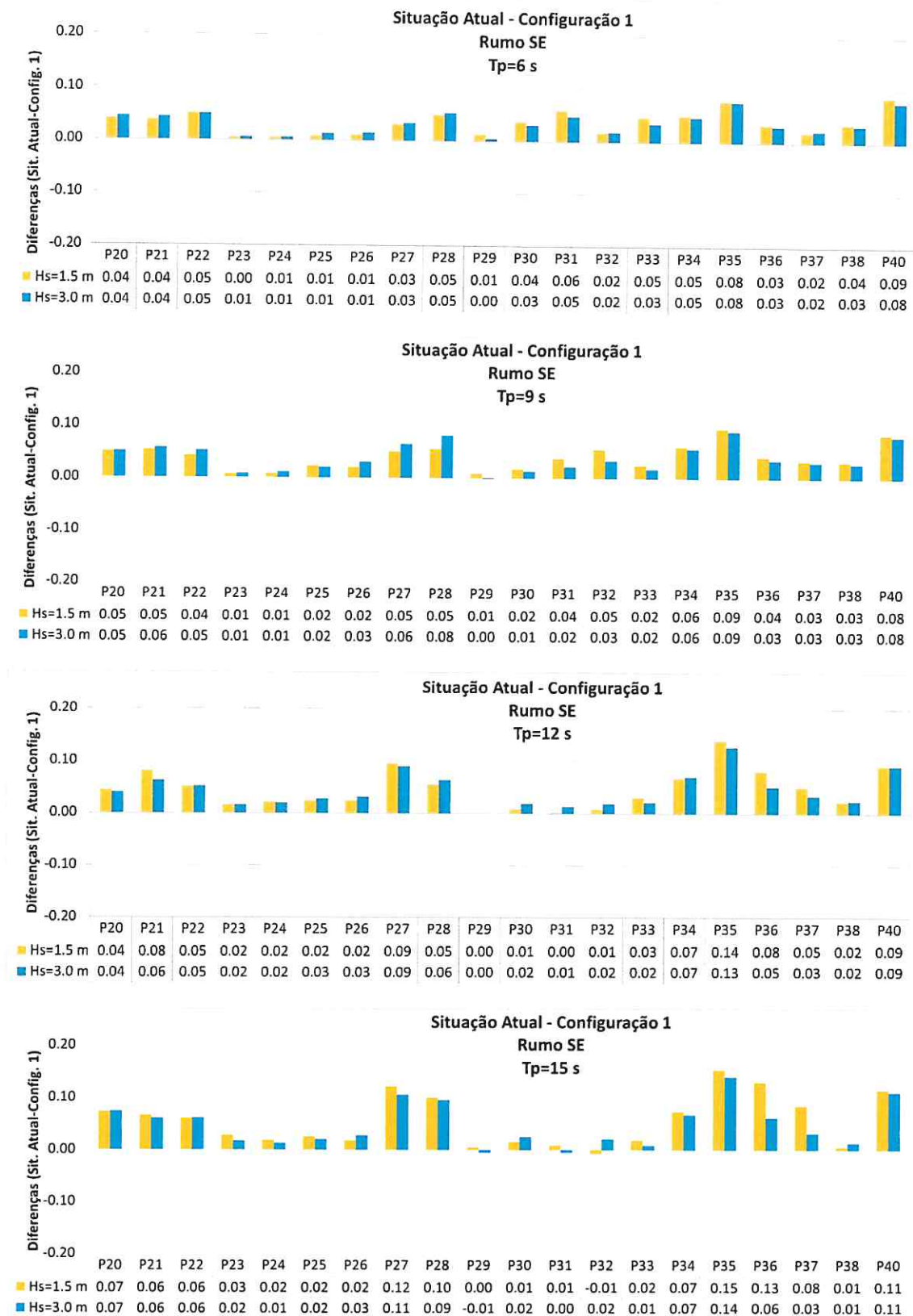


Figura 3.39 – Configuração 1/Situação Atual. Rumo SE. Pontos 20 a P38 e P40. Variação dos índices de agitação da Configuração 1 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 1; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 1)

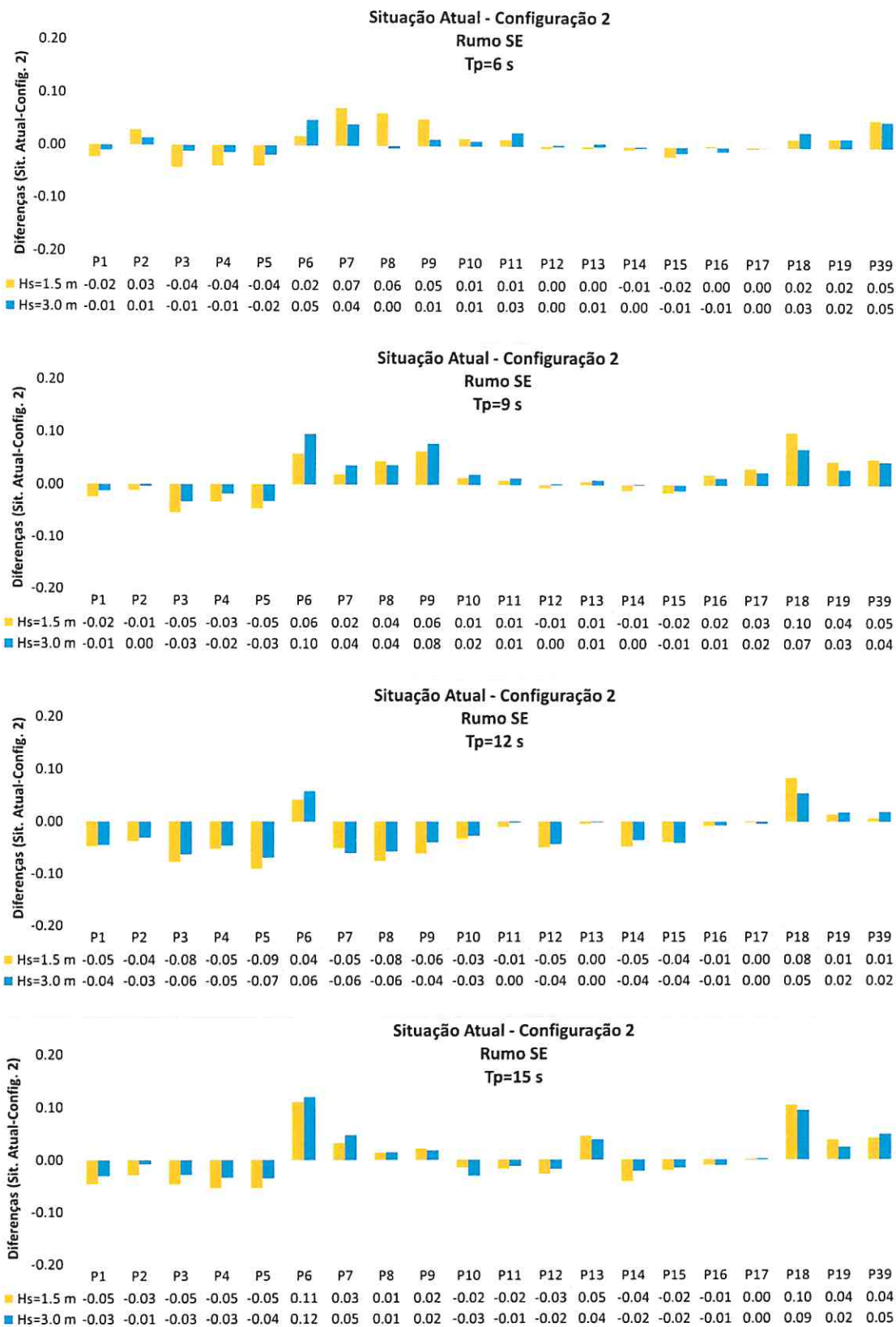


Figura 3.40 – Configuração 2/Situação Atual. Rumo SE. Pontos P1 a P19 e P39. Variação dos índices de agitação da Configuração 2 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 2; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 2)

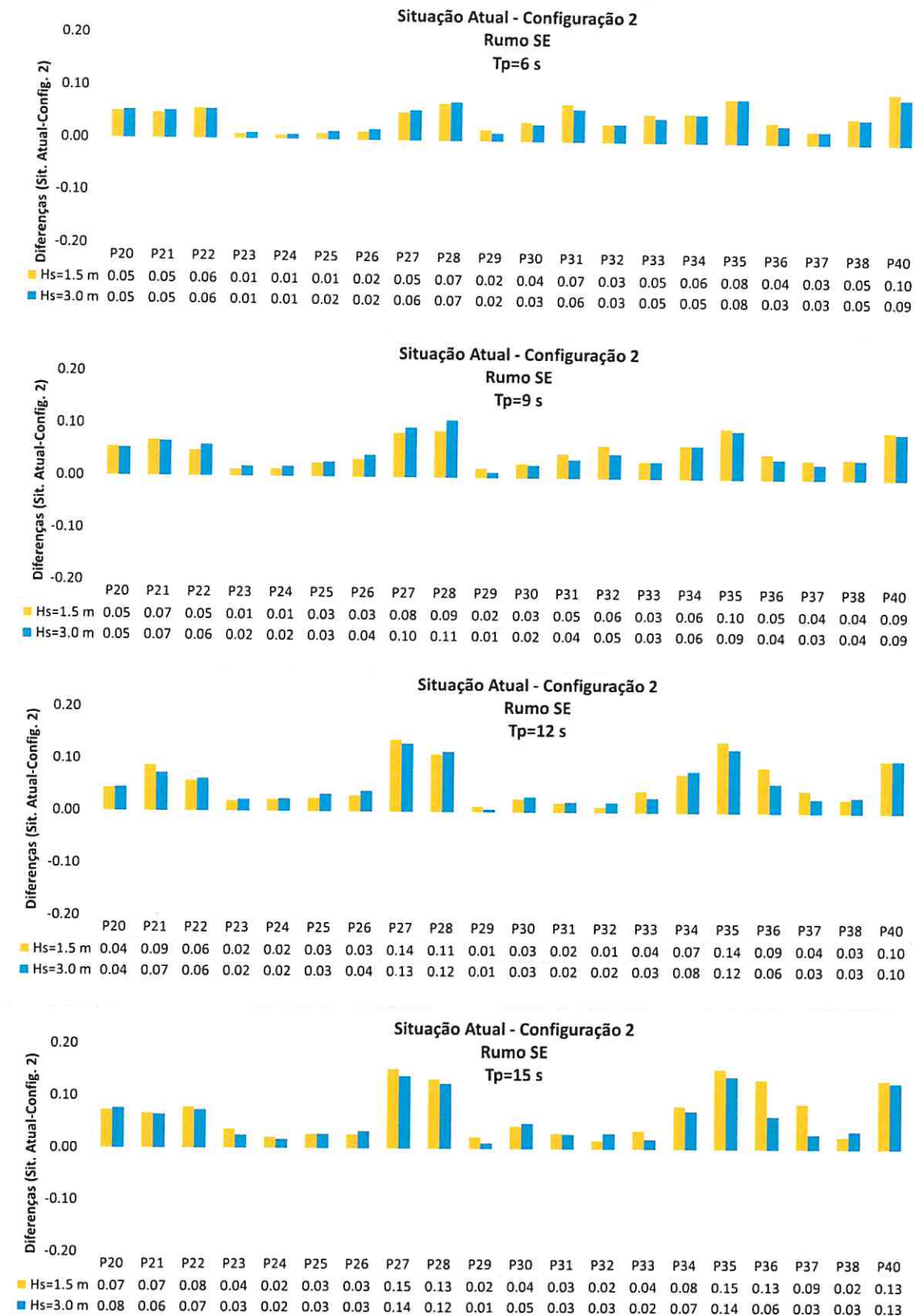


Figura 3.41 – Configuração 2/Situação Atual. Rumo SE. Pontos 20 a P38 e P40. Variação dos índices de agitação da Configuração 2 relativamente à Situação Atual (Valores positivos - melhores condições de abrigo da Configuração 2; Valores negativos - piores condições de abrigo da Configuração 2)



### 3.3.3 Análise dos resultados

De acordo com o que foi observado durante os ensaios é possível fazer uma análise da propagação da agitação no interior da bacia sul.

Ao percorrerem o cais do quebra-mar sul do porto, as ondas começam por perder energia por transmissão lateral até ao cotovelo do cais, passando pelos pontos P14 e P15.

A partir do ponto de inflexão do cais ocorre um "afunilamento" nas condições de propagação da agitação marítima, de que resultam ligeiras concentrações de energia no trecho sul do cais, onde se encontram os pontos P16 e P17.

A esta perturbação no processo de propagação da agitação marítima estão associadas também alterações ao nível da direção das ondas, que tenderá a ser paralela ao trecho sul do cais, incidindo, portanto, com uma certa obliquidade na estrutura a jusante (aspeto que se identificou em fotografias e filmes obtidos durante a realização dos ensaios. Esta alteração da direção da agitação é ainda acentuada pela ação dos fundos (refração), que ainda origina uma maior rotação para oeste.

Importa evidenciar ainda o facto de o comprimento de cais que promove o "afunilamento" ser superior ao que resulta em dissipação lateral de energia, razão pela qual se deverá registar alguma concentração de energia nas imediações do atual terrapleno e, na Situação Atual, os índices obtidos no ponto P17 serem sistematicamente superiores aos obtidos em P16, que, por sua vez são superiores aos obtidos em P15.

Sendo natural que as repercussões das particularidades descritas se estendam para a zona da entrada do porto (pontos P6 a P10) e para a bacia norte (pontos P1 a P5), elas não são tão evidentes nestes locais, estando descaracterizadas por outros aspetos, tais como, por exemplo, os relacionados com eventuais efeitos de circulação de água na zona da entrada do porto e os relacionados com o efeito do troço intermédio da obra de proteção poente, cuja orientação difere da dos dois troços a ele contíguos.

No cômputo geral dos ensaios realizados verifica-se que, para todas as configurações:

- Os valores dos índices de agitação médios são semelhantes para as duas alturas de onda significativa testadas, embora sejam frequentes os casos em se verifica que os valores associados a  $H_s=3$  m são ligeiramente inferiores a  $H_s=1.5$  m, situação que indicia uma eventual não-linearidade do sistema. Existem no entanto, outros fatores que poderão contribuir para as diferenças observadas, tais como, por exemplo, o facto de muitas das ondas geradas nos ensaios com  $H_s=1.5$  m não serem registadas em sondas localizadas em locais mais abrigados, por diversos motivos (atrito de fundo, tensão superficial da água, sensibilidade das sondas, tendo em conta a agitação incidente e, ainda mais, a agitação refletida), e ainda pela eventual rebentação das ondas de maior altura associadas aos espetros de  $H_s=3.0$  m durante o processo de propagação da agitação marítima, situação que foi pontualmente observada no modelo, especialmente nos ensaios com os períodos mais curtos (6 s e 9 s);

- Há uma tendência geral de aumento dos valores dos índices de agitação médios com o período da onda, embora para alguns casos e, principalmente para o maior período de pico de onda, tal já não se verifique em alguns grupos de pontos;
- A bacia norte do porto apresenta um maior abrigo à direção de E-10-N do que a SE. No caso da bacia sul, verifica-se um maior abrigo à direção de SE face à direção de E-10-N.

Constata-se ainda que a atuação do período  $T_p=12$  s, especialmente quando associado ao rumo E-10-N, fornece, por vezes, resultados mais gravosos e que contrariam as tendências apontadas pelos restantes períodos.

De acordo com os resultados apresentados nos pontos anteriores é possível fazer a seguinte análise relativamente às diferentes zonas da bacia portuária.

#### **Bacia norte (pontos P1 a P5)**

Para os ensaios realizados com ambos os rumos, observou-se que, embora com algumas flutuações, os resultados da Situação Atual são ligeiramente agravados, principalmente para a direção de SE, tanto com a Configuração 1 como com a Configuração 2. Este agravamento pode considerar-se, no entanto, residual, mas há algumas exceções em que pode ter algum significado do ponto de vista absoluto (Configuração 2, SE,  $H_s=1.5$  m,  $T_p=12$  s, pontos P3 e P5). Nesta exceção, a diferença, em termos de índices de agitação, entre a Situação Atual e a Configuração 2 foi de 0.08 para P3, 0.05 para P4 e 0.10 para P5.

Ainda assim, os resultados demonstram que o cais das ligações inter-ilhas (pontos P1 e P2) poderão ter algum agravamento em termos de tranquilidade com a atuação do rumo SE e com os períodos mais longos. Este agravamento não deverá exceder, todavia, 5 cm de altura de onda por cada metro de  $H_s$  ao largo.

O mesmo se passa no cais de cruzeiros (pontos P3 a P5), mas neste caso a situação mais desfavorável é normalmente a Configuração 2. De acordo com os resultados obtidos, nestes pontos o agravamento máximo é de cerca de 10 cm de altura de onda por cada metro de  $H_s$  ao largo.

Na globalidade, os resultados obtidos com as duas Configurações, 1 e 2, são similares, para cada uma das direções reproduzidas, mas onde a solução mais vantajosa varia de caso para caso.

#### **Eixo da bacia sul (pontos P11 a P13)**

Os resultados indiciam que tanto a Configuração 1 como a Configuração 2 não agravam de uma forma nítida as condições de tranquilidade do eixo central da bacia, sendo que este comportamento é percentualmente mais evidente para SE do que para E-10-N.

As melhorias e os agravamentos não são significativos, no entanto, salienta-se o facto de a agitação com  $T_p=12$  s ter sido aquela de que resultaram índices de agitação mais desfavoráveis nas Configurações 1 (principalmente) e 2 do que na Situação Atual (ver Figuras 3.30, 3.32, 3.38 e 3.40).

Indiciam também que as condições de reflexão na estrutura da proteção nascente deverão ser ligeiramente mais vantajosas para a Configuração 2 do que para a Configuração 1, tendo como pressuposto o referido anteriormente. Na medida em que a estrutura, marcadamente tridimensional, é a mesma para ambas as Configurações, a ligeira diferença obtida em termos de índices de agitação pode dever-se a níveis de eficácia diferentes, consoante o ângulo de incidência da agitação, na proteção nascente.

#### **Trecho de cais sul do setor comercial (pontos P16 e P17)**

Em geral, a Configuração 1 introduz uma ligeira melhoria relativamente à Situação Atual, especialmente para os períodos mais curtos, demonstrando uma melhor capacidade de dissipação de energia da obra da proteção nascente quando comparada com a atual proteção do terrapleno. Este comportamento é mais notório em E-10-N do que SE, uma vez que para SE os valores quer para a Situação Atual quer para as Configurações 1 e 2 são muito baixos.

A Configuração 2 melhora ainda um pouco mais a tranquilidade nos pontos em análise, na medida em que o “afunilamento” referido anteriormente não existe e, como já foi referido, poder-se-á estar em presença de condições mais vantajosas de reflexão da proteção nascente. Esta vantagem da Configuração 2 torna-se mais evidente com a atuação da agitação do rumo E-10-N.

#### **Trecho de cais norte do setor comercial (pontos P14 e P15)**

Comparando as Configurações 1 e 2, observa-se que com a Configuração 2 não se verifica a perda de energia por transmissão lateral como com a Configuração 1, daí os índices de agitação obtidos com a Configuração 1 serem ligeiramente inferiores aos obtidos com a Configuração 2.

Ambas as Configurações, 1 e 2, não agravam na maioria das condições de agitação incidentes a situação presente, tirando partido das condições globalmente mais favoráveis a jusante, tanto em termos das estruturas refletoras, como em termos da alteração de fundos resultante das dragagens previstas. Há, no entanto, situações associadas a períodos mais elevados em que houve um ligeiro agravamento dos índices face à Situação Atual, especialmente com a Configuração 2 (ver Figuras 3.30, 3.32, 3.38 e 3.40).

#### **Proteção leste – cais de abastecimento (pontos P18 e P19)**

Com a Situação Atual, os pontos P18 e P19 são atingidos por reflexões originadas tanto na proteção do atual terrapleno como no cais de pesca, que é uma estrutura vertical.

Crê-se que o efeito da dragagem implementada no modelo para os ensaios das Configurações 1 e 2, bem como a interposição da proteção nascente, assumam um papel determinante nas condições de agitação nestes pontos. Com a situação de dragagem, são reduzidas as condições para ocorrência

de empolamento das ondas e a estrutura da proteção nascente, embora mais próxima, não deixa de ser bastante mais dissipadora de energia do que o atual cais de pesca.

A conjugação destas condições teve como consequência que os índices de agitação médios obtidos com as Configurações 1 e 2 sejam inferiores aos obtidos na Situação Atual, na grande maioria das condições testadas, aumentando a diferença com o período da onda.

A Configuração 2 apresenta resultados um pouco mais favoráveis do que a Configuração 1, o que se explica com os pressupostos já considerados anteriormente.

Este comportamento é mais evidente no caso de E-10-N do que SE, uma vez que para SE os valores quer para a Situação Atual quer para as Configurações 1 e 2 são muito baixos.

#### **Entrada para as bacias interiores (ponto 39)**

Também neste caso se crê que a dragagem implementada esteja na base do aumento de tranquilidade registado nos ensaios das Configurações 1 e 2, comparativamente à Situação Atual (esta constatação não é, todavia, válida para os períodos longos associados à Configuração 1, no caso de direção ao largo E-10-N – ver Figura 3.30), por efeito da refração, da inexistência de condições favoráveis ao empolamento das ondas e da inexistência de tantas reflexões no atual cais de pesca. Também se admite que a perda de energia que as ondas vão sofrendo ao longo do paramento exterior da obra de proteção poente contribua para a redução da agitação no ponto P39.

As razões já anteriormente apontadas de ligeira alteração da direção das ondas consoante o cais presente ou não inflexão, podem ter alguma responsabilidade no facto de os índices de agitação médios obtidos com a Configuração 2 serem ligeiramente inferiores aos obtidos com a Configuração 1, principalmente para a direção E-10-N.

#### **Bacias interiores (pontos P20 a P38 e P40)**

Pelo seu elevado nível de abrigo, os índices de agitação médios obtidos nos ensaios com as Configurações 1 e 2 foram consideravelmente inferiores aos obtidos nos ensaios com a Situação Atual.

As diferenças detetadas entre as Configurações 1 e 2 são mínimas, embora um pouco mais favoráveis para a Configuração 2, e são consequência dos resultados diferentes obtidos em P39.

Explicitando, constata-se que de acordo com os resultados obtidos:

- Na bacia norte da atual marina (pontos P23 a P26), será de esperar um aumento da tranquilidade, mais nítida com a adoção da Configuração 2. Do ponto de vista absoluto as vantagens são pouco expressivas porque se trata de uma zona atualmente já bastante abrigada, mas do ponto de vista relativo elas assumem algum significado (ver Figuras 3.31, 3.33, 3.39 e 3.41);



- Na bacia sul da atual marina (ponto P29), observa-se uma tendência muito semelhante para a bacia norte da atual marina;
- Relativamente à nova bacia da marina (pontos P20, P21, P22, P27 e P28) observa-se a mesma tendência, mas as diferenças entre os resultados das Configurações 1 e 2 relativamente à Situação Atual são bastante mais expressivas do ponto de vista absoluto, já que em termos médios os índices de agitação obtidos nos ensaios das Configurações 1 e 2 são cerca de um terço dos registados nos ensaios da Situação Atual;
- No que diz respeito à zona das atividades marítimo-turísticas (pontos P30 a P33 e P38), a adoção das Configurações 1 e 2 implicarão também um aumento substancial das condições de tranquilidade, embora não tão pronunciadas como as identificadas no ponto anterior (ver Figuras 3.31, 3.33, 3.39 e 3.41);
- O setor de pesca (pontos P34 a P37) é talvez o setor onde os benefícios em termos de tranquilidade são mais evidentes com a implementação de uma das Configurações, 1 ou 2, embora no ponto P37 (o mais abrigado desta bacia) as vantagens tenham menos significado (ver Figuras 3.31, 3.33, 3.39 e 3.41).

#### **Entrada do porto (pontos P6 a P10)**

Os pontos em análise encontram-se localizados numa zona para onde convergem, para além da agitação vinda do largo, reflexões provenientes da bacia norte, da bacia sul e da proteção da marginal, e ainda de perturbações específicas ocorridas nas cabeças de ambos os quebra-mares. Tendo em conta esta localização, foi observada alguma flutuação de resultados que não permite a constatação de um padrão bem definido de tendência de alteração dos índices de agitação em função da configuração ensaiada.

Observa-se, no entanto, e em termos médios, que as Configurações 1 e 2 agravam ligeiramente a tranquilidade da área em análise, para o rumo E-10-N, para a maioria dos períodos. Pelo contrário, os resultados demonstraram a tendência para uma ligeira melhoria das condições de tranquilidade quando associados ao rumo SE (exceto para  $T_p=12$  s). Estas tendências podem ter a ver com consequências da extensão do quebra-mar de proteção da marina, especialmente do trecho com orientação próxima de W-E.

Em termos médios, a Configuração 2 fornece resultados ligeiramente mais vantajosos que a Configuração 1, para E-10-N, sendo o contrário para SE. No entanto, as diferenças são pouco significativas.

## 4 | Ensaio de sobrelevações

### 4.1 Metodologia

Com vista à análise das sobrelevações nos pontos P31 e P36, procedeu-se à análise dos respetivos sinais registados pelas sondas. Estes sinais foram adquiridos com uma frequência de 128 Hz durante cerca de 20 minutos no modelo, correspondentes a 3 horas, no protótipo.

Os sinais foram analisados no domínio da frequência, tendo sido calculada a altura de onda significativa,  $H_s$ , para frequências inferiores a 0.179 Hz no modelo, as quais correspondem a períodos no protótipo, superiores a 50 s. Obtiveram-se, assim, os valores da sobrelevação como o valor de amplitude de cava ( $H_s/2$ ).

### 4.2 Resultados dos ensaios

#### 4.2.1 Situação Atual

No Quadro 4.1 apresenta-se os resultados obtidos nos ensaios e nas repetições, correspondentes ao rumo SE e rumo E-10-N, para a Situação Atual. Na Figura 4.1 e na Figura 4.2 apresentam-se os valores de sobrelevação (média entre o ensaio a repetição) relativos à Situação Atual, para os rumos E-10-N e SE, respetivamente.

Quadro 4.1 – Situação Atual. Valores de sobrelevação obtidos nos ensaios e nas repetições, para os rumos E-10-N e SE

Rumo	Tipo	Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
			Hs=1.5	Hs=3	Hs=1.5	Hs=3	Hs=1.5	Hs=3	Hs=1.5	Hs=3
E-10-N	Ensaio	P31	0.03	0.10	0.06	0.24	0.07	0.21	0.06	0.18
		P36	0.02	0.06	0.04	0.11	0.05	0.22	0.06	0.13
	Repetição	P31	0.04	0.08	0.06	0.20	0.08	0.20	0.06	0.17
		P36	0.02	0.05	0.03	0.17	0.10	0.18	0.05	0.14
SE	Ensaio	P31	0.02	0.05	0.03	0.08	0.03	0.10	0.03	0.09
		P36	0.03	0.10	0.05	0.19	0.08	0.24	0.05	0.14
	Repetição	P31	0.02	0.07	0.02	0.09	0.03	0.12	0.03	0.11
		P36	0.07	0.10	0.05	0.19	0.09	0.19	0.04	0.14

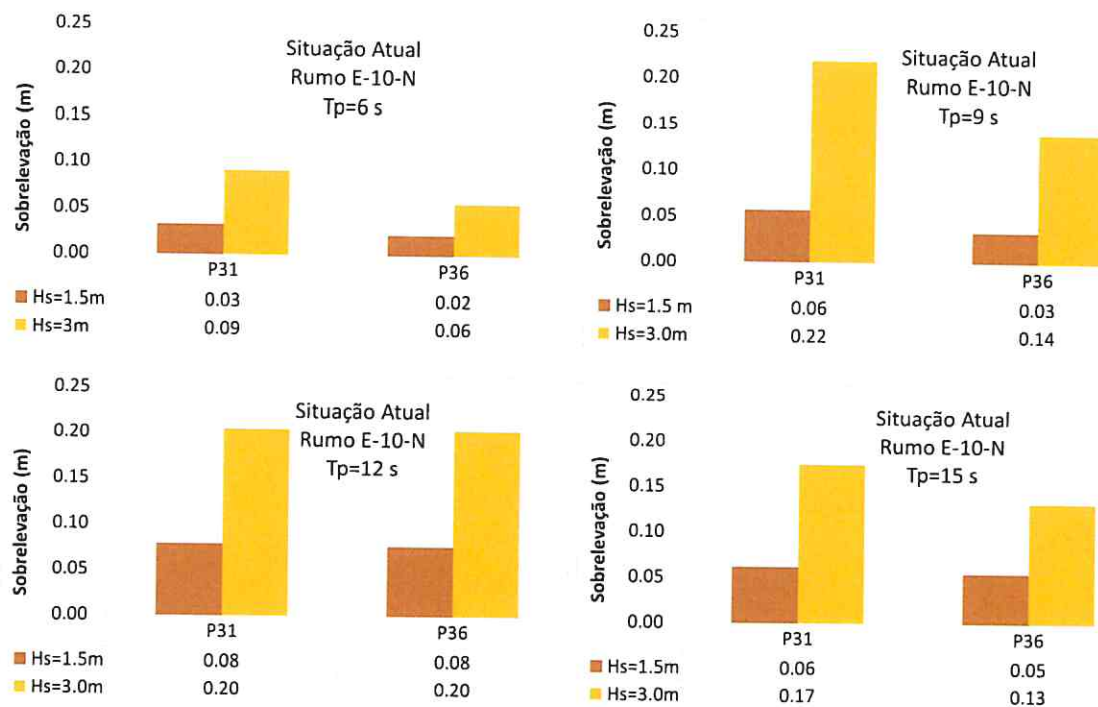


Figura 4.1 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Valores de sobrelevação, Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s

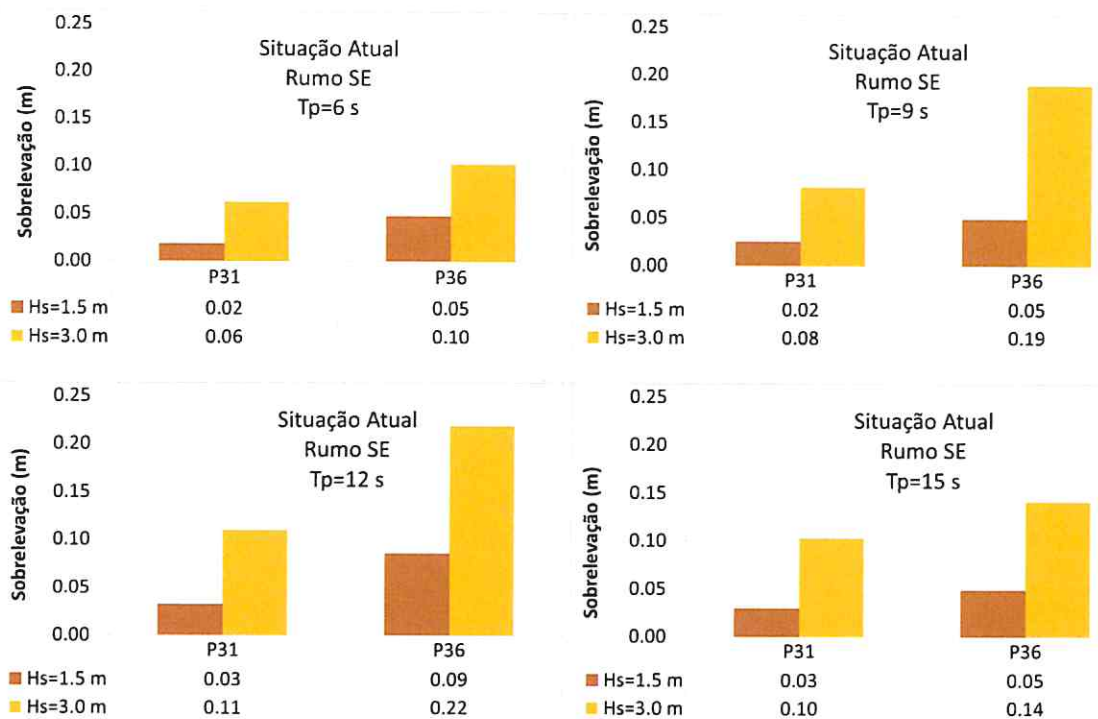


Figura 4.2 – Situação Atual. Rumo SE. Valores de sobrelevação, Tp =6 s, 9 s, 12 s e 15 s

Da análise das figuras atrás apresentadas, verifica-se que, para a Situação Atual:

- Para os ensaios associados ao rumo E-10-N, os valores de sobrelevação no ponto P31 são maiores ou iguais aos verificados no ponto P36. Com rumo SE, esta tendência inverte-se, verificando-se que o ponto P36 apresenta valores de sobrelevação superiores aos verificados no ponto P31;
- Os valores de sobrelevação associados a  $H_s=3$  m são sempre superiores aos correspondentes valores associados a  $H_s=1.5$  m, qualquer que seja o rumo e período considerado. Com efeito, os valores associados a  $H_s=3$  m atingem um máximo de 0.22 m enquanto os associados a  $H_s=1.5$  m não ultrapassam os 0.09 m;
- Os valores máximos de sobrelevação ocorreram com  $T_p=9$  s e  $T_p=12$  s, associados a  $H_s=3.0$  m e os valores obtidos para cada um dos pontos são:
  - Ponto 31
    - 0.22 m para o rumo E-10-N, associado ao  $T_p=9$  s;
    - 0.11 m para o rumo SE, associado ao  $T_p=12$  s.
  - Ponto 36
    - 0.20 m para o rumo E-10-N, associado ao  $T_p=12$  s;
    - 0.22 m para o rumo SE, associado ao  $T_p=12$  s.

#### 4.2.2 Configuração 1

No Quadro 4.2 apresenta-se os resultados obtidos nos ensaios e nas repetições, correspondentes ao rumo SE e rumo E-10-N, para a Configuração 1. Na Figura 4.3 e na Figura 4.4 apresentam-se os valores de sobrelevação (média entre o ensaio a repetição) relativos à Configuração 1, para os rumos E-10-N e SE.

Quadro 4.2 – Configuração 1. Valores de sobrelevação obtidos nos ensaios e nas repetições, para os rumos E-10-N e SE

Rumo	Tipo	Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
			Hs=1.5	Hs=3	Hs=1.5	Hs=3	Hs=1.5	Hs=3	Hs=1.5	Hs=3
E-10-N	Ensaio	P31	0.02	0.05	0.04	0.12	0.05	0.15	0.04	0.13
		P36	0.01	0.04	0.03	0.08	0.04	0.11	0.03	0.09
	Repetição	P31	0.02	0.04	0.04	0.12	0.04	0.13	0.04	0.13
		P36	0.02	0.04	0.02	0.08	0.04	0.10	0.03	0.10
SE	Ensaio	P31	0.02	0.04	0.02	0.08	0.03	0.10	0.03	0.10
		P36	0.02	0.06	0.02	0.09	0.03	0.11	0.03	0.10
	Repetição	P31	0.02	0.04	0.02	0.09	0.03	0.10	0.03	0.10
		P36	0.02	0.05	0.03	0.09	0.03	0.11	0.03	0.09

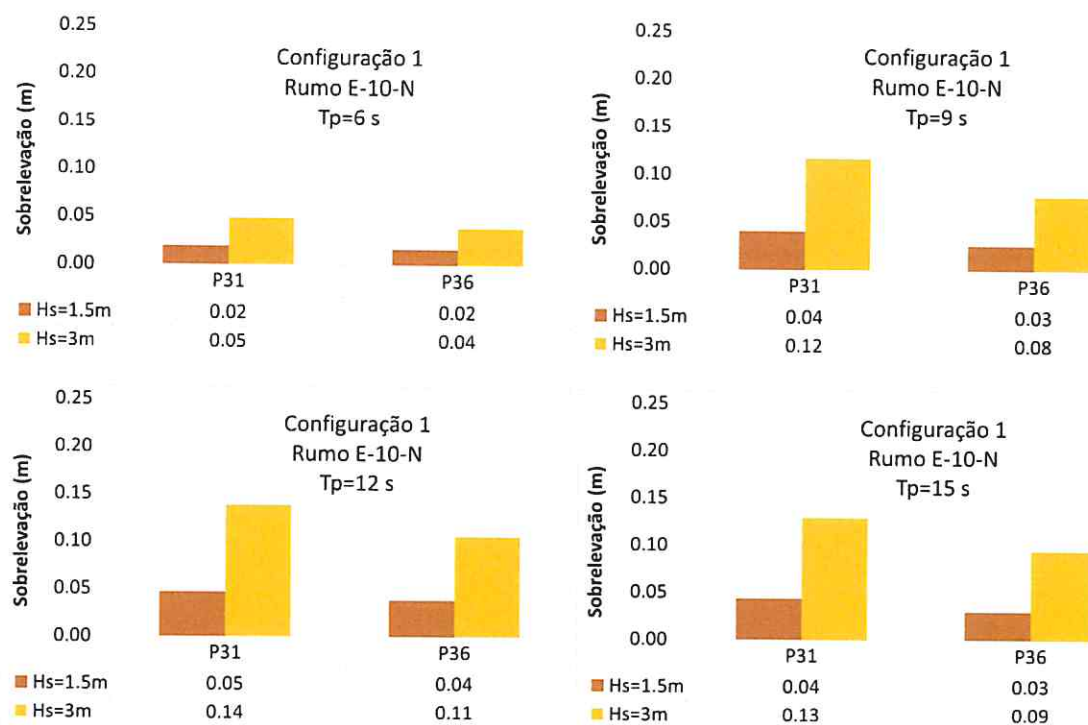


Figura 4.3 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Valores de sobrelevação médios,  $T_p=6$  s, 9 s, 12 s e 15 s

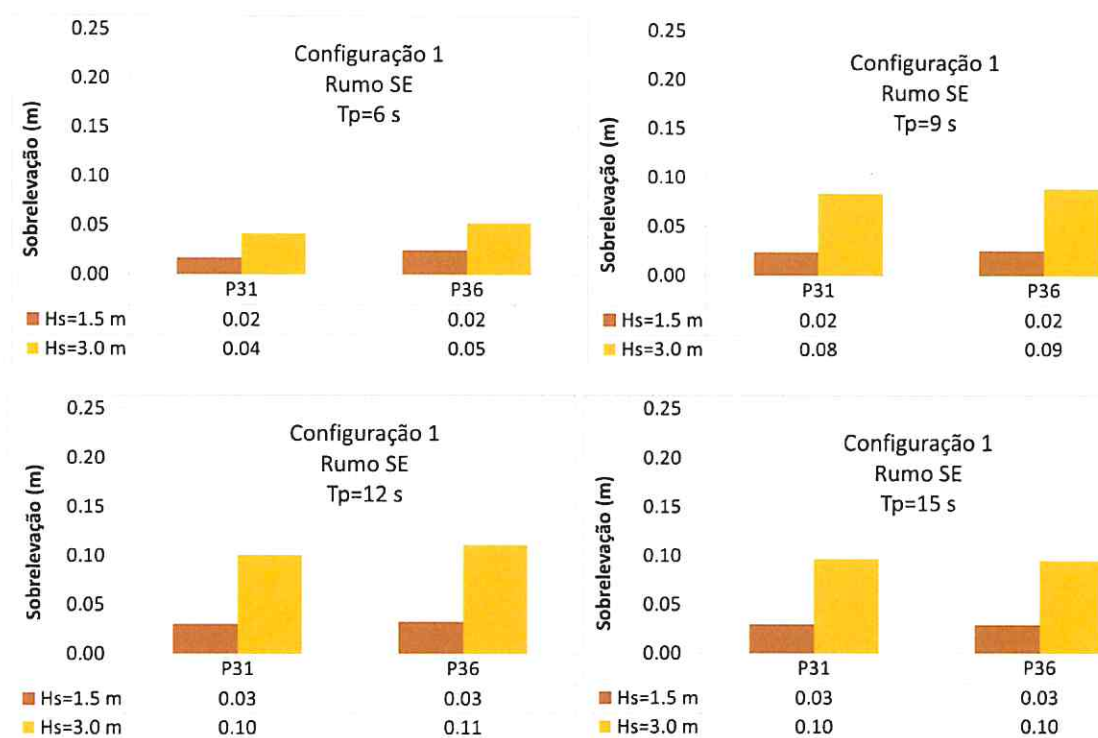


Figura 4.4 – Configuração 1. Rumo SE. Valores de sobrelevação médios,  $T_p=6$  s, 9 s, 12 s e 15 s

Da análise das figuras atrás apresentadas verifica-se que, para a Configuração 1:



- Tal como na Situação Atual, a Configuração 1 apresenta, para os ensaios associados ao rumo E-10-N, valores de sobrelevação no ponto P31 maiores ou iguais aos verificados no ponto P36. Com rumo SE, esta tendência também tende a inverter-se, verificando-se que o ponto P36 apresenta valores de sobrelevação maiores ou iguais aos verificados no ponto P31. Contudo, ao contrário da Situação Atual, estas diferenças são mais significativas para  $H_s=3.0$  m, verificando-se que, para  $H_s=1.5$  m, os valores apresentam a mesma ordem de grandeza em ambos os pontos;
- Os valores de sobrelevação associados a  $H_s=3$  m são, tal como na Situação Atual, sempre superiores aos valores correspondentes associados a  $H_s=1.5$  m, qualquer que seja o rumo e período considerado. Os valores associados a  $H_s=3$  m atingem, neste caso, um máximo de 0.14 m enquanto os associados a  $H_s=1.5$  m não ultrapassam os 0.05 m;
- Os valores máximos de sobrelevação ocorreram com  $T_p=12$  s associado a  $H_s=3.0$  m e os valores obtidos para cada um dos pontos são:
  - Ponto 31
    - 0.14 m para o rumo E-10-N;
    - 0.10 m para o rumo SE.
  - Ponto 36
    - 0.11 m para o rumo E-10-N;
    - 0.11 m para o rumo SE.

#### 4.2.3 Configuração 2

No Quadro 4.3 apresenta-se os resultados obtidos nos ensaios e nas repetições, correspondentes ao rumo SE e rumo E-10-N, para a Configuração 2. Na Figura 4.5 e na Figura 4.6 apresentam-se os valores de sobrelevação (média entre o ensaio a repetição) relativos à Configuração 2, para os rumos E-10-N e SE, respetivamente.

Quadro 4.3 – Configuração 2. Valores de sobrelevação obtidos nos ensaios e nas repetições, para os rumos E-10-N e SE

Rumo	Tipo	Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
			Hs=1.5	Hs=3	Hs=1.5	Hs=3	Hs=1.5	Hs=3	Hs=1.5	Hs=3
E-10-N	Ensaio	P31	0.01	0.05	0.04	0.13	0.05	0.16	0.04	0.11
		P36	0.01	0.04	0.02	0.08	0.04	0.11	0.03	0.09
	Repetição	P31	0.02	0.05	0.03	0.11	0.04	0.15	0.04	0.12
		P36	0.01	0.04	0.02	0.08	0.03	0.11	0.04	0.09
SE	Ensaio	P31	0.01	0.03	0.02	0.07	0.03	0.10	0.02	0.08
		P36	0.01	0.05	0.02	0.10	0.03	0.12	0.03	0.11
	Repetição	P31	0.01	0.03	0.02	0.07	0.03	0.11	0.02	0.09
		P36	0.02	0.05	0.02	0.09	0.04	0.12	0.03	0.11

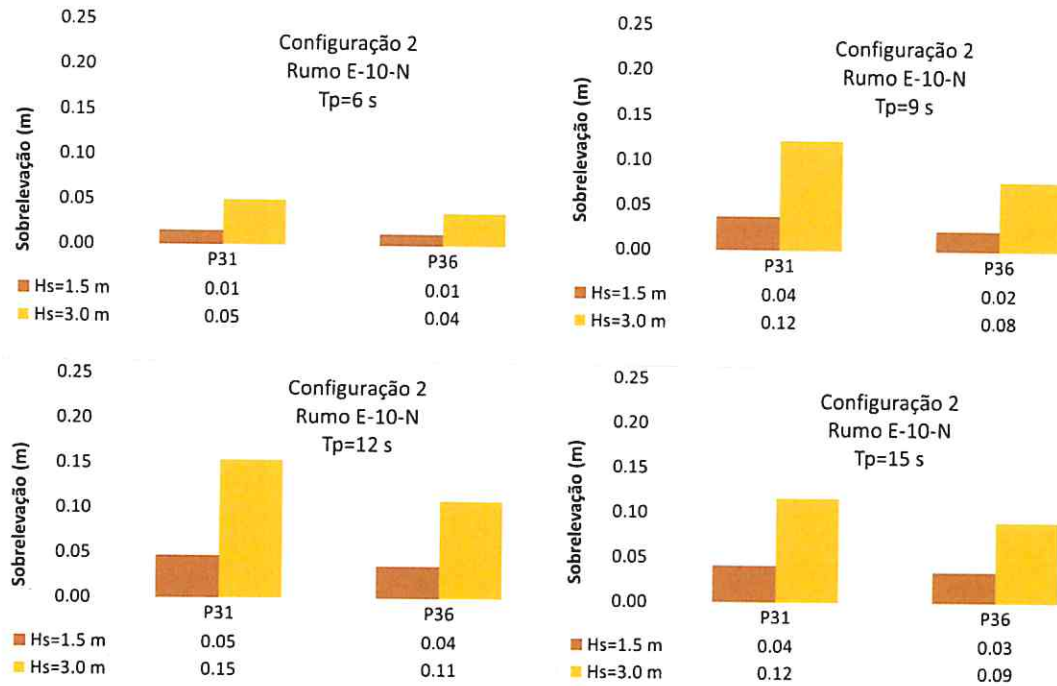


Figura 4.5 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Valores de sobrelevação médios, Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s

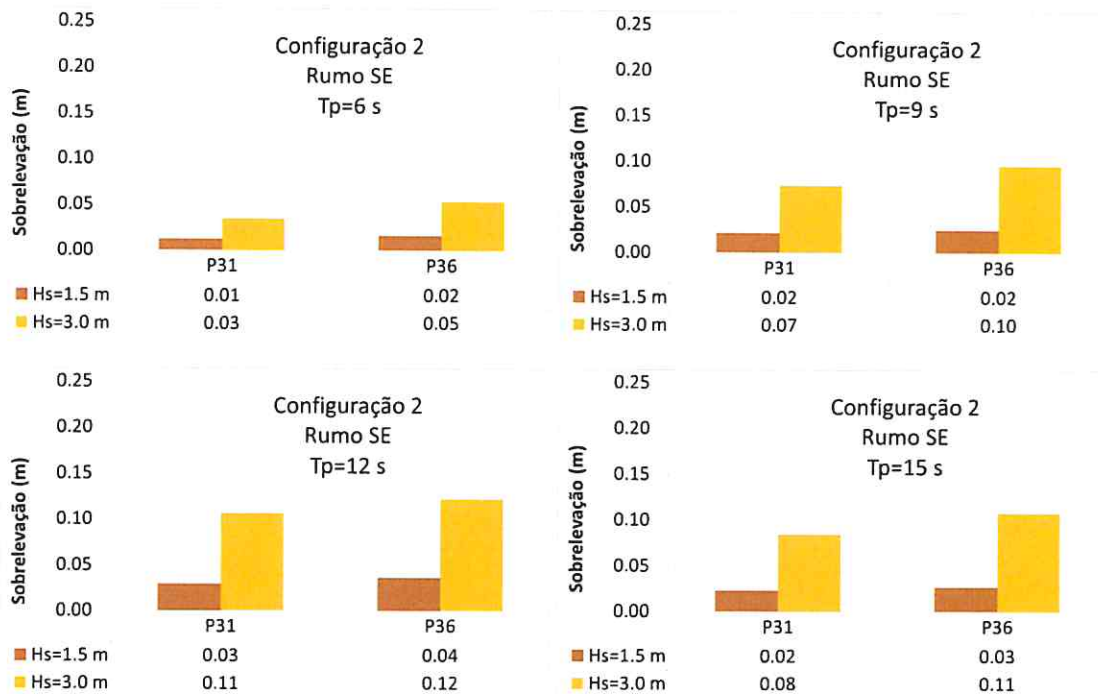


Figura 4.6 – Configuração 2. Rumo SE. Valores de sobrelevação médios, Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s

Da análise das figuras atrás apresentadas verifica-se que, para a Configuração 2:

- Os valores de sobrelevação obtidos com a Configuração 2 são da mesma ordem de grandeza dos obtidos com a Configuração 1, variando também de modo muito semelhante. Para os ensaios associados ao rumo E-10-N, os valores de sobrelevação no ponto P31 são, tal como

nas configurações anteriores, maiores ou iguais aos verificados no ponto P36, invertendo-se esta tendência com o rumo SE, onde o ponto P36 apresenta valores de sobrelevação maiores ou iguais aos verificados no ponto P31. Tal como com a Configuração 1, estas diferenças são mais significativas para  $H_s=3.0$  m, verificando-se que, para  $H_s=1.5$  m, os valores de sobrelevação apresentam a mesma ordem de grandeza em ambos os pontos;

- Os valores de sobrelevação associados a  $H_s=3$  m são, tal como nas duas configurações anteriores, sempre superiores aos valores correspondentes associados a  $H_s=1.5$  m, qualquer que seja o rumo e período considerado. Os valores associados a  $H_s=3$  m atingem, neste caso, um máximo de 0.15 m enquanto os associados a  $H_s=1.5$  m não ultrapassam os 0.05 m;
- Os valores máximos de sobrelevação ocorreram com  $T_p=12$  s associado a  $H_s=3.0$  m e os valores obtidos para cada um dos pontos são:
  - Ponto 31
    - 0.15 m para o rumo E-10-N;
    - 0.11 m para o rumo SE.
  - Ponto 36
    - 0.11 m para o rumo E-10-N;
    - 0.12 m para o rumo SE.

## 4.3 Análise comparativa de resultados

### 4.3.1 Rumo E-10-N

Na Figura 4.7 são apresentados os gráficos comparativos das três configurações portuárias ensaiadas relativamente aos pontos P31 e P36, para o rumo E-10-N.

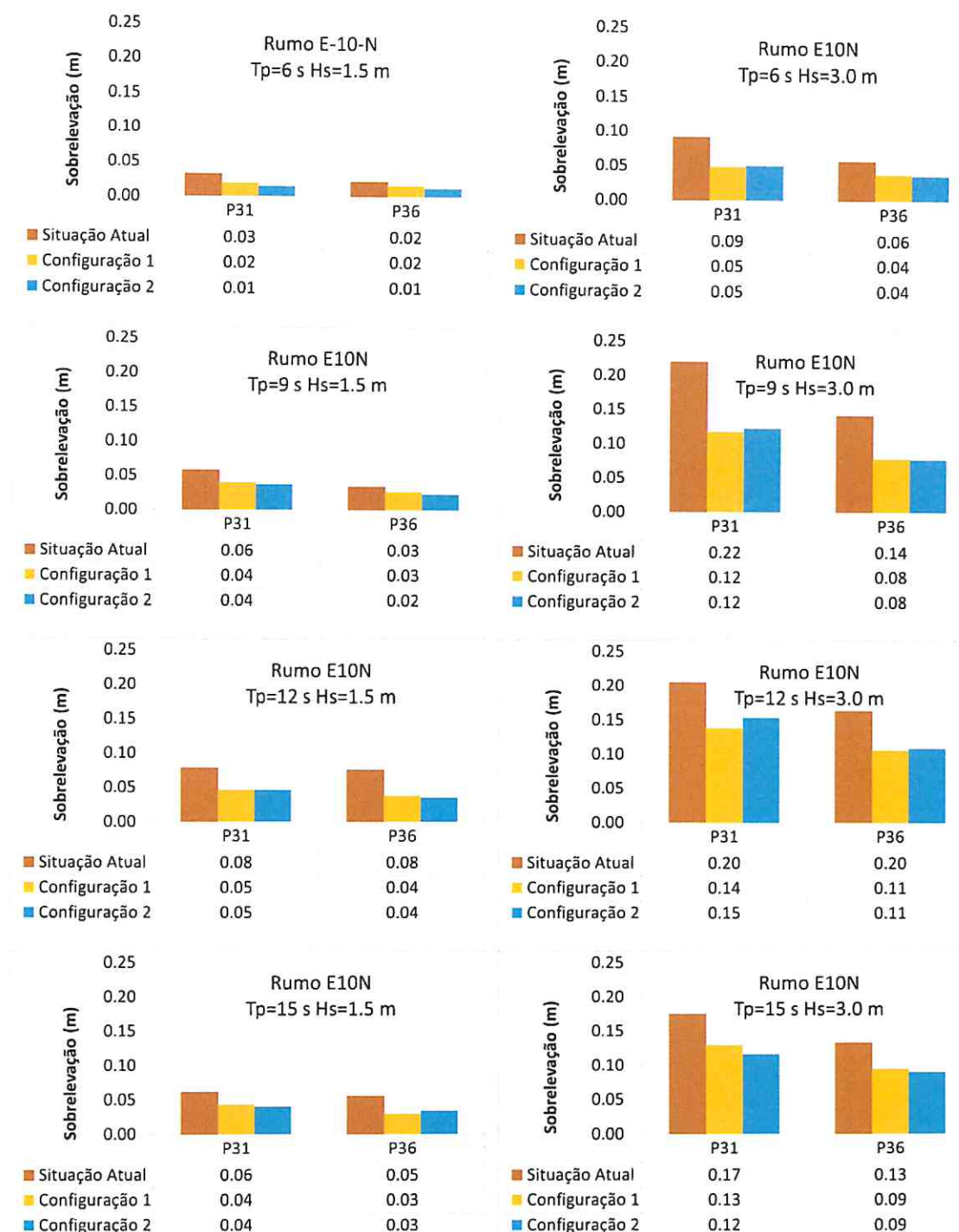


Figura 4.7 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Valores médios de sobrelevação obtidos com, Tp=6 s, 9 s, 12 s e 15 s com Hs=1.5 m e Hs=3.0 m

A Figura 4.8 e a Figura 4.9 ilustram os gráficos representativos das diferenças de valores de sobrelevação entre a Situação Atual e cada uma das duas possíveis configurações, onde os valores positivos correspondem a melhorias nos valores de sobrelevação, i.e., a menores valores médios de sobrelevação da Configuração 1 ou da Configuração 2 face à Situação Atual.

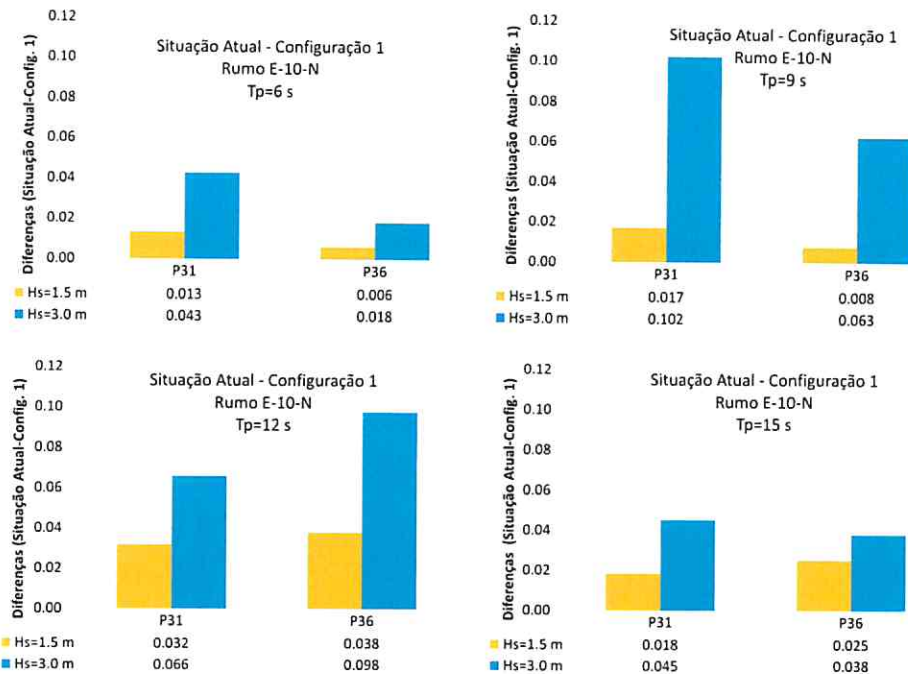


Figura 4.8 – Situação Atual-Configuração 1. Rumo E-10-N. Diferenças entre as sobrelevações da Configuração 1 e da Situação Atual (Diferenças positivas correspondem a menores valores de sobrelevação da Configuração 1 face à Situação Atual)

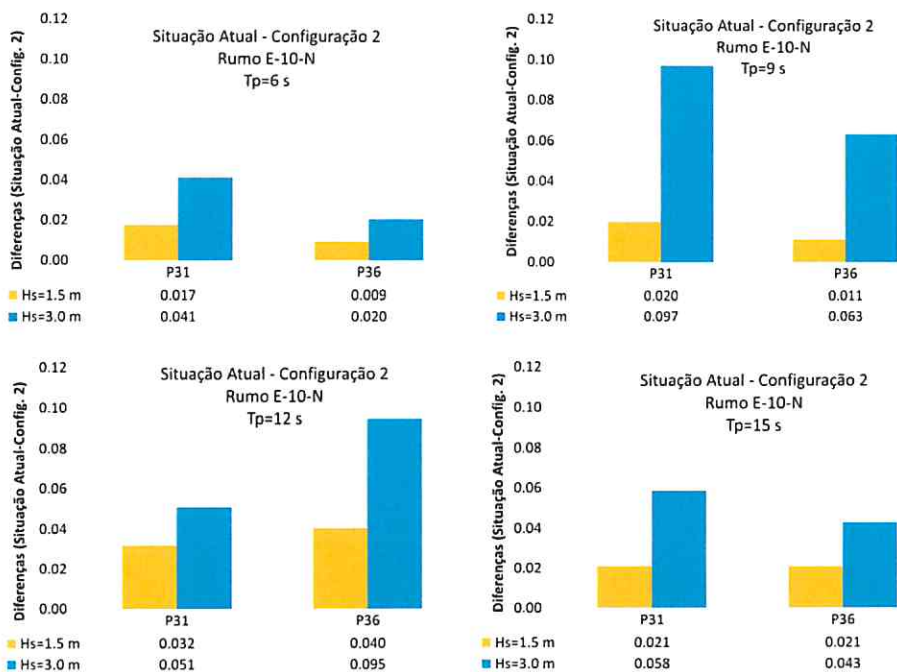


Figura 4.9 – Situação Atual-Configuração 2. Rumo E-10-N. Diferenças entre as sobrelevações da Configuração 2 e da Situação Atual (Diferenças positivas correspondem a menores valores de sobrelevação da Configuração 2 face à Situação Atual)



Das figuras atrás apresentadas, verifica-se que:

- As Configurações 1 e 2 conduzem a valores médios de sobrelevação inferiores relativamente aos obtidos com a Situação Atual, quaisquer que sejam as condições testadas e os pontos considerados;
- Os valores obtidos com as Configurações 1 e 2 são muito semelhantes, quaisquer que sejam as condições testadas e os pontos considerados;
- As diferenças positivas entre os valores médios de sobrelevação das Configurações 1 e 2 face à Situação Atual são maiores para  $H_s=3$  m do que para  $H_s=1.5$  m. Em relação ao período de pico, verificam-se maiores diferenças para  $T_p=9$  s e  $T_p=12$  s, do que para  $T_p=15$  s e  $T_p=6$  s;
- Em geral, o ponto P31 apresenta maiores diferenças face ao ponto P35, para a maioria dos períodos (exceto  $T_p=12$  s).

#### 4.3.2 Rumo SE

Na Figura 4.10 são apresentados os gráficos comparativos das três configurações portuárias ensaiadas relativamente aos pontos P31 e P36, para o rumo SE.

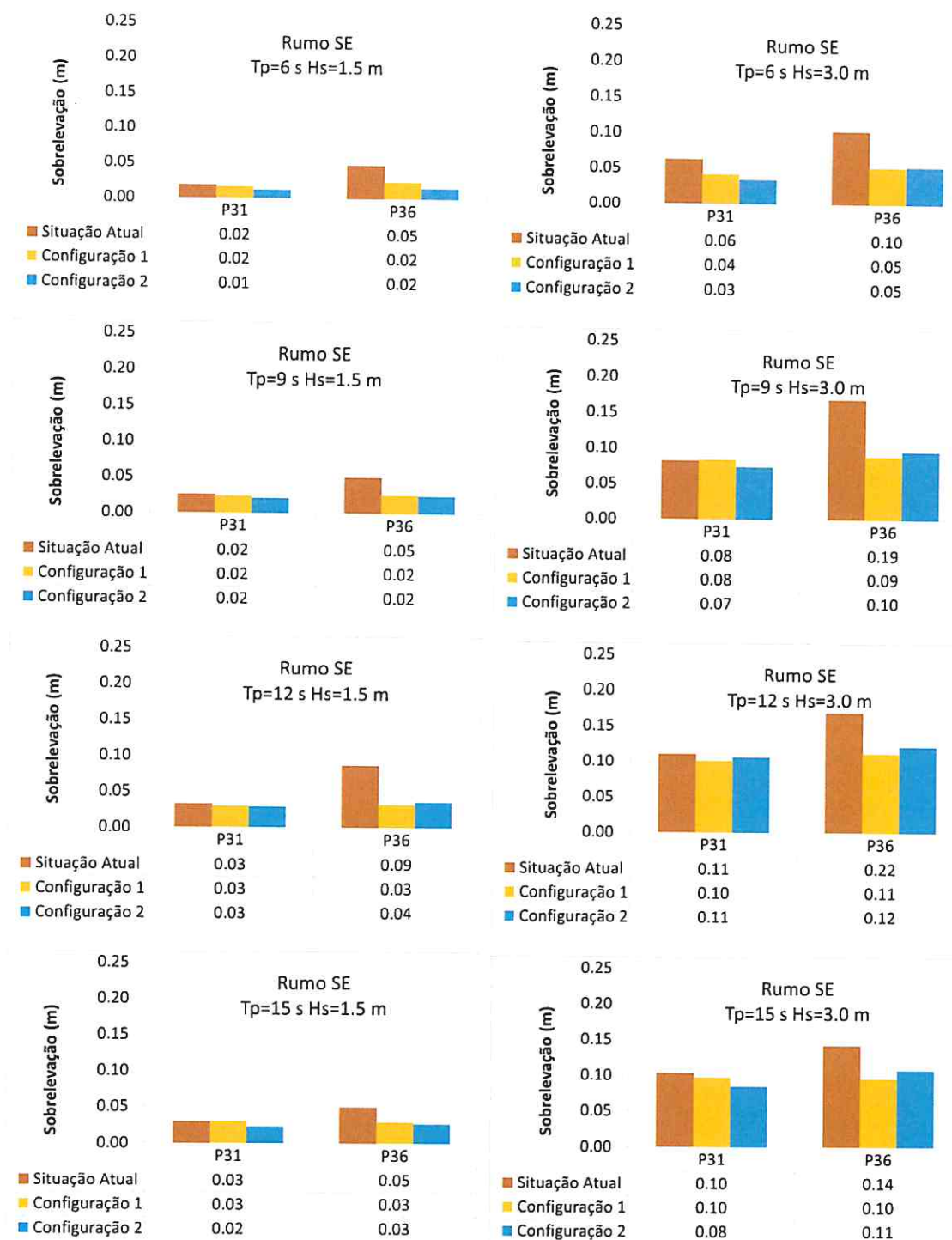


Figura 4.10 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo SE. Valores médios de sobrelevação obtidos com  $T_p = 6$  s, 9 s, 12 s e  $T_p = 15$  s com  $H_s = 1.5$  m e  $H_s = 3.0$  m

A Figura 4.11 e a Figura 4.12 ilustram os gráficos representativos das diferenças de valores de sobrelevação entre a Situação Atual e cada uma das duas possíveis configurações, onde os valores positivos correspondem a melhorias nos valores de sobrelevação, i.e., a menores valores da Configuração 1 ou 2 face à Situação Atual.

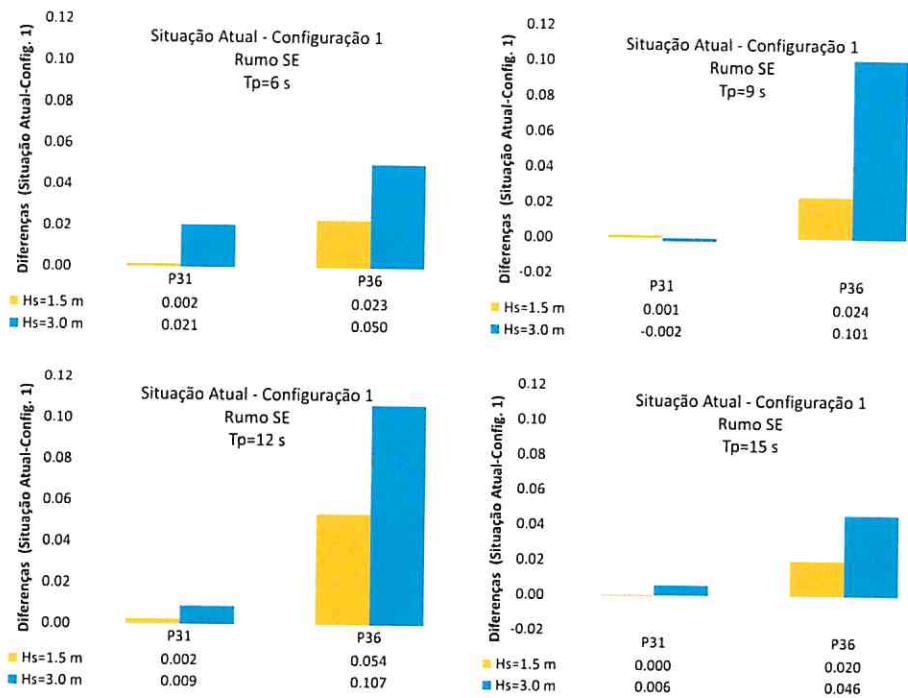


Figura 4.11 – Situação Atual. Configuração 1. Rumo SE. Diferenças entre as sobrelevações da Configuração 1 e da Situação Atual (Diferenças positivas correspondem a menores valores de sobrelevação da Configuração 1 face à Situação Atual)

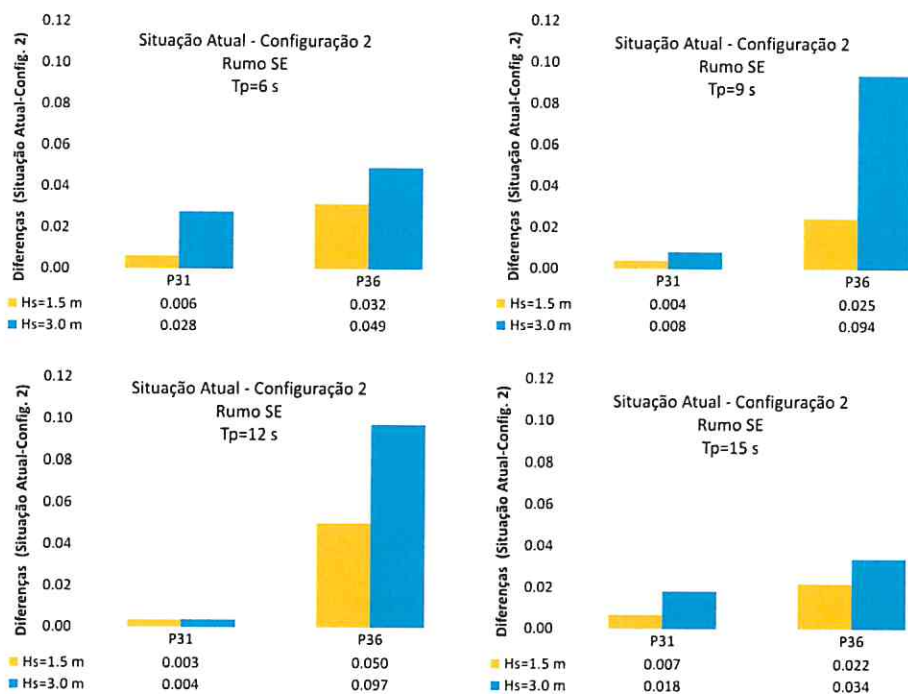


Figura 4.12 – Situação Atual. Configuração 2. Rumo SE. Diferenças entre as sobrelevações da Configuração 2 e da Situação Atual (Diferenças positivas correspondem a menores valores de sobrelevação da Configuração 2 face à Situação Atual)

Das figuras atrás apresentadas, verifica-se que:

- As Configurações 1 e 2 conduzem a valores de sobrelevação inferiores relativamente aos obtidos com a Situação Atual, quaisquer que sejam as condições testadas e os pontos considerados, com exceção de um ligeiro agravamento verificado com a Configuração 1 relativamente à Situação Atual, com um valor muito próximo de zero, o qual se verificou com o rumo SE associado a  $T_p=9$  s e a  $H_s=1.5$  m;
- Os valores obtidos com as Configurações 1 e 2 são muito semelhantes, para ambos os pontos, quaisquer que sejam as condições testadas;
- A melhoria dos valores de sobrelevação das Configurações 1 e 2 face aos valores Situação Atual e para ambos os rumos, é mais notória para os ensaios com  $H_s=3.0$  m (altura mais desfavorável), do que para  $H_s=1.5$  m;
- Em relação ao período de pico, para ambos os rumos, foi nos ensaios com  $T_p=12$  s associados a  $H_s=3$  m a que se verificou a maior melhoria;
- Com o rumo E-10-N, é o ponto P31 que mais beneficia com qualquer uma das configurações propostas. Com o rumo SE, esta tendência inverte-se, passando o ponto P36 a ser o mais beneficiado.

Tanto a Configuração 1 como a Configuração 2 introduzem, na generalidade, uma melhoria significativa para ambos os pontos e para ambos os rumos, sendo, contudo, o rumo E-10-N quem mais beneficia desta melhoria.



## 5 | Ensaio com correntes de maré

### 5.1 Metodologia

Os ensaios com correntes de maré (com e sem agitação marítima) apenas se realizaram com o rumo E-10-N. Nestes casos, foi reproduzida uma maré típica de situação de maré viva, com níveis a variarem entre +0.42 m (ZH) (BMAV) e +1.59 m (ZH) (PMAV). As características da agitação marítima são idênticas às referidas em 2.6.

A duração de cada ensaio correspondeu a 12 horas (cerca de 80 minutos no modelo físico).

A sequência de ensaios incluiu:

- Ensaio com variação da maré e repetição;
- Ensaio com variação da maré e com reprodução simultânea de agitação marítima, com  $T_p=6$  s, 9 s, 12 s e 15 s, e  $H_s=1.5$  m e 3.0 m. Os ensaios com  $H_s=3.0$  m foram repetidos para verificação da reprodutibilidade.

Em todos os ensaios, procedeu-se à medição das velocidades em três pontos identificados na Figura 5.1 com velocímetros acústicos (ADV) que registam as componentes segundo x, y e z ao longo do tempo. O referencial utilizado é o apresentado na Figura 5.1 em todos os velocímetros.

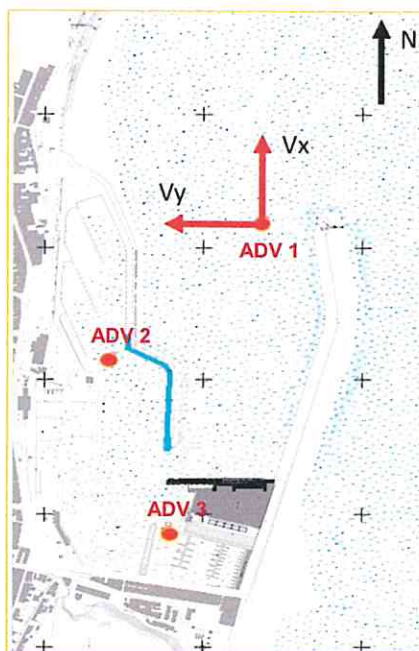


Figura 5.1 – Posicionamento do equipamento de medição das velocidades e referencial utilizado

A metodologia de análise dos registos dos ADV consistiu na utilização do pacote DIWASP (Johnson, 2002), uma toolbox de funções desenvolvida em MATLAB para a estimativa de espectros de ondas direccionais. Os espectros podem ser calculados a partir de uma variedade de tipos de dados como

elevação da superfície livre, pressão, componentes de velocidade, componentes de inclinação da superfície, velocidade vertical da superfície da água ou aceleração vertical da superfície da água. Nesta metodologia, podem ser escolhidos cinco métodos de estimativa diferentes. Cada um tem diferentes níveis de desempenho em termos de precisão, velocidade e adequação para diferentes tipos de dados:

- DFTM: Direct Fourier Transform Method (Barber 1961);
- EMLM: Extended Maximum Likelihood Method (Isobe *et al.* 1984);
- IMLM: Iterated Maximum Likelihood Method (Pawka 1983);
- EMEP: Extended Maximum Entropy Method (Hashimoto *et al.* 1993);
- BDM: Bayesian Direct Method (Hashimoto and Kobune 1988).

Utilizando uma adaptação destas rotinas (Pinheiro, 2019a e Pinheiro, 2019b), de forma a ler e tratar os dados dos ensaios efetuados, nomeadamente as séries temporais da elevação da superfície livre na sonda e as componentes da velocidade medida no ADV próximo dessa sonda, obtiveram-se os respetivos espetros, utilizando o método de EMLM. Desta metodologia, obtiveram-se os valores de DTp e de Dp, que correspondem respetivamente à direção espectral associada ao período de pico (período de maior energia no espetro em frequência) e à direção de pico (direção de maior energia no espetro direcional).

A análise dos espetros direcionais através desta metodologia permite retirar conclusões mais pertinentes na presença de agitação marítima, devido à gama de frequência que é possível obter. No caso dos testes sem agitação marítima é mais adequada a análise temporal das velocidades. Por este motivo analisou-se igualmente a série temporal das componentes em x e y das velocidades medidas nos ADVs e foram calculados os valores da norma e direção do vetor velocidade em cada instante e ainda os valores máximos, mínimos e as médias destes parâmetros ao longo de cada ensaio.

Para o cálculo da norma do vetor velocidade utilizou-se a expressão:

$$V = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (1)$$

Com base nesse valor, calcularam-se o máximo, mínimo e a média da norma do vetor, ao longo de um ensaio.

Para o cálculo da direção do vetor velocidade utilizou-se a expressão:

$$Dir = \text{atan}\left(\frac{v_y}{v_x}\right) \quad (2)$$

A direção média, Dir\_med é estimada através da determinação do valor mais frequente da direção ao longo do ensaio. Foi também determinado o valor da direção associado ao maior registo da norma das velocidades (Dir\_Vmax).

Por uma questão de uniformidade de resultados, todas as direções apresentadas neste relatório foram convertidas de forma a estarem referidas ao norte.

## 5.2 Resultados dos ensaios

Do Quadro III.1 ao Quadro III.3 do Anexo III, apresentam-se todos os resultados dos ensaios (e repetições) obtidos nos velocímetros ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente. Estes resultados foram obtidos com variação da maré, para a situação sem e com agitação marítima e para a Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Os resultados são os valores da velocidade máxima ( $V_{max}$ ), velocidade média ( $V_{med}$ ) e da direção do escoamento ( $DTp$ ,  $Dp$ ,  $Dir_{med}$ ,  $Dir_{Vmax}$ ).

Para os valores de  $V_{max}$  e  $V_{med}$ , apresenta-se da Figura III.1 à Figura III.3 do Anexo III para cada uma das configurações, Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2, para os períodos e alturas de onda, para os ADV1, ADV2 e ADV3.

Para os valores das direções, apresenta-se da Figura III.5 à Figura III.10, exemplos dos ensaios efetuados, para cada uma das configurações, Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2, as rosas das direções obtidos nos ADV1, ADV2 e ADV3.

### 5.2.1 Situação Atual

Na Figura 5.2, Figura 5.3 e na Figura 5.4 apresentam-se os valores de velocidade máxima e velocidade média nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente, nos ensaios e repetições com variação da maré, com e sem agitação marítima.

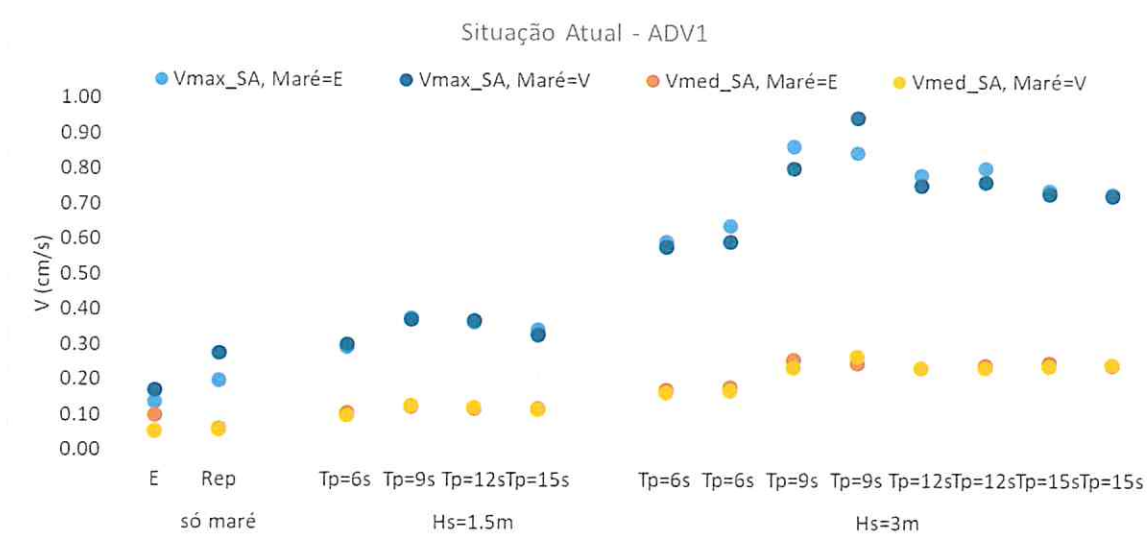


Figura 5.2 – Situação Atual. ADV1. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima

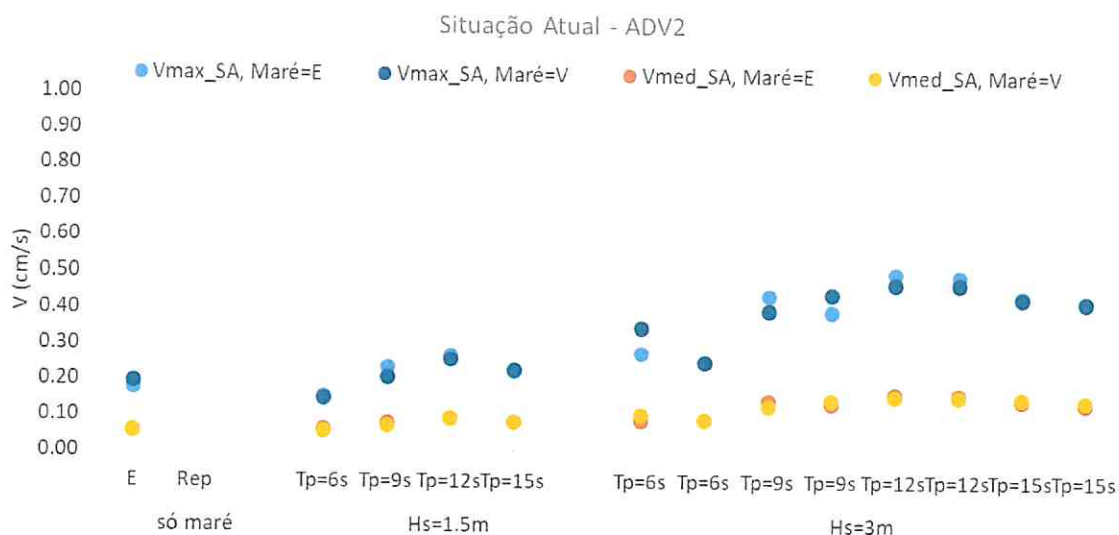


Figura 5.3 – Situação Atual. ADV2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima

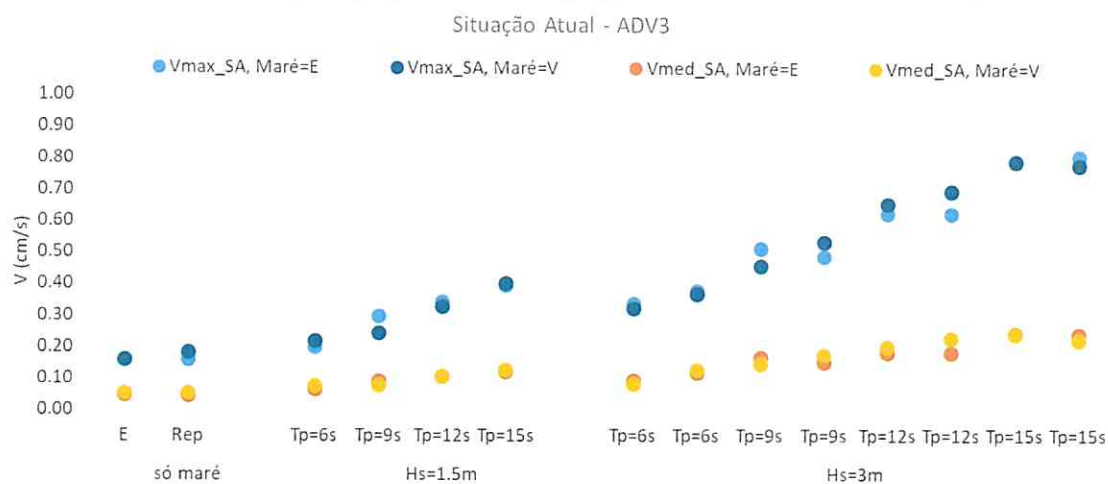


Figura 5.4 – Situação Atual. ADV3. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima

No Quadro 5.1 apresenta-se os valores médios de  $V_{\max}$  e  $V_{\text{med}}$ , obtidas nos diversos ensaios de ensaios e repetições.

Quadro 5.1 – Situação Atual. ADV1, ADV2 e ADV3. Rumo E-10-N. Média dos valores de velocidade média e máxima, obtidas nos ensaios e nas repetições

Hs (m)	ADV1		ADV2		ADV3	
	Maré					
0	Vmax	Vmed	Vmax	Vmed	Vmax	Vmed
	0.20	0.07	0.19	0.06	0.17	0.05
Maré+Agitação						
1.5	0.35	0.12	0.22	0.08	0.30	0.10
3.0	0.75	0.23	0.41	0.14	0.57	0.18

Da análise dos resultados obtidos acima, no caso da Situação Atual, verifica-se que:

- As velocidades observadas (médias e máximas) são bastante pequenas e sempre inferiores a 1 cm/s, em qualquer dos casos testados (ensaio com maré sem e com agitação marítima);
- As velocidades média e máximas obtidas nos ensaios com maré sem agitação marítima são inferiores aos resultados obtidos nos ensaios com maré e com agitação marítima. Para o caso dos ensaios sem agitação marítima, o valor máximo é de 0.28 cm/s enquanto para o caso dos ensaios com agitação marítima, podem atingir cerca de 0.95 cm/s, sendo os maiores valores encontrados para  $H_s=3$  m. Em geral, as velocidades máximas obtidas para alturas de onda significativa de  $H_s=3$  m são superiores aos de  $H_s= 1.5$  m;
- Em geral, há uma tendência entre o aumento da velocidade máxima e o período da onda, que se verifica para todos os ADVs (com exceção do  $T_p=15$  s, em ADV1 e ADV2), e alturas de onda testadas. Esta tendência é bastante notória no caso do ADV3 e para  $H_s=3$  m. Para a velocidade média, tal já não é tão evidente nos ADV1 e ADV2 embora se verifique uma ligeira tendência de aumento da velocidade média com o período da onda no caso do ADV3, e na altura de onda significativa de 3 m;
- Nos ensaios com agitação marítima, o ADV1 apresenta valores de velocidade média e máximas superiores aos valores obtidos com o ADV2 e o ADV3, devido a localizar-se numa zona mais exposta à agitação marítima. Nos ensaios sem agitação, os valores das velocidades média e máximas são semelhantes em todos os ADVs.

Na Figura 5.5, Figura 5.6 e na Figura 5.7 apresentam-se os valores de direção de escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente, nos ensaios e repetições com variação da maré, no sentido enchente, com e sem agitação marítima. Na Figura 5.8, Figura 5.9 e na Figura 5.10 apresentam-se os valores de direção de escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente, nos ensaios e repetições com variação da maré, no sentido vazante, com e sem agitação marítima.

Da Figura III.6 à Figura III.10 apresenta-se os histogramas polares das direções de escoamento, para os casos dos ensaios com maré (com e sem agitação marítima), caracterizada por  $H_s=3$  m, para  $T_p=6$  s, 9 s, 12 s e 15 s.



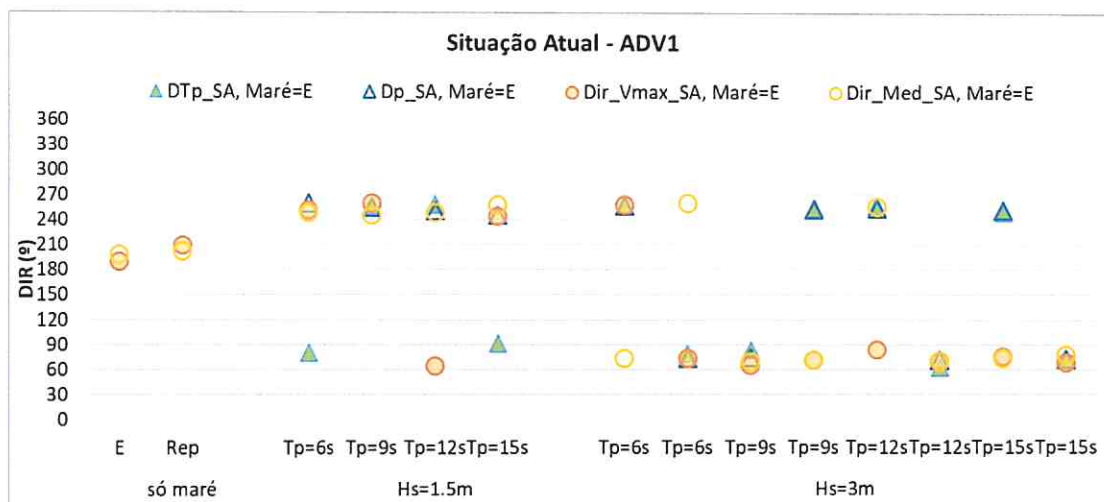


Figura 5.5 – Situação Atual. ADV1. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima

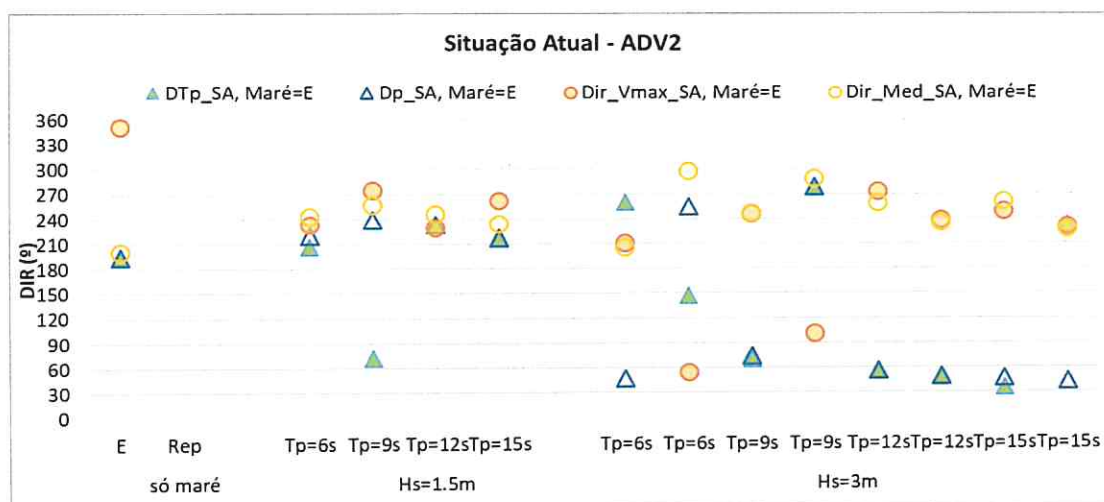


Figura 5.6 – Situação Atual. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima

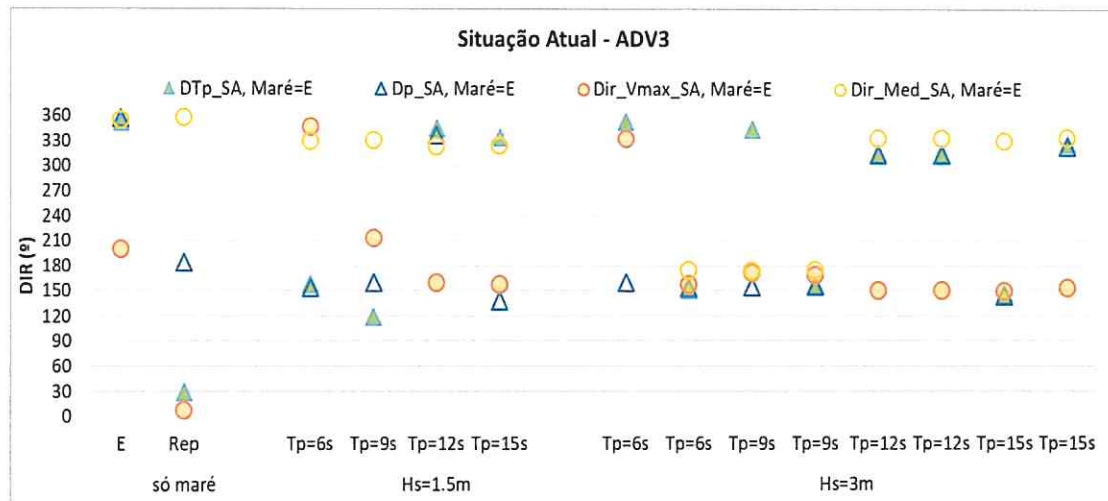


Figura 5.7 – Situação Atual. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima

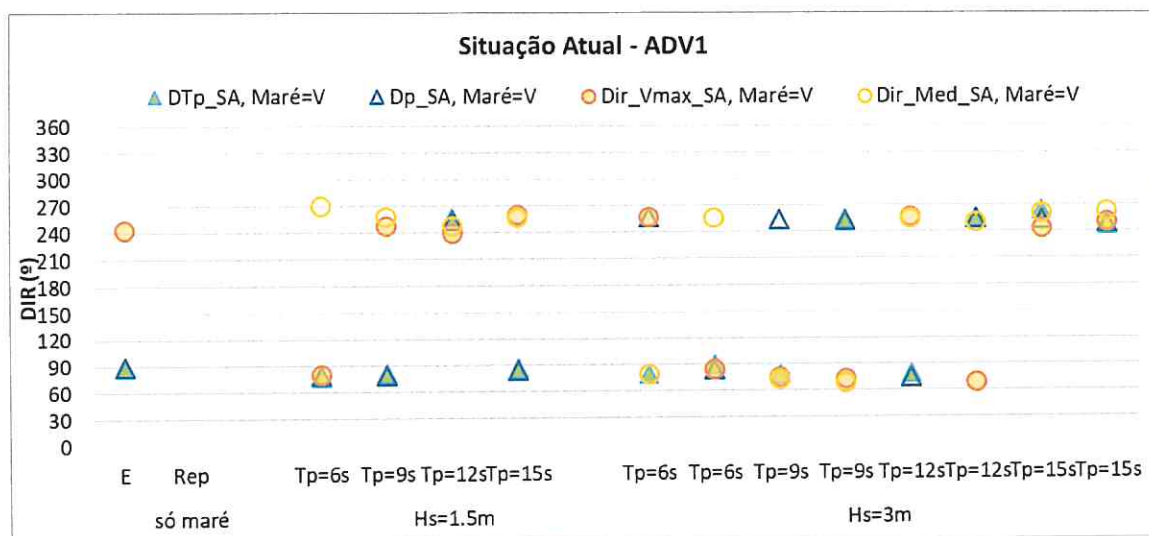


Figura 5.8 – ADV1. Situação Atual. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima

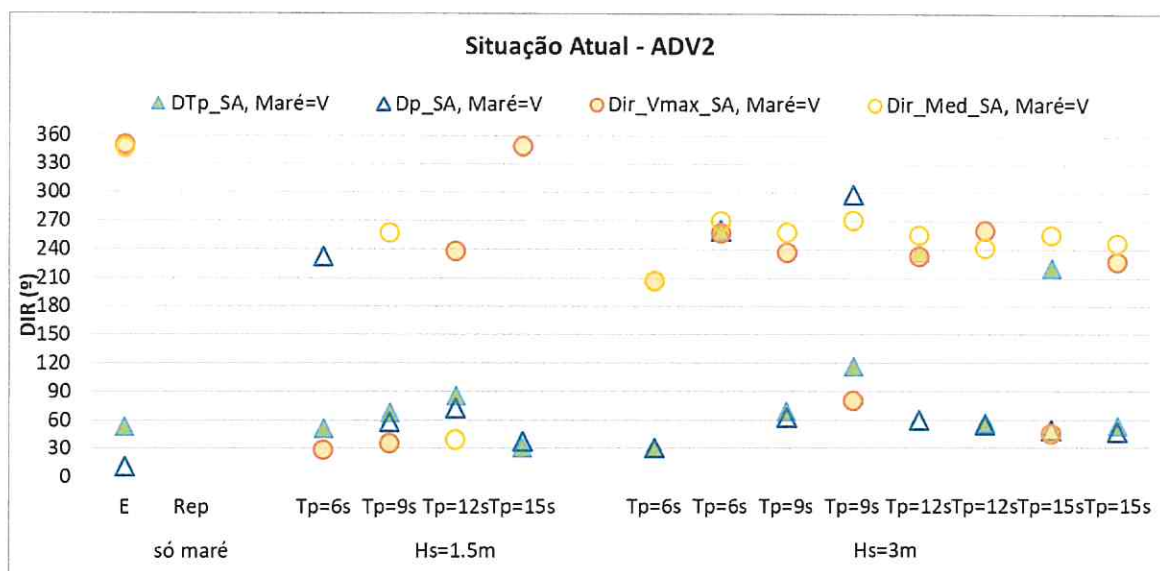


Figura 5.9 – Situação Atual. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima

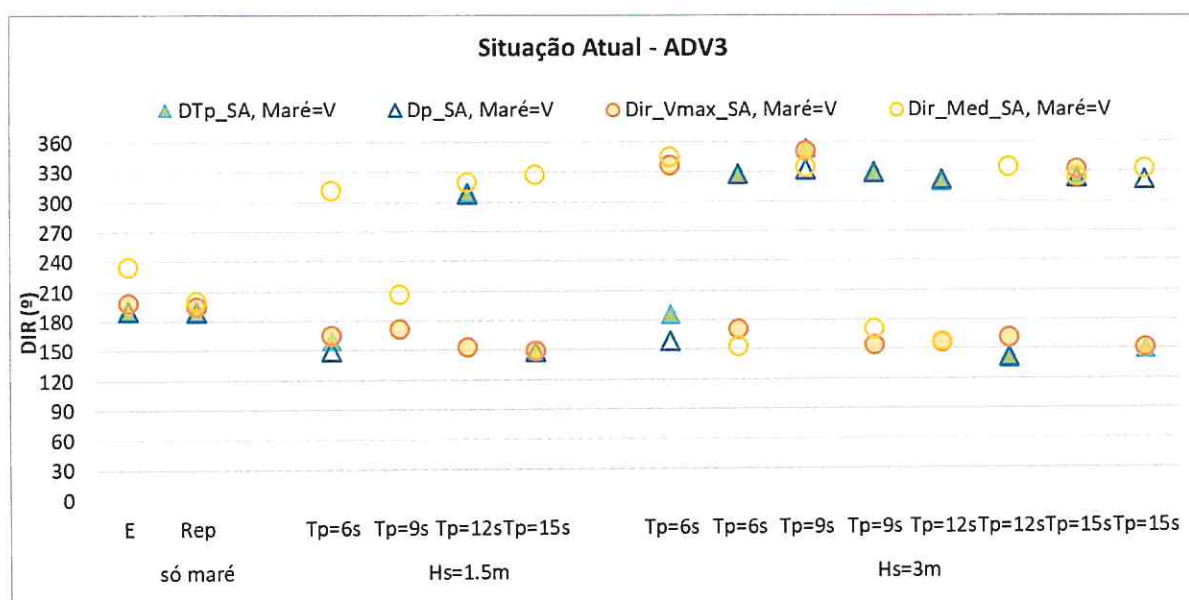


Figura 5.10 – Situação Atual. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima

Relativamente às direções de onda:

- Para os casos sem agitação marítima (apenas variação de maré), e uma vez que as correntes de maré são muito reduzidas, não foi possível identificar claramente a direção dominante do escoamento em vazante e em enchente;
- Para os casos com agitação marítima,
  - Não há uma dependência entre as direções do escoamento com a maré, uma vez que a velocidade associada à agitação marítima se sobrepõe à componente da maré;

- As direções obtidas refletem a influência das reflexões da agitação marítima nas estruturas portuárias;
- As direções do escoamento assumem valores centrados num de dois valores ( $60^\circ$  ou  $240^\circ$ ), conforme o sentido do escoamento, dentro do rumo ENE-WSW, no caso do ADV1. No caso do ADV3, as direções do escoamento assumem valores próximos de um de dois valores ( $150^\circ$  ou  $330^\circ$ ), conforme o sentido do escoamento, dentro do rumo SSE-NNW. No caso do ADV2, há uma maior dispersão nos valores encontrados resultado das reflexões verificadas nesse ponto devido à sua localização na marina. Assim, os valores apresentam-se torno de  $250^\circ$  e de  $50^\circ$ .

### 5.2.2 Configuração 1

Na Figura 5.11, na Figura 5.12 e na Figura 5.13 apresenta-se os valores de velocidade máxima e velocidade média nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente, nos ensaios e repetições com variação da maré, com e sem agitação marítima.

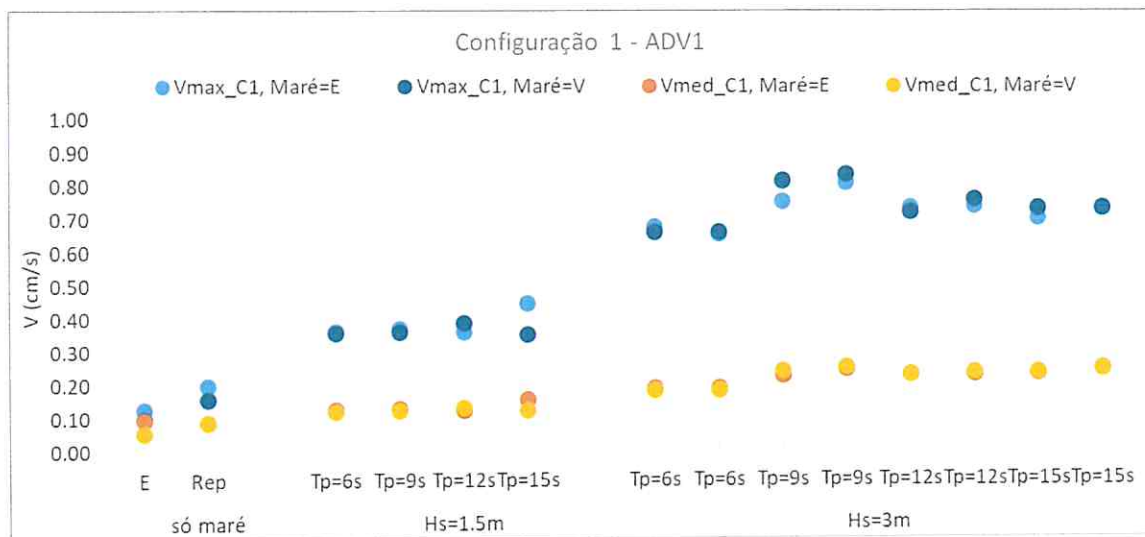


Figura 5.11 – Configuração 1. ADV1. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima

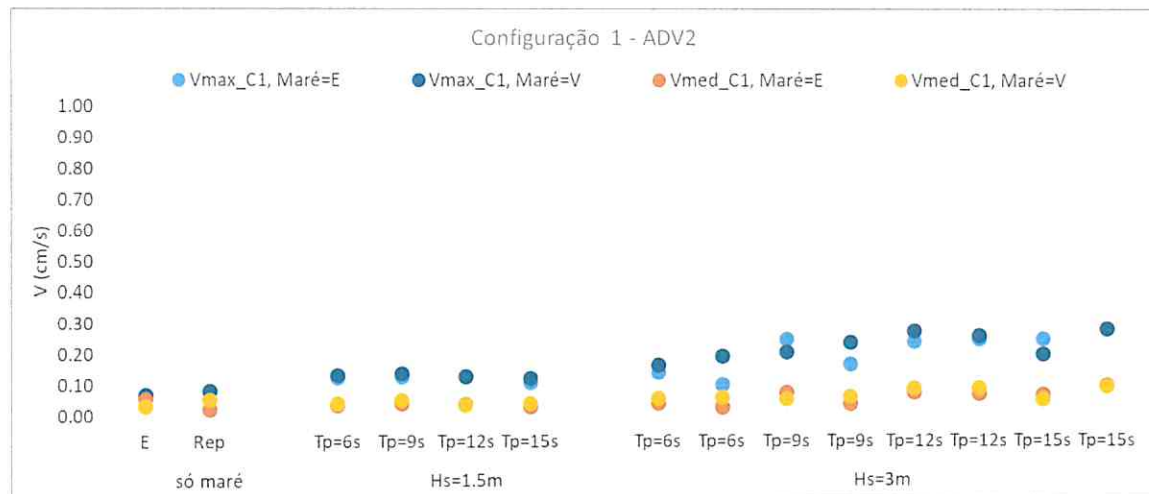


Figura 5.12 – Configuração 1. ADV2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima

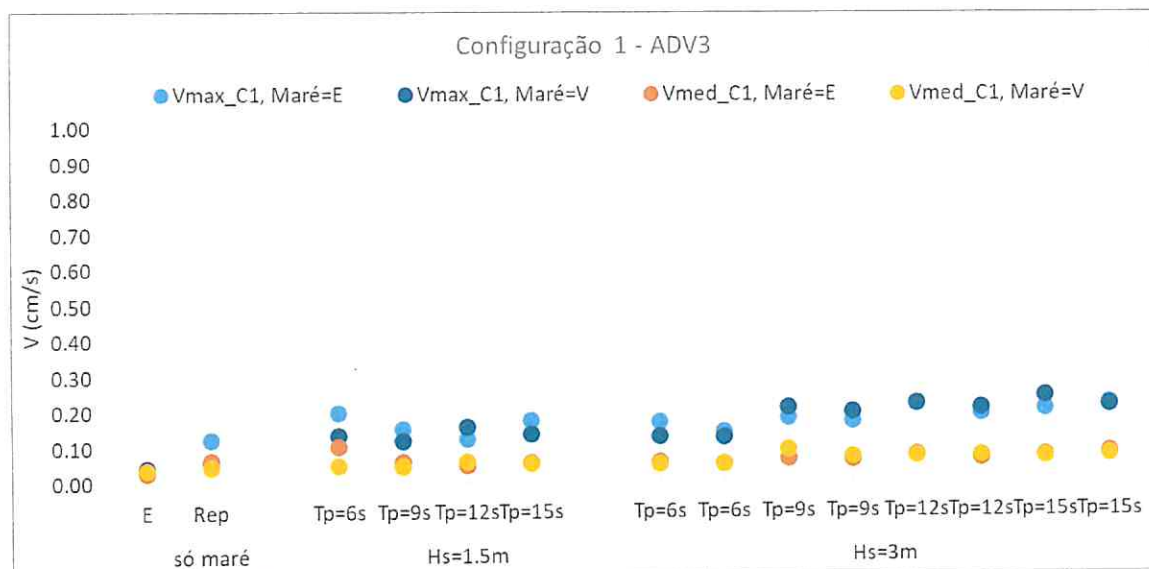


Figura 5.13 – Configuração 1. ADV3. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima

No Quadro 5.2 apresenta-se os valores máximos, médios e mínimos de Vmax e Vmed, obtidas nos diversos ensaios de ensaios e repetições.

Quadro 5.2 – Configuração 1. ADV1, ADV2 e ADV3. Rumo E-10-N. Média dos valores de velocidade média e máxima, obtidas nos ensaios e nas repetições

Hs (m)	ADV1		ADV2		ADV3	
	Maré					
0	Vmax	Vmed	Vmax	Vmed	Vmax	Vmed
	0.15	0.08	0.07	0.04	0.07	0.05
	Maré+Agitação					
1.5	0.38	0.13	0.13	0.04	0.15	0.06
3.0	0.73	0.22	0.22	0.06	0.19	0.07



Da análise dos resultados obtidos acima verifica-se que, no caso da Configuração 1:

- As velocidades são muito semelhantes às verificadas na Situação Atual, para o ADV1, na entrada do porto. Nos ADV2 e ADV3, constata-se que as velocidades se reduzem significativamente. Tal facto deve-se à maior proteção conferida pela obras implementadas.
- Em todos os ADVs,
  - As velocidades observadas (médias e máximas) são bastante pequenas e sempre inferiores a 0.85 cm/s, em qualquer dos casos com e sem agitação marítima;
  - As velocidades médias e máximas obtidas nos ensaios com maré sem agitação marítima são inferiores aos resultados obtidos nos ensaios com maré e com agitação marítima. Para o caso dos ensaios sem agitação marítima, o máximo é 0.20 cm/s enquanto para o caso dos ensaios com agitação marítima, podem atingir 0.83 cm/s, no caso do ADV1, sendo os maiores valores encontrados para  $H_s=3$  m. Em geral, as velocidades máximas obtidas para alturas de onda de  $H_s=3$  m são superiores aos de  $H_s=1.5$  m;
  - Não é evidente uma variação da velocidade com o período da onda para o ADV2 e ADV3. No caso do ADV1, há uma ligeira tendência entre o aumento da velocidade máxima e o período da onda (com algumas exceções);
  - Nos ensaios com maré e com agitação marítima, os valores da velocidade média aumentam ligeiramente com a altura de onda incidente. Esse aumento é bem mais significativo para o ADV1 do que para o ADV2 e ADV3 e para os valores da velocidade máxima, onde os valores associados a  $H_s=3$  m são superiores aos verificados com  $H_s=1.5$  m;

Nas Figura 5.14, Figura 5.15 e Figura 5.16 apresentam-se os valores de direção de escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente, nos ensaios e repetições com variação da maré, no sentido enchente, com e sem agitação marítima. Nas Figura 5.17, Figura 5.18 e Figura 5.19 apresentam-se os valores de direção de escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente, nos ensaios e repetições com variação da maré, no sentido vazante, com e sem agitação marítima.

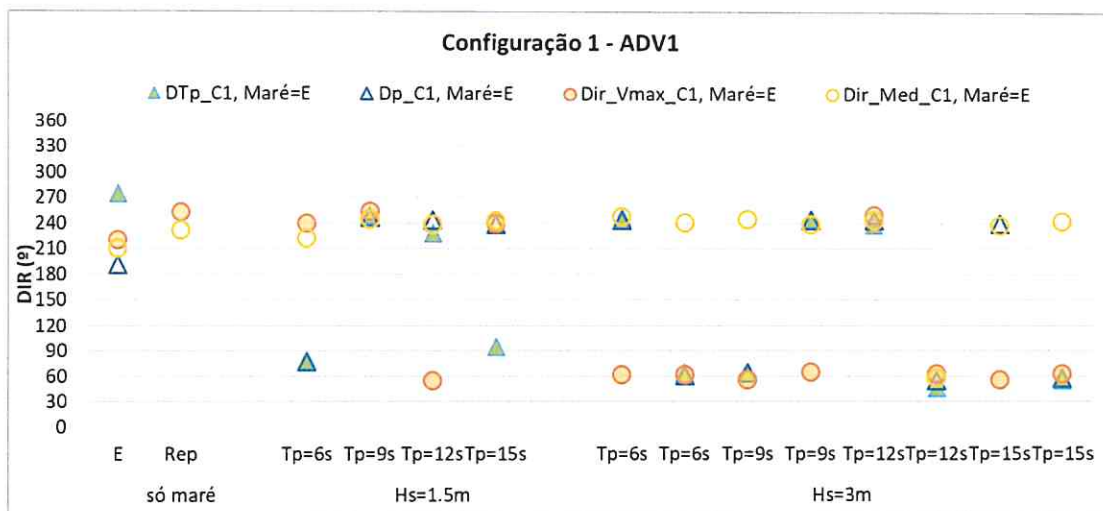


Figura 5.14 – Configuração 1. ADV1. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima

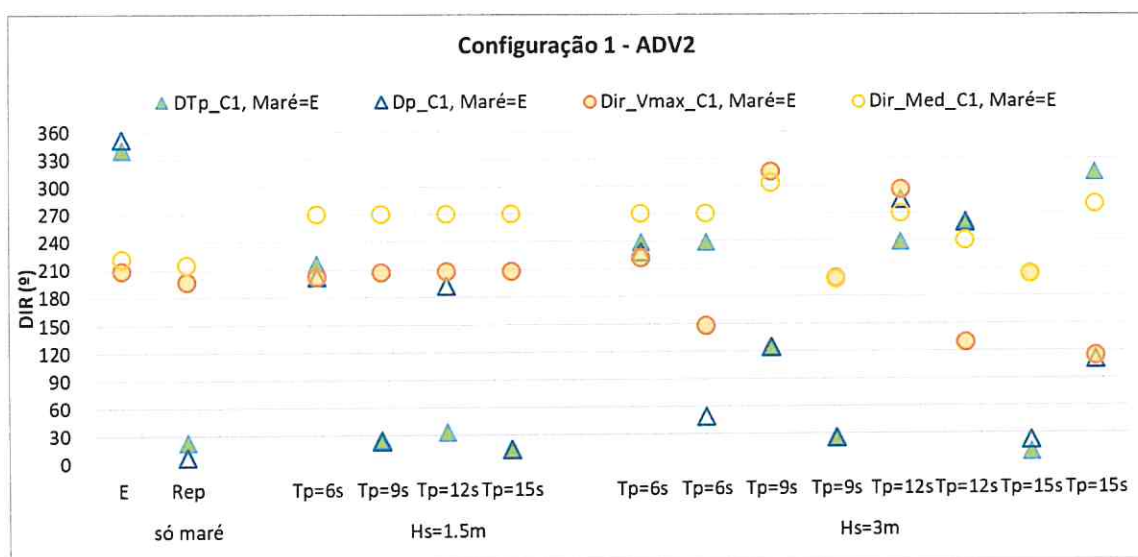


Figura 5.15 – Configuração 1. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima

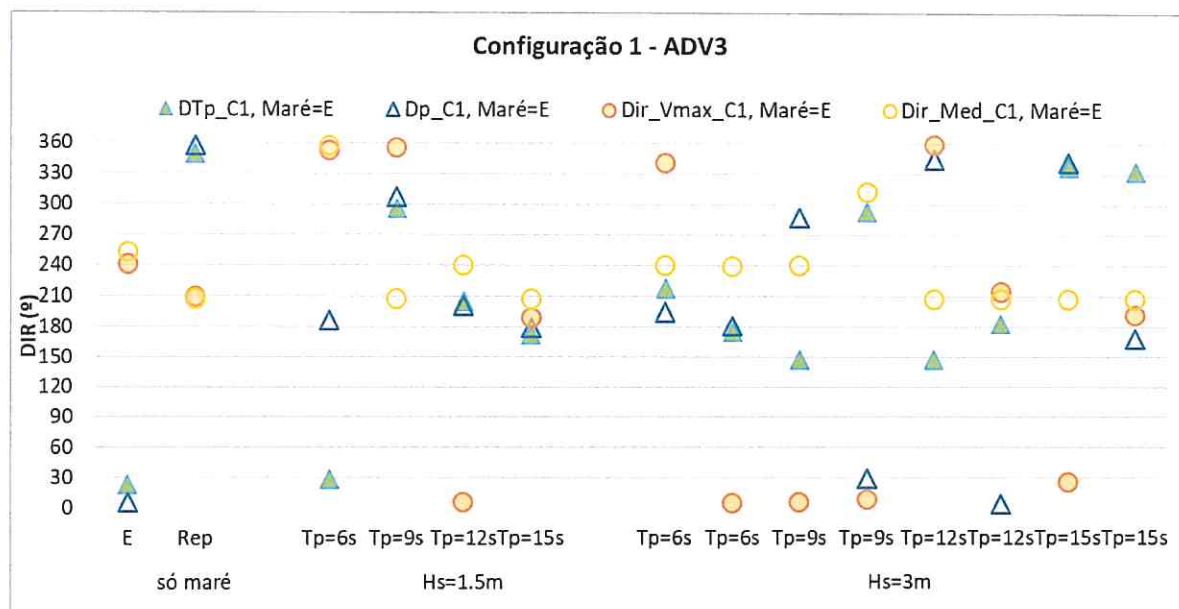


Figura 5.16 – Configuração 1. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima

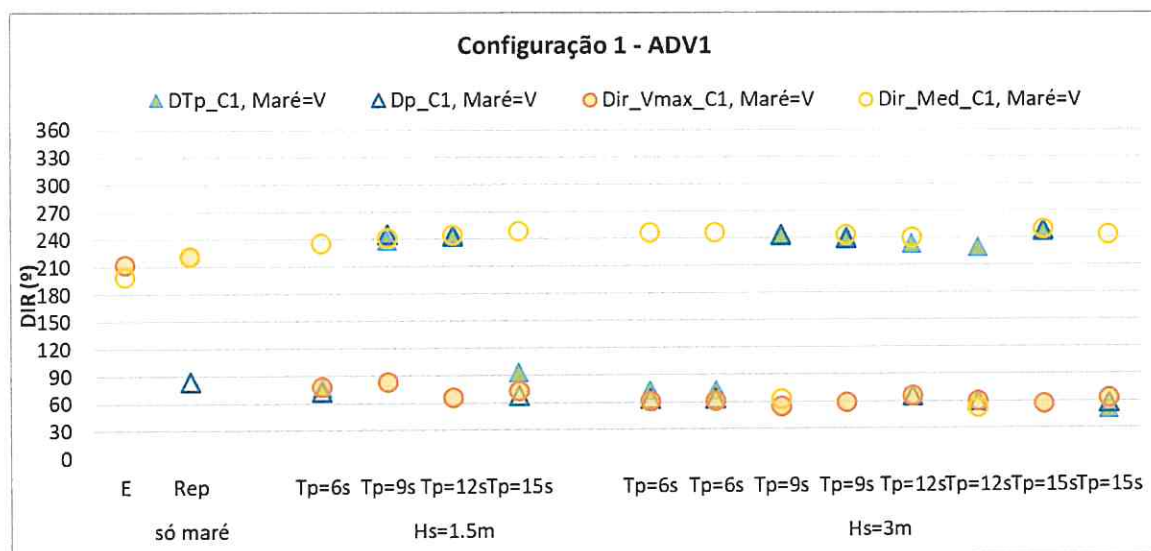


Figura 5.17 – Configuração 1. ADV1. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima

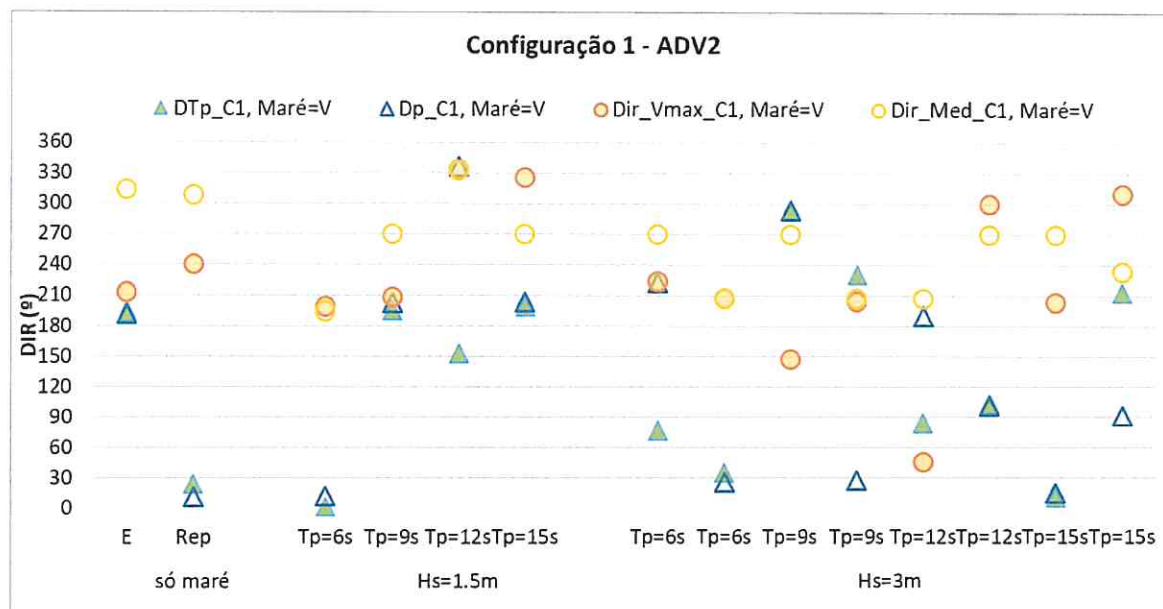


Figura 5.18 – Configuração 1. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima

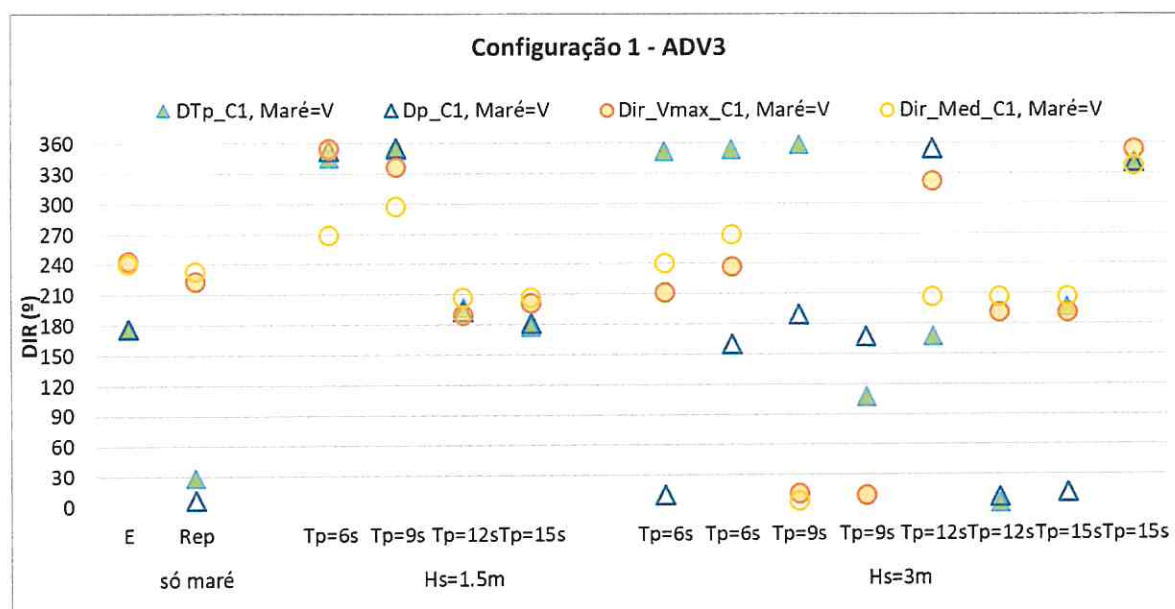


Figura 5.19 – Configuração 1. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima

Relativamente às direções de onda, para além do que foi dito na Situação Atual, verifica-se que:

- No caso do ADV1, as direções do escoamento assumem um de dois valores ( $60^\circ$  ou  $240^\circ$ ), conforme o sentido do escoamento, dentro do rumo ENE-WSW;
- No caso dos ADV2 e ADV3, as direções do escoamento obtidas assumem valores mais diversos. Essa dispersão nos valores encontrados é resultado das reflexões verificadas nesses pontos e de a agitação ser mais reduzida.

### 5.2.3 Configuração 2

No Quadro III.1, Quadro III.2 e Quadro III.3 do Anexo IV, apresentam-se os resultados dos ensaios (e repetições) obtidos nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente. Estes resultados foram obtidos com variação da maré, para a situação sem e com agitação marítima e para a Configuração 2. Os resultados são os valores da velocidade máxima, velocidade média e da direção do escoamento.

Nas Figura 5.20, Figura 5.21 e Figura 5.22 apresenta-se os valores de velocidade máxima e velocidade média nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente, nos ensaios e repetições com variação da maré com e sem agitação marítima.

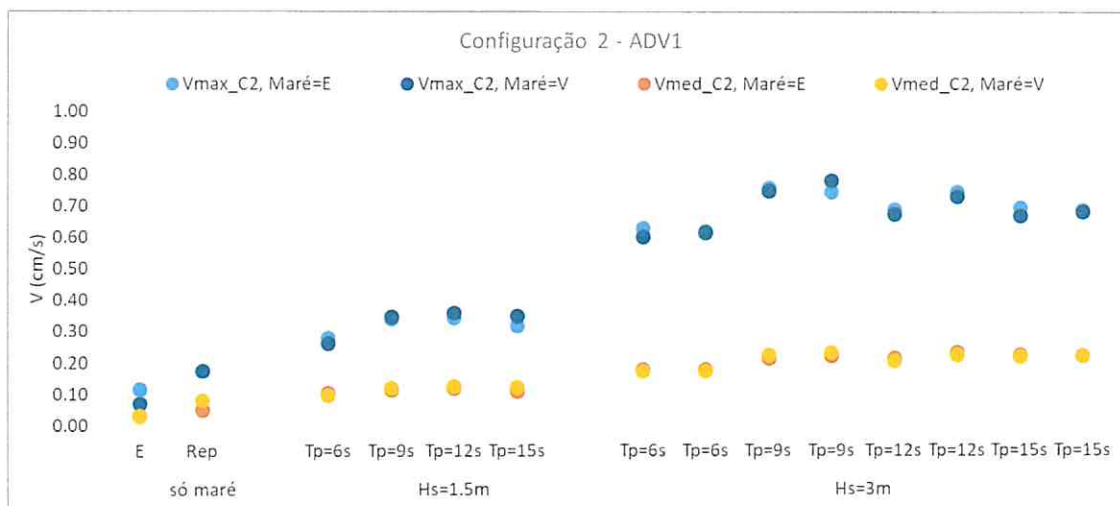


Figura 5.20 – Configuração 2. ADV1. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima

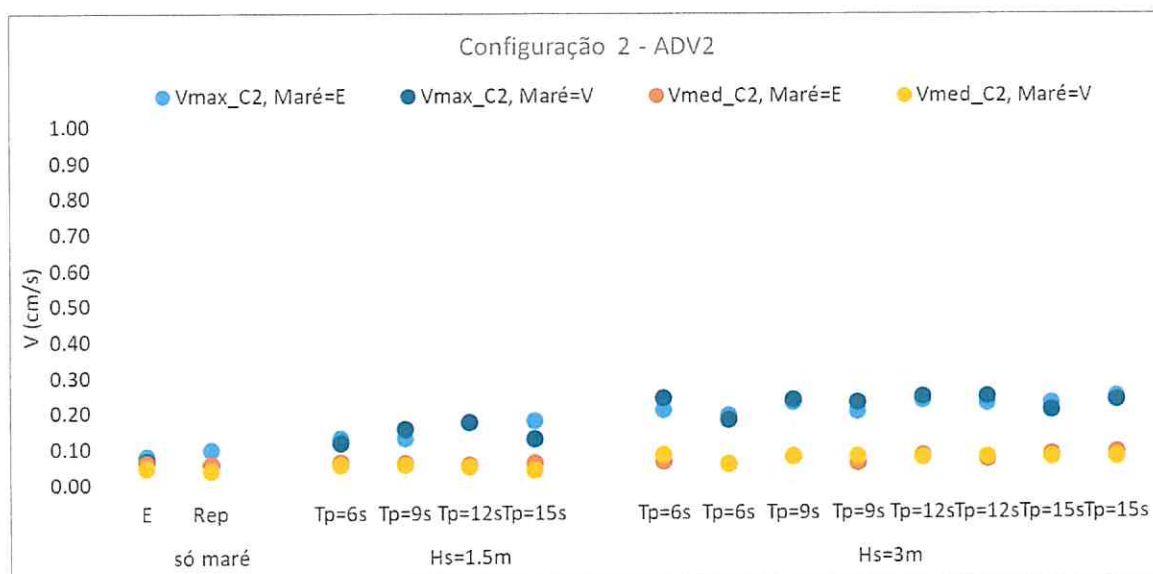


Figura 5.21 – Configuração 2. ADV2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima



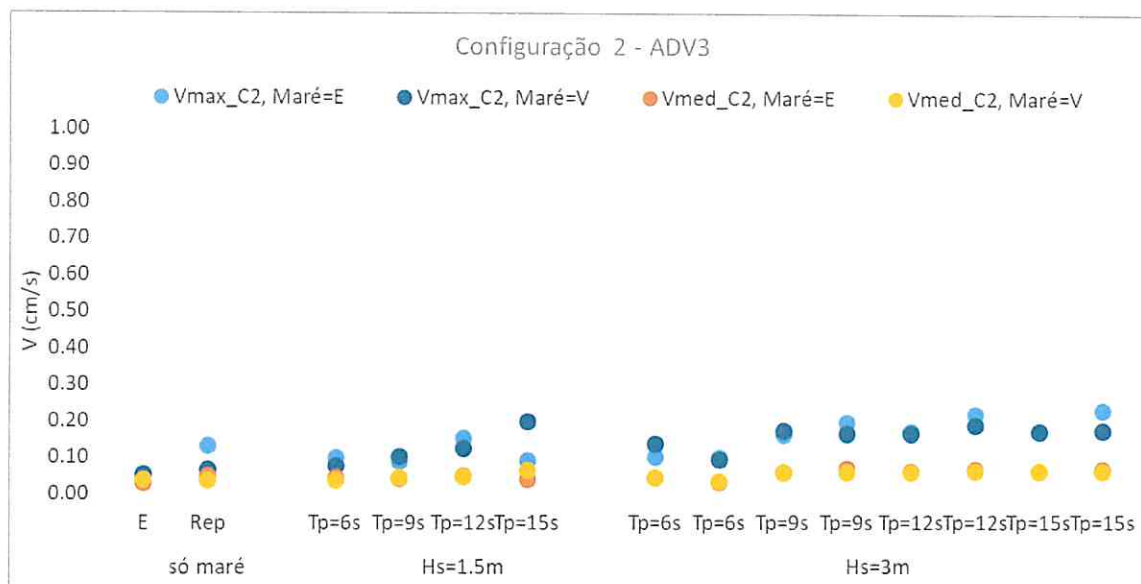


Figura 5.22 – Configuração 2. ADV3. Rumo E-10-N. Velocidade máxima e velocidade média nos ensaios com corrente de maré, com e sem agitação marítima

No Quadro 5.3 apresenta-se a média dos valores de velocidade média e máxima, obtidas nos ensaios e nas repetições.

Quadro 5.3 – Configuração 2. Rumo E-10-N. ADV1, ADV2 e ADV3. Média dos valores de velocidade média e máxima, obtidas nos ensaios e nas repetições

Hs (m)	ADV1		ADV2		ADV3	
	Maré					
0	Vmax	Vmed	Vmax	Vmed	Vmax	Vmed
	0.13	0.05	0.08	0.05	0.07	0.04
	Maré+Agitação					
1.5	0.33	0.11	0.15	0.05	0.12	0.05
3.0	0.69	0.21	0.22	0.07	0.15	0.06

As conclusões observadas para a Configuração 2 são muito semelhantes às obtidas para a Configuração 1. Com efeito, da análise dos resultados obtidos acima, verifica-se que:

- As velocidades são da mesma ordem de grandeza às verificadas na Configuração 1, para os ADV1, ADV2 e ADV3.
- Em todos os ADVs,
  - As velocidades observadas (médias e máximas) são bastante pequenas e sempre inferiores a 0.80 cm/s, em qualquer dos casos com e sem agitação marítima;
  - As velocidades médias e máximas obtidas nos ensaios com maré sem agitação marítima é inferior aos resultados obtidos nos ensaios com maré e com agitação marítima. Para o caso dos ensaios sem agitação marítima o máximo é 0.18 cm/s enquanto para o caso dos ensaios com agitação marítima, podem atingir 0.78 cm/s, no caso do ADV1, sendo os

maiores valores encontrados para  $H_s=3$  m. Em geral, as velocidades máximas obtidas para alturas de onda de  $H_s=3$  m são superiores aos de  $H_s=1.5$  m;

- Não é evidente uma variação da velocidade com o período da onda para o ADV2 e o ADV3. No caso do ADV1, há uma ligeira tendência entre o aumento da velocidade máxima e o período da onda (com algumas exceções);
- Nos ensaios com maré e com agitação marítima, os valores da velocidade média aumentam ligeiramente com a altura de onda incidente. Esse aumento é bem mais significativo para o ADV1 do que para o ADV2 e ADV3 e para os valores da velocidade máxima, aonde os valores associados a  $H_s=3$  m são superiores aos verificados com  $H_s=1.5$  m.

Na Figura 5.23, Figura 5.24 e Figura 5.25 apresentam-se os valores de direção de escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente, nos ensaios e repetições com variação da maré, no sentido enchente, com e sem agitação marítima. Nas Figura 5.26, Figura 5.27 e Figura 5.28 apresentam-se os valores de direção de escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente, nos ensaios e repetições com variação da maré, no sentido vazante, com e sem agitação marítima.

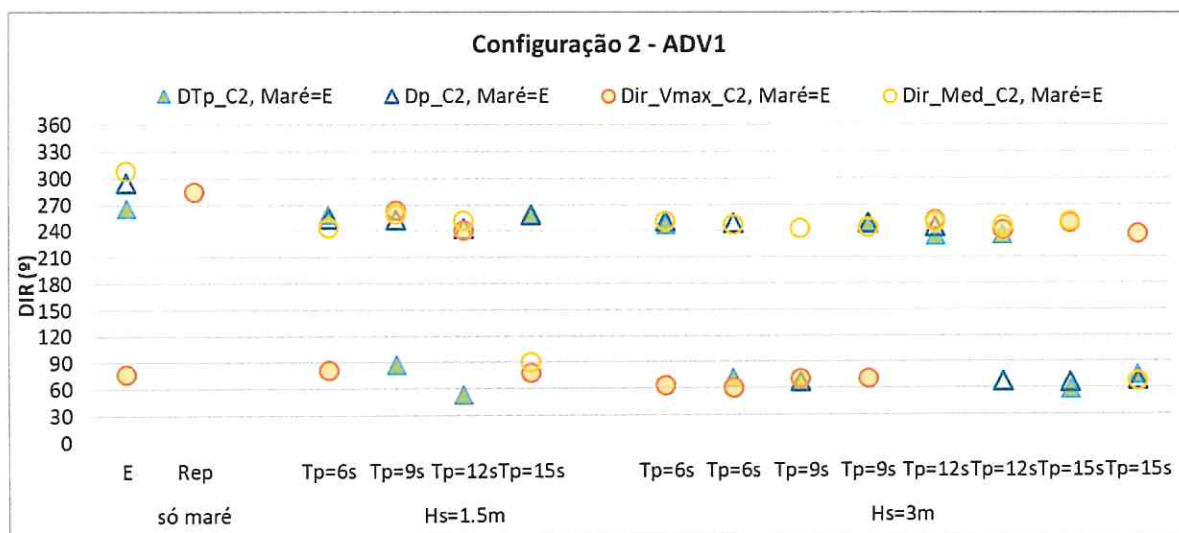


Figura 5.23 – Configuração 2. ADV1. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima

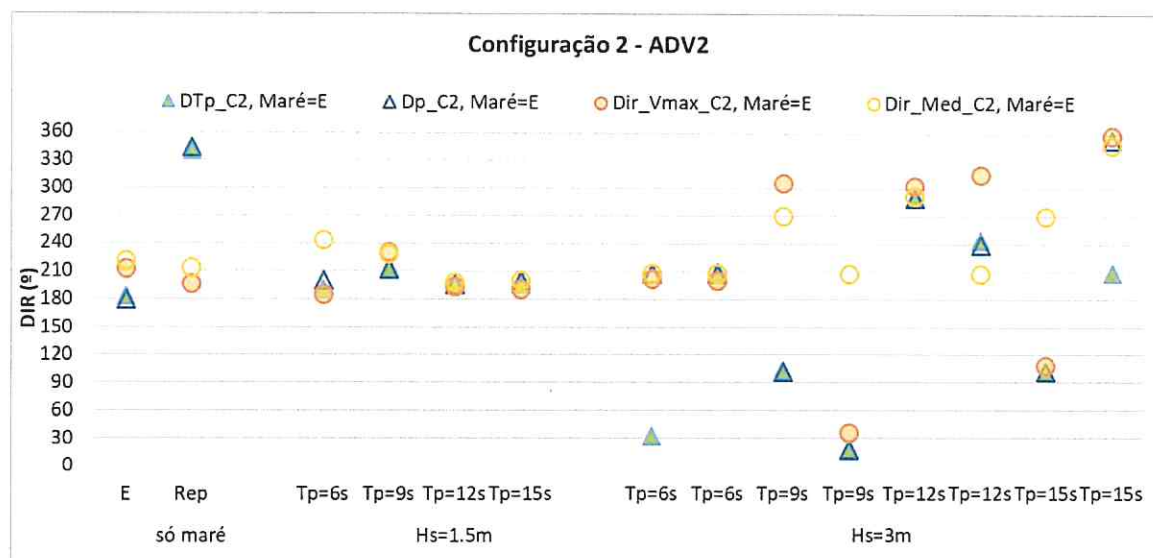


Figura 5.24 – Configuração 2. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima

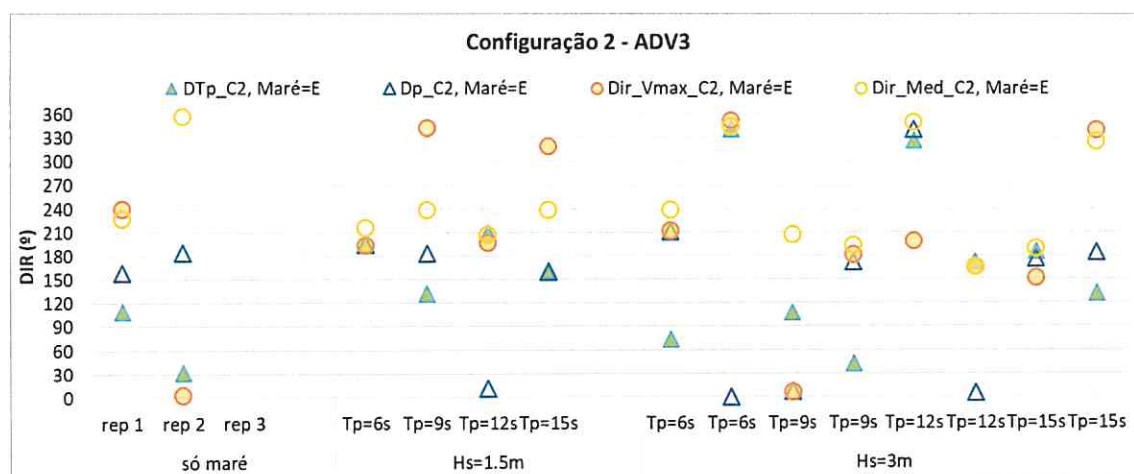


Figura 5.25 – Configuração 2. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré enchente, com e sem agitação marítima

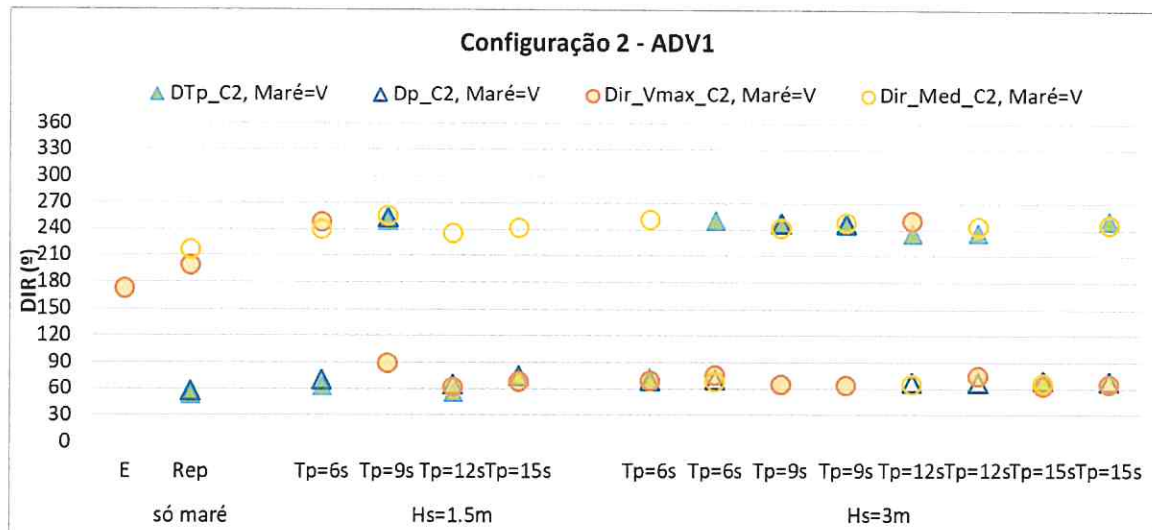


Figura 5.26 – Configuração 2. ADV1. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima

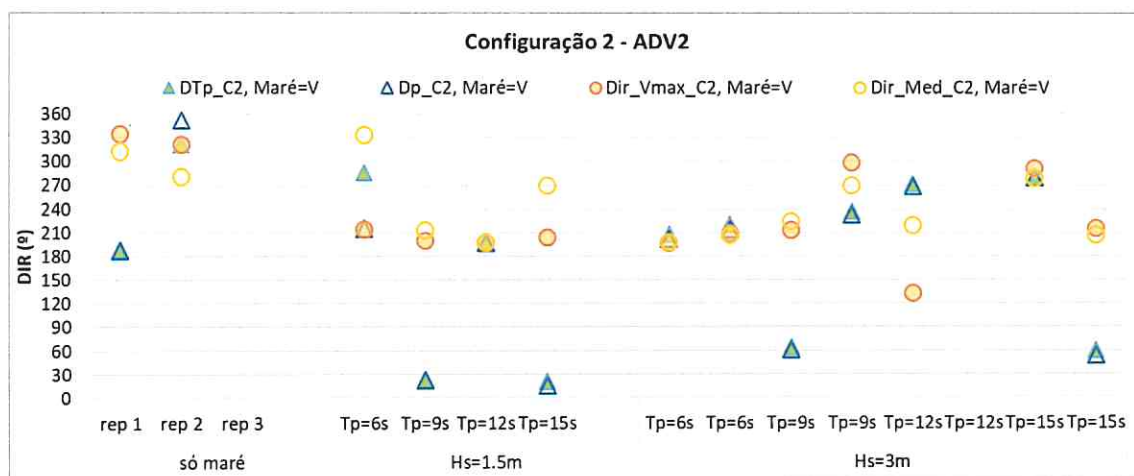


Figura 5.27 – Configuração 2. ADV2. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima

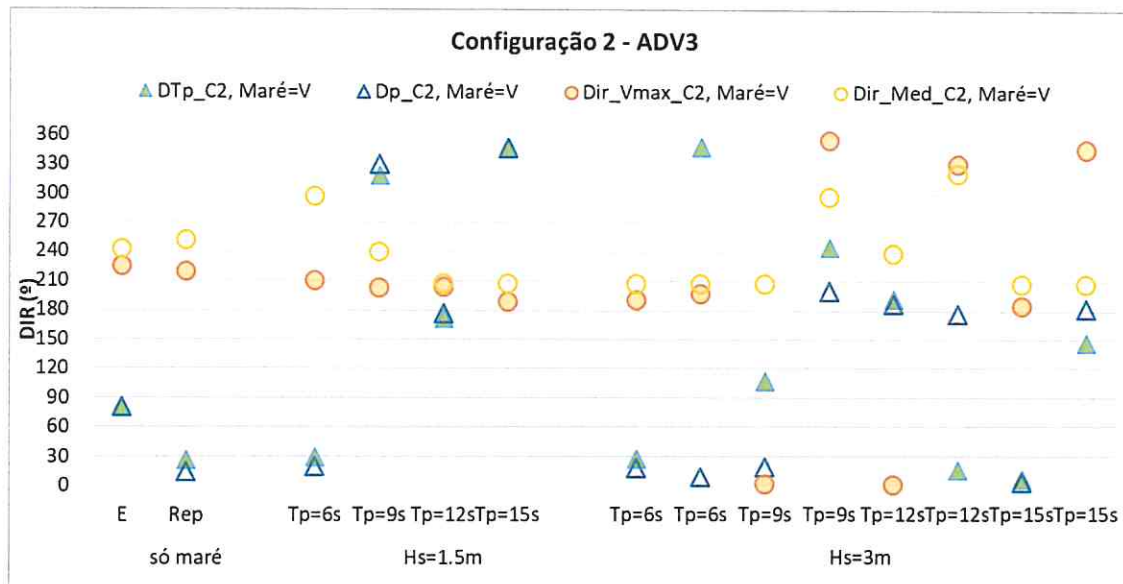


Figura 5.28 – Configuração 2. ADV3. Rumo E-10-N. Direção do escoamento nos ensaios com corrente de maré vazante, com e sem agitação marítima

Relativamente às direções de onda, e tal como na Configuração 1, verifica-se:

- No caso do ADV1, as direções do escoamento assumem um de dois valores ( $60^\circ$  ou  $240^\circ$ ), conforme o sentido do escoamento, dentro do rumo ENE-WSW;
- No caso dos ADV2 e ADV3, as direções do escoamento obtidas assumem valores muito diversos. Essa dispersão nos valores encontrados é resultado das reflexões verificadas nesses pontos e de a agitação ser mais reduzida.

### 5.3 Análise comparativa de resultados

Nas Figura 5.29, Figura 5.30 e Figura 5.31 apresenta-se a comparação entre a Situação Atual, a Configuração 1 e a Configuração 2, no que diz respeito às velocidades máximas e médias do escoamento, para o ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente.





Figura 5.29 – ADV1. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com e sem agitação



Figura 5.30 – ADV2. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com e sem agitação

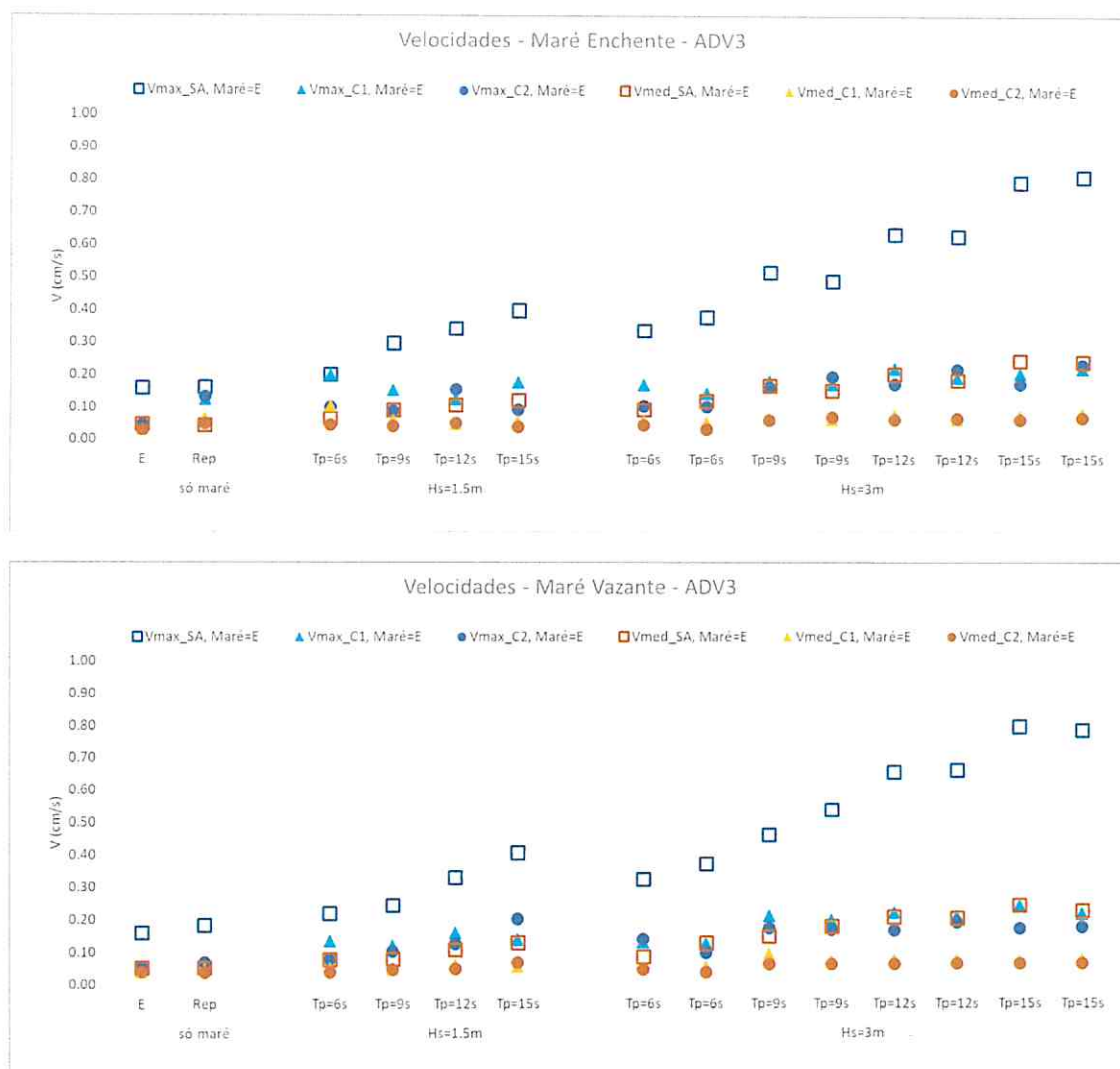


Figura 5.31 – ADV3. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com e sem agitação

Da Figura III.1 à Figura III.3 do Anexo III apresenta-se valores médios de Vmax e Vmed, obtidos na situação sem e com agitação, para as condições de ensaio, nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente.

Na Figura 5.32, na Figura 5.33 e na Figura 5.34, apresenta-se a comparação entre a Situação Atual, a Configuração 1 e a Configuração 2, dos valores médios de Vmax e Vmed, obtidos na situação só com maré e com maré e agitação, para as alturas significativas de 1.5 m e 3.0 m, para enchente e vazante, nos ADV1, ADV2 e ADV3, respetivamente.

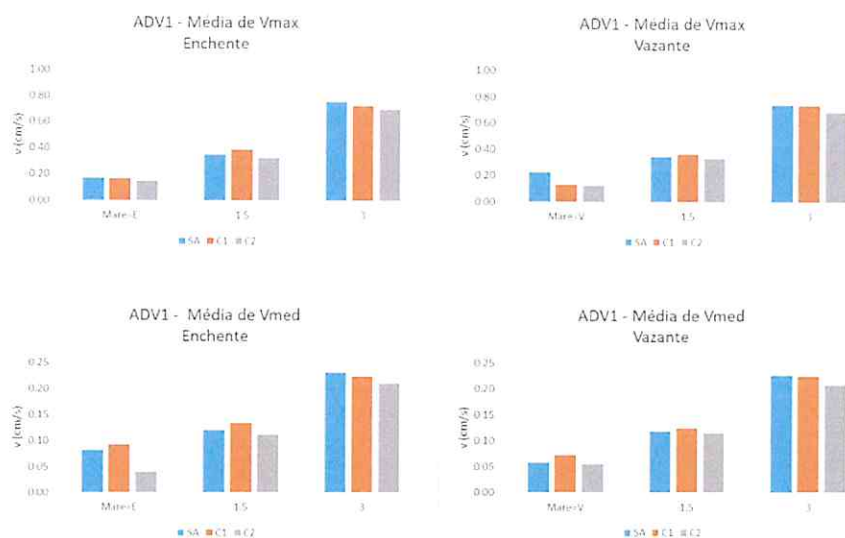


Figura 5.32 – ADV1. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores médios de  $V_{max}$  e  $V_{med}$  em função de  $H_s=0, 1.5$  m e 3.0 m, para enchente e vazante

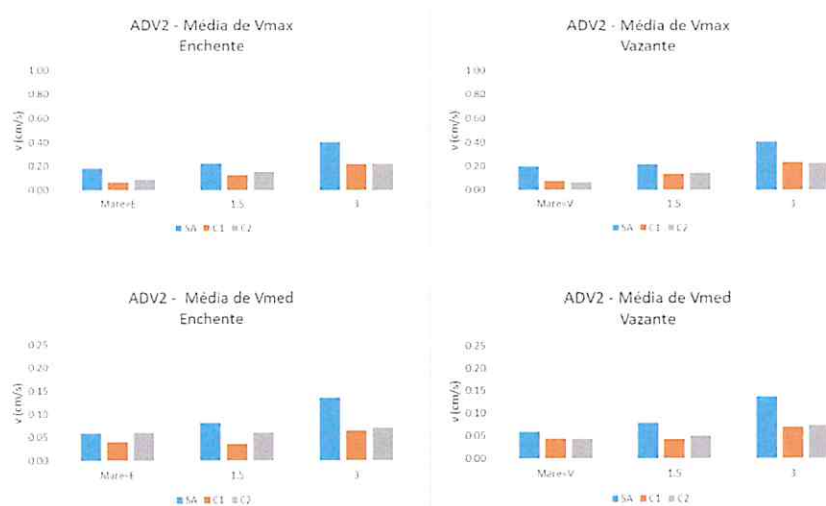


Figura 5.33 – ADV2. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores médios de  $V_{max}$  e  $V_{med}$  em função de  $H_s=0, 1.5$  m e 3.0 m, para enchente e vazante

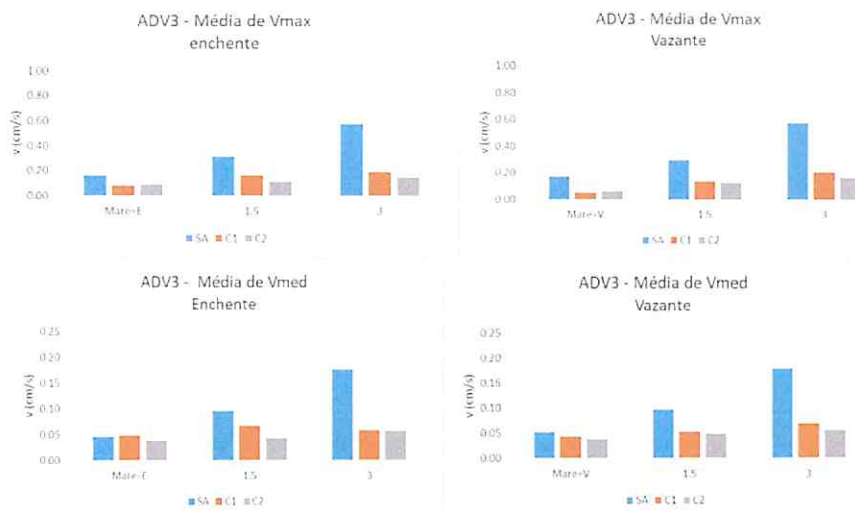


Figura 5.34 – ADV3. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores médios de  $V_{max}$  e  $V_{med}$  em função de  $H_s=0, 1.5$  m e 3.0 m, para enchente e vazante

Dos resultados acima apresentados, verifica-se que:

- De uma forma geral, a variabilidade entre os ensaios para a mesma situação não é muito elevada;
- Nos ensaios com maré sem agitação marítima, em qualquer dos ADVs, os valores médios de  $V_{max}$  e  $V_{med}$  são pouco expressivos para qualquer das configurações e, em geral, há uma ligeira diminuição, dos valores da Situação Atual para as Configurações 1 e 2;
- Nos ensaios com maré e com agitação marítima:
  - Os valores de velocidade são maiores nas três configurações (principalmente para o ADV1), face aos obtidos nos ensaios sem agitação marítima, mas sempre inferiores a 1 cm /s;
  - No ADV1, os valores médios da velocidade ( $V_{max}$  e  $V_{med}$ ) são da mesma ordem de grandeza entre as diferentes configurações, notando-se apenas um ligeira redução dos valores máximos,  $V_{max}$ , observados, especialmente para  $H_s=3.0$  m;
  - Nos ADV2 e ADV3, os valores de velocidade ( $V_{max}$  e  $V_{med}$ ) são significativamente superiores na Situação Atual face às Configurações 1 e 2. A proteção conferida pelas obras adicionais resulta na diminuição da agitação marítima e consequentemente das velocidades naquelas posições do ADV. Para o ADV2, é a Configuração 1 que conduz a uma maior redução dos valores, enquanto que para o ADV3, é a Configuração 2. Notar que as diferenças entre as Configurações 1 e 2 são pouco significativas.

Na Figura 5.35 apresenta-se, de modo global, a redução dos valores médios de  $V_{max}$  e  $V_{med}$ , obtidos em todos os ensaios, face à solução atual, nos ADV1, ADV2 E ADV3.



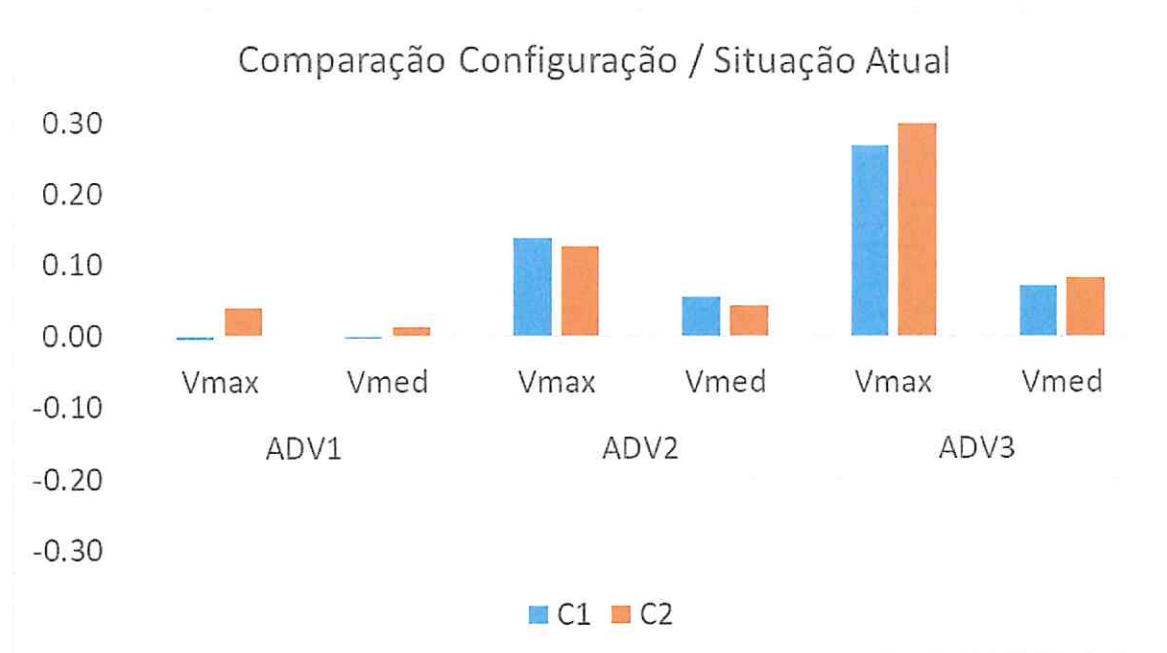


Figura 5.35 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Redução média nas velocidades Vmax e Vmed, obtidos em todos os ensaios, face à solução atual. Valores positivos significa que a configuração 1 ou 2 conduzem ma menores valores de velocidade face à Situação Atual, enquanto o contrario conduz a valores negativos

Globalmente, observa-se uma redução das velocidades máximas e médias da Situação Atual para as Configurações 1 e 2. Esta redução é mais significativa na Configuração 2, no ADV3. Já no ADV2 é a Configuração 1 que confere maior redução de velocidades. No ADV1 a redução é muito pouco expressiva em qualquer configuração, havendo até um ligeiríssimo aumento com a Configuração 1.

## 6 | Conclusões

Neste relatório descrevem-se os ensaios realizados em modelo físico para o porto da Horta, no âmbito da requalificação do porto, no sentido de aumentar a sua operacionalidade e as suas valências. Nesse sentido, foram propostas pela WW duas configurações portuárias correspondentes à implantação de diferentes obras no interior do porto, Configuração 1 e Configuração 2.

Os objetivos dos ensaios foram a avaliação, para as três configurações portuárias (Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2) das condições de agitação marítima nos diversos setores do porto, bem como as sobrelevações do nível de água associada à ocorrência de agitação, em dois pontos no interior da bacia sul. Foi também objetivo do estudo, a avaliação da magnitude e da direção das correntes geradas no interior do porto devidas à ação da maré e da sua associação com a agitação marítima incidente.

De modo a concretizar estes objetivos, foi construído um modelo físico tridimensional à escala 1/80, em que foi reproduzida toda a zona portuária do porto para a Situação Atual e, posteriormente, para as 2 configurações portuárias.

Foram reproduzidas as direções de agitação na batimétrica -30.0 m (ZH), correspondentes aos rumos E-10-N e SE às quais se associou a reprodução de 4 valores de período de pico do espectro,  $T_p$ , de 6 s, 9 s, 12 s, 15 s e dois valores de altura de onda significativa,  $H_s$ , próximos de 1.5 m e 3 m, à saída do gerador de ondas irregulares.

Os ensaios com correntes (com ou sem agitação marítima), apenas se realizaram com o rumo E-10-N. Nestes casos, foi reproduzida uma maré típica de situação de maré viva, com níveis a variarem entre +0.42 m (ZH) (BMAV) e +1.59 m (ZH) (PMAV).

Os valores da elevação da superfície livre foram medidos, com sondas resistivas, em 41 pontos do modelo (1 sonda situada em frente ao gerador e 40 sondas situadas na entrada e no interior da bacia portuária). Por seu turno, a medição das velocidades foi feita recorrendo a 3 velocímetros (ADV) posicionados em três pontos da bacia.

As principais conclusões do estudo realizado são as que se passam a elencar.

### Do ponto de vista da tranquilidade portuária

- Os resultados obtidos indicaram que as condições de reflexão na estrutura da proteção nascente deverão ser ligeiramente mais vantajosas para Configuração 2 do que para Configuração 1, como resultado de uma visível diferença na direção da incidência da agitação naquela estrutura com cada uma das configurações.

Esta diferença de direção da agitação marítima (situação referida ao longo do relatório) acaba por ter também consequências residuais na canalização de energia para as diversas bacias interiores;

- Na bacia norte do porto (pontos P1 a P5), para os ensaios realizados com ambos os rumos, observou-se que, embora com algumas flutuações, os resultados da Situação Atual são ligeiramente agravados, tanto com a Configuração 1 como com a Configuração 2, principalmente para a direção de SE. Este agravamento pode considerar-se, no entanto, residual e aparentemente sem grande significado. Na exceção em que pode ser reconhecido algum significado do ponto de vista absoluto (Configuração 2, SE,  $H_s = 1.5$  m,  $T_p = 12$  s, pontos P3 e P5), a diferença, em termos de índices de agitação, entre a Situação Atual e a Configuração 2 foi de 0.08 para P3, 0.05 para P4 e 0.09 para P5.
- Na zona da entrada do porto e, em termos médios:
  - as Configurações 1 e 2 agravam ligeiramente a tranquilidade da área em análise, para o rumo E-10-N, para a maioria dos períodos. Pelo contrário, os resultados demonstraram a tendência para uma ligeira melhoria das condições de tranquilidade quando associados ao rumo SE (exceto para  $T_p = 12$  s);
  - a Configuração 2 fornece resultados ligeiramente mais vantajosos que a Configuração 1;
- Relativamente ao eixo da bacia sul (P11 a P13), os resultados indiciam que as Configurações 1 e 2 não agravam de uma forma generalizada as condições de tranquilidade. As melhorias e os agravamentos não têm expressão. No entanto, salienta-se o facto de a agitação com  $T_p = 12$  s ter sido aquela de que resultaram índices de agitação mais desfavoráveis nas Configurações 1 (principalmente) e 2 do que na Situação Atual;
- No que diz respeito ao extremo norte do cais comercial (ponto P14), situado no extremo norte do cais comercial, próximo do ponto de difração da agitação marítima, os resultados foram alvo de algumas flutuações, notando-se, no entanto, uma tendência para um ligeiro agravamento das condições de tranquilidade com as Configurações 1 e 2 relativamente à Situação Atual, mais nítido com a atuação dos períodos mais longos e com o rumo E-10-N;
- Em relação ao ponto P15:
  - Comparando as Configurações 1 e 2, observa-se que com a Configuração 2 não se verifica a perda de energia por transmissão lateral como com a Configuração 1, daí os índices de agitação obtidos com a Configuração 1 serem ligeiramente inferiores aos obtidos com a Configuração 2;
  - Ambas as Configurações, 1 e 2, não agravam de forma nítida a situação presente no ponto P15, tirando partido das condições globalmente mais favoráveis a jusante, tanto em termos das estruturas refletoras, como em termos da alteração de fundos resultante das dragagens;
- Relativamente aos pontos localizados no ramo sul do cais comercial (P16 e P17), constata-se que:

- A Configuração 1 introduz uma muito ligeira melhoria relativamente à Situação Atual, especialmente para os períodos mais curtos, decerto em consequência de uma melhor capacidade de dissipação de energia da obra da proteção nascente quando comparada com a atual proteção do terrapleno;
- A Configuração 2 melhora ainda um pouco mais a tranquilidade nos pontos P16 e P17, em virtude de condições menos favoráveis a concentração de energia. Esta vantagem da Configuração 2 torna-se mais evidente com a atuação da agitação do rumo E-10-N;
- No que concerne à zona prevista ficar fronteira à proteção nascente e na estrada para as bacias interiores (Pontos 18, 19 e 39) observa-se:
  - Uma melhoria da tranquilidade das Configurações 1 e 2 relativamente à Situação Atual, pelas razões que vieram sendo apontadas ao longo do relatório. Esta melhoria aumenta dos períodos mais curtos para os mais longos;
  - A Configuração 2 apresenta resultados um pouco mais favoráveis do que a Configuração 1, pelas razões já referidas anteriormente;
- Quanto às bacias mais abrigadas (pontos P20 a P38 e P40 – marina e núcleo de pesca e núcleo das atividades marítimo-turísticas), os índices de agitação obtidos nos ensaios com as Configurações 1 e 2 foram consideravelmente inferiores aos obtidos nos ensaios com a Situação Atual, como era expectável. As diferenças detetadas entre as Configurações 1 e 2 são mínimas, embora se identifique uma ligeira vantagem associada à Configuração 2, e são consequência dos resultados diferentes obtidos em P39.
- A conjugação das obras de proteção nascente e poente surtem o efeito esperado na redução da agitação marítima no sector de pesca (pontos P34 a P37), na zona das atividades marítimo-turísticas (pontos P30 a P33 e P38) e naquilo que se prevê seja uma nova bacia da marina (pontos P20, P21, P22, P27 e P28), especialmente com a atuação dos rumos mais penetrantes na bacia portuária (mais rodados a norte).
- Do ponto de vista da tranquilidade, as bacias norte e sul da atual marina (pontos P23 a P26 e P29, respetivamente) serão também beneficiadas, embora em menor escala que os locais referidos no ponto anterior.

### **Do ponto de vista das sobrelevações**

Tendo em conta os resultados obtidos nos pontos P31 e P36, constata-se que

- As sobrelevações atuais devidas exclusivamente à ação da agitação marítima não deverão exceder 0.22 m, sendo ligeiramente superiores quando associadas a rumos do quadrante E do que a rumos do quadrante SE;
- A sobrelevação nos pontos analisados aumenta com o valor de  $H_s$ , como era expectável. Os maiores valores aconteceram para  $H_s = 3$  m;
- Estas sobrelevações para as condições ensaiadas podem considerar-se bastante reduzidas quando comparadas com aquelas que poderão ocorrer em situações de temporal,

caracterizadas por valores de  $H_s$  substancialmente superiores, associados a depressão atmosférica e vento forte e constante;

- As Configurações 1 e 2 reduzem ligeiramente a amplitude das sobrelevações em qualquer dos pontos, sendo mais nítida essa redução com direções da agitação marítima do quadrante E.

#### **Do ponto de vista das correntes de maré**

- Os resultados obtidos mostram que as velocidades das correntes induzidas pela variação da maré são extremamente reduzidas (quase impercetíveis – da ordem dos milímetros por segundo), aspeto que dificultou bastante o tratamento dos resultados dos ensaios e a respetiva análise;
- A exiguidade das velocidades associadas às correntes de maré confirmou, todavia, a expectativa inicial, em função da reduzida amplitude da maré, do período de tempo em que ela se processa, da reduzida área da bacia portuária e da relativamente grande secção de vazante e enchente (secção definida pela união entre as cabeças dos quebra-mares norte e sul);
- Existe um aumento do valor médio e máximo das velocidades de escoamento na presença de agitação marítima. Esse aumento é bem mais significativo nos valores da velocidade máxima. Constata-se, portanto, que as correntes de maré são muito reduzidas em comparação com as velocidades orbitais resultantes da agitação marítima;
- De uma forma geral, as Configurações 1 e 2 introduzem uma diminuição das velocidades das correntes devidas à maré e à agitação marítima nos pontos mais abrigados da bacia portuária (ADV2 e ADV3). Esta redução é mais significativa na Configuração 2, no ADV3. Já no ADV2 é a Configuração 1 que confere maior redução de velocidades. Na entrada do porto (ADV1), esta tendência é muito ténue pelo que as velocidades são semelhantes entre si em todas as configurações;
- Não é de excluir a possibilidade de os resultados obtidos terem sido influenciados por eventuais efeitos de modelo impossíveis de serem controlados ou reduzidos, de que se salienta a possibilidade de existência de pequenos balanceamentos gerados no seio do tanque de ensaios;
- Tal como relativamente às sobrelevações, as velocidades apuradas podem considerar-se insignificantes quando comparadas com aquelas que poderão ocorrer em situações de temporal, caracterizadas por valores de  $H_s$  substancialmente superiores, associados à ação de vento forte e irregular;
- Em relação às direções das correntes, os valores baixíssimos das velocidades dificultaram a análise direcional das correntes, não tendo sido possível determinar com rigor se as direções apuradas se deviam à maré, à agitação incidente ou à agitação refletida ou ainda a eventuais efeitos de modelo. No entanto, os resultados obtidos confirmaram que estas tendem a coincidir com as direções dos escoamentos previstos.

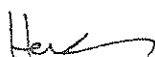


Lisboa, LNEC, abril de 2021

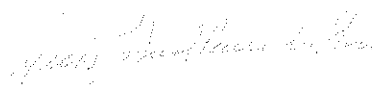
VISTO

AUTORIA

A Diretora de Departamento de Hidráulica e  
Ambiente



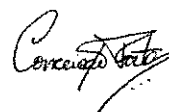
Helena Alegre



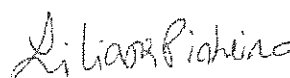
Luís Gabriel Silva  
Técnico Superior



Rute Lemos  
Técnica Superior



Conceição Juana Fortes  
Investigadora Principal  
Chefe do Núcleo de Portos e Estruturas  
Marítimas



Liliana Vieira Pinheiro  
Investigadora Auxiliar

## Referências bibliográficas

- BARBER, N.F., 1961 – **The directional resolving power of an array of wave detectors**. Ocean Wave Spectra. Prentice Hall. Inc. pp.137-150.
- HASHIMOTO, N.; KOBUNE, K., 1988 – **Estimation of directional spectrum from a Bayesian approach**. Proc.21<sup>st</sup> ICCE Vol 1. ASCE pp.62-72.
- HASHIMOTO, N.; NAGAI, T.; ASAI, T., 1993 – **Modification of the extended maximum entropy principle for estimating directional spectrum in incident and reflected wave field**. Rept. Of P.H.R.I. 32(4) 25-47.
- ISOBE, M.; KONDO, K.; HORIKAWA, K., 1984 – **Extension of MLM for estimating directional wave spectrum**. Proc. Symp. on Description and Modeling of Directional Seas, Paper No.A-6. 15pp.
- JOHNSON, D., 2002 – **DIWASP, a directional wave spectra toolbox for MATLAB®: User Manual**. Research Report WP-1601-DJ, Centre for Water Research, University of Western Australia.
- PAWKA, S.S., 1983 – **Island shadows in wave directional spectra**. Journal of Geophysical Research 88(C4) 2579-2591.
- PINHEIRO, L.V., 2019a – **MATLAB routines**. Janeiro, LNEC, Lisboa
- PINHEIRO, L.V., 2019b – **MATLAB script with DIWASP plugin**. Janeiro, LNEC, Lisboa.
- WW, 2020 – **Requalificação do Porto Comercial da Horta. Ensaio em Modelo Físico. Especificações Técnicas**.

## ANEXOS

---



## ANEXO I

### Índices de agitação - Quadros





Quadro I.1 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Índices de agitação obtidos durante os ensaios

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.08	0.08	0.16	0.12	0.14	0.12	0.16	0.14
P2	0.09	0.08	0.12	0.10	0.14	0.11	0.13	0.11
P3	0.09	0.09	0.11	0.10	0.18	0.16	0.14	0.13
P4	0.08	0.07	0.13	0.12	0.18	0.16	0.18	0.17
P5	0.10	0.10	0.12	0.12	0.17	0.16	0.15	0.14
P6	0.66	0.65	0.70	0.70	0.70	0.65	0.72	0.63
P7	0.76	0.70	0.90	0.89	0.79	0.75	0.78	0.70
P8	0.84	0.71	1.00	0.93	0.90	0.86	0.85	0.79
P9	0.96	0.80	0.99	0.96	1.03	0.96	0.87	0.80
P10	0.97	0.77	0.95	0.91	0.87	0.81	0.87	0.80
P11	0.38	0.38	0.40	0.44	0.39	0.42	0.41	0.40
P12	0.21	0.18	0.26	0.23	0.28	0.25	0.26	0.24
P13	0.22	0.15	0.21	0.17	0.21	0.19	0.25	0.22
P14	0.26	0.24	0.44	0.32	0.48	0.36	0.44	0.38
P15	0.19	0.15	0.22	0.18	0.23	0.22	0.29	0.26
P16	0.18	0.16	0.25	0.20	0.27	0.26	0.32	0.28
P17	0.16	0.15	0.24	0.20	0.29	0.28	0.37	0.32
P18	0.20	0.18	0.38	0.28	0.46	0.43	0.60	0.48
P19	0.18	0.14	0.26	0.22	0.30	0.29	0.37	0.31
P20	0.20	0.17	0.23	0.19	0.24	0.19	0.22	0.20
P21	0.20	0.16	0.23	0.21	0.25	0.21	0.25	0.21
P22	0.18	0.14	0.18	0.17	0.17	0.16	0.21	0.18
P23	0.05	0.04	0.09	0.07	0.10	0.09	0.10	0.08
P24	0.04	0.04	0.12	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06
P25	0.05	0.04	0.12	0.11	0.12	0.11	0.10	0.10
P26	0.07	0.06	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10
P27	0.13	0.12	0.25	0.25	0.30	0.27	0.32	0.27
P28	0.27	0.21	0.34	0.30	0.31	0.27	0.36	0.30
P29	0.05	0.04	0.09	0.07	0.09	0.08	0.21	0.11
P30	0.12	0.12	0.20	0.17	0.16	0.15	0.23	0.15
P31	0.22	0.20	0.32	0.23	0.28	0.22	0.35	0.22
P32	0.14	0.14	0.25	0.21	0.20	0.20	0.33	0.22
P33	0.13	0.13	0.21	0.16	0.20	0.20	0.31	0.21
P34	0.12	0.11	0.23	0.17	0.24	0.20	0.38	0.25
P35	0.13	0.11	0.22	0.15	0.31	0.22	0.46	0.23
P36	0.08	0.06	0.13	0.07	0.05	0.12	0.19	0.12
P37	0.05	0.04	0.08	0.06	0.07	0.10	0.14	0.09
P38	0.13	0.12	0.19	0.15	0.18	0.15	0.16	0.14
P39	0.19	0.17	0.27	0.21	0.26	0.21	0.29	0.24
P40	0.17	0.13	0.26	0.21	0.29	0.24	0.29	0.25

Quadro I.2 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Índices de agitação obtidos durante as repetições

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.08	0.08	0.17	0.12	0.13	0.12	0.15	0.14
P2	0.08	0.07	0.11	0.10	0.13	0.10	0.12	0.10
P3	0.07	0.07	0.11	0.10	0.13	0.14	0.12	0.12
P4	0.07	0.07	0.13	0.12	0.15	0.15	0.17	0.16
P5	0.08	0.08	0.12	0.12	0.15	0.15	0.14	0.13
P6	0.85	0.73	0.86	0.83	0.81	0.76	0.79	0.74
P7	0.84	0.66	0.95	0.86	0.76	0.73	0.75	0.70
P8	0.73	0.72	0.98	0.93	0.89	0.72	0.83	0.79
P9	0.84	0.78	1.02	0.97	1.04	0.78	0.87	0.81
P10	0.91	0.74	0.99	0.93	0.88	0.74	0.89	0.79
P11	0.47	0.38	0.42	0.47	0.40	0.38	0.42	0.41
P12	0.22	0.17	0.26	0.24	0.28	0.17	0.26	0.25
P13	0.22	0.14	0.22	0.18	0.21	0.14	0.26	0.22
P14	0.30	0.23	0.46	0.33	0.48	0.23	0.51	0.37
P15	0.22	0.15	0.23	0.19	0.25	0.21	0.33	0.26
P16	0.22	0.17	0.27	0.22	0.30	0.26	0.38	0.30
P17	0.20	0.16	0.25	0.22	0.32	0.29	0.45	0.36
P18	0.23	0.19	0.41	0.33	0.47	0.41	0.72	0.53
P19	0.19	0.14	0.28	0.25	0.32	0.29	0.45	0.36
P20	0.23	0.17	0.23	0.19	0.23	0.19	0.22	0.18
P21	0.21	0.16	0.24	0.21	0.24	0.21	0.24	0.19
P22	0.19	0.14	0.19	0.17	0.17	0.17	0.21	0.19
P23	0.04	0.04	0.07	0.07	0.10	0.09	0.10	0.08
P24	0.03	0.03	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.06
P25	0.05	0.05	0.14	0.12	0.13	0.12	0.11	0.10
P26	0.07	0.06	0.12	0.11	0.12	0.11	0.10	0.11
P27	0.14	0.12	0.26	0.25	0.30	0.29	0.32	0.28
P28	0.25	0.21	0.34	0.28	0.30	0.26	0.36	0.28
P29	0.05	0.04	0.08	0.07	0.09	0.08	0.15	0.11
P30	0.15	0.12	0.21	0.15	0.16	0.14	0.16	0.15
P31	0.24	0.21	0.33	0.24	0.24	0.21	0.24	0.21
P32	0.20	0.16	0.28	0.19	0.19	0.19	0.22	0.21
P33	0.16	0.13	0.19	0.15	0.21	0.19	0.20	0.19
P34	0.16	0.13	0.23	0.16	0.21	0.19	0.25	0.23
P35	0.15	0.11	0.24	0.17	0.31	0.26	0.33	0.26
P36	0.07	0.06	0.11	0.11	0.21	0.12	0.19	0.12
P37	0.04	0.03	0.06	0.08	0.14	0.09	0.14	0.09
P38	0.13	0.10	0.16	0.12	0.15	0.13	0.17	0.15
P39	0.20	0.15	0.24	0.18	0.22	0.19	0.29	0.25
P40	0.17	0.12	0.25	0.19	0.25	0.22	0.30	0.27

Quadro I.3 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.08	0.08	0.16	0.12	0.13	0.12	0.15	0.14
P2	0.09	0.07	0.12	0.10	0.13	0.11	0.12	0.11
P3	0.08	0.08	0.11	0.10	0.16	0.15	0.13	0.12
P4	0.08	0.07	0.13	0.12	0.17	0.15	0.18	0.16
P5	0.09	0.09	0.12	0.12	0.16	0.16	0.15	0.14
P6	0.76	0.69	0.78	0.76	0.75	0.70	0.75	0.69
P7	0.80	0.68	0.92	0.88	0.78	0.74	0.77	0.70
P8	0.79	0.72	0.99	0.93	0.90	0.79	0.84	0.79
P9	0.90	0.79	1.00	0.97	1.03	0.87	0.87	0.81
P10	0.94	0.76	0.97	0.92	0.88	0.78	0.88	0.80
P11	0.42	0.38	0.41	0.46	0.39	0.40	0.42	0.40
P12	0.22	0.18	0.26	0.24	0.28	0.21	0.26	0.24
P13	0.22	0.15	0.21	0.18	0.21	0.17	0.26	0.22
P14	0.28	0.24	0.45	0.32	0.48	0.30	0.47	0.38
P15	0.20	0.15	0.23	0.18	0.24	0.21	0.31	0.26
P16	0.20	0.17	0.26	0.21	0.28	0.26	0.35	0.29
P17	0.18	0.15	0.25	0.21	0.31	0.28	0.41	0.34
P18	0.21	0.19	0.39	0.30	0.47	0.42	0.66	0.51
P19	0.19	0.14	0.27	0.24	0.31	0.29	0.41	0.33
P20	0.22	0.17	0.23	0.19	0.23	0.19	0.22	0.19
P21	0.20	0.16	0.24	0.21	0.25	0.21	0.24	0.20
P22	0.18	0.14	0.19	0.17	0.17	0.16	0.21	0.18
P23	0.05	0.04	0.08	0.07	0.10	0.09	0.10	0.08
P24	0.03	0.03	0.10	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06
P25	0.05	0.05	0.13	0.12	0.13	0.12	0.11	0.10
P26	0.07	0.06	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10
P27	0.14	0.12	0.26	0.25	0.30	0.28	0.32	0.27
P28	0.26	0.21	0.34	0.29	0.31	0.27	0.36	0.29
P29	0.05	0.04	0.08	0.07	0.09	0.08	0.18	0.11
P30	0.14	0.12	0.21	0.16	0.16	0.14	0.20	0.15
P31	0.23	0.21	0.33	0.23	0.26	0.22	0.30	0.22
P32	0.17	0.15	0.26	0.20	0.20	0.20	0.28	0.22
P33	0.15	0.13	0.20	0.16	0.20	0.20	0.25	0.20
P34	0.14	0.12	0.23	0.16	0.22	0.19	0.31	0.24
P35	0.14	0.11	0.23	0.16	0.31	0.24	0.40	0.25
P36	0.08	0.06	0.12	0.09	0.13	0.12	0.19	0.12
P37	0.04	0.04	0.07	0.07	0.10	0.09	0.14	0.09
P38	0.13	0.11	0.17	0.14	0.16	0.14	0.16	0.14
P39	0.19	0.16	0.25	0.20	0.24	0.20	0.29	0.25
P40	0.17	0.13	0.25	0.20	0.27	0.23	0.29	0.26

Quadro I.4 – Situação Atual. Rumo SE. Índices de agitação obtidos durante os ensaios

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.16	0.15	0.18	0.17	0.17	0.17	0.22	0.23
P2	0.20	0.15	0.20	0.17	0.17	0.16	0.18	0.18
P3	0.15	0.16	0.28	0.24	0.35	0.31	0.25	0.25
P4	0.17	0.18	0.27	0.24	0.26	0.25	0.25	0.25
P5	0.18	0.18	0.27	0.25	0.38	0.37	0.27	0.28
P6	0.97	0.85	1.18	1.10	1.13	1.13	1.10	1.05
P7	0.70	0.72	0.78	0.78	0.76	0.74	0.73	0.74
P8	0.73	0.69	0.72	0.75	0.67	0.65	0.70	0.69
P9	0.84	0.84	0.84	0.86	0.74	0.72	0.73	0.72
P10	0.22	0.23	0.24	0.25	0.28	0.28	0.31	0.30
P11	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17	0.17	0.20	0.19
P12	0.08	0.09	0.09	0.09	0.11	0.11	0.12	0.12
P13	0.07	0.07	0.09	0.08	0.10	0.10	0.13	0.13
P14	0.11	0.11	0.13	0.14	0.15	0.16	0.18	0.19
P15	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.14	0.14
P16	0.09	0.08	0.12	0.10	0.13	0.12	0.16	0.15
P17	0.09	0.09	0.13	0.11	0.12	0.12	0.16	0.15
P18	0.09	0.09	0.18	0.15	0.19	0.18	0.22	0.22
P19	0.09	0.08	0.11	0.11	0.15	0.14	0.17	0.15
P20	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.12	0.12
P21	0.07	0.07	0.10	0.10	0.13	0.13	0.14	0.12
P22	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11
P23	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
P24	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06
P25	0.03	0.03	0.05	0.06	0.06	0.08	0.07	0.08
P26	0.04	0.04	0.06	0.07	0.06	0.08	0.07	0.09
P27	0.07	0.08	0.12	0.12	0.19	0.18	0.19	0.19
P28	0.09	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.16
P29	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.06
P30	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.10
P31	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10
P32	0.06	0.06	0.10	0.09	0.07	0.08	0.08	0.11
P33	0.08	0.07	0.09	0.10	0.12	0.12	0.13	0.11
P34	0.07	0.07	0.09	0.09	0.11	0.12	0.12	0.11
P35	0.09	0.10	0.13	0.13	0.18	0.17	0.21	0.19
P36	0.05	0.04	0.07	0.07	0.14	0.11	0.17	0.12
P37	0.03	0.04	0.07	0.08	0.11	0.10	0.13	0.09
P38	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.11
P39	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11	0.12	0.18	0.18
P40	0.11	0.10	0.11	0.11	0.13	0.14	0.17	0.17



Quadro I.5 – Situação Atual. Rumo SE. Índices de agitação obtidos durante as repetições

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.16	0.15	0.20	0.18	0.18	0.17	0.22	0.23
P2	0.19	0.15	0.17	0.15	0.16	0.15	0.18	0.19
P3	0.15	0.15	0.26	0.23	0.35	0.30	0.27	0.26
P4	0.17	0.17	0.28	0.25	0.27	0.25	0.27	0.27
P5	0.17	0.17	0.25	0.25	0.37	0.36	0.29	0.30
P6	1.00	0.87	1.09	1.12	1.17	1.12	1.08	1.07
P7	0.72	0.71	0.72	0.73	0.70	0.69	0.70	0.70
P8	0.76	0.73	0.84	0.79	0.69	0.69	0.70	0.69
P9	0.90	0.87	0.95	0.90	0.74	0.75	0.74	0.72
P10	0.21	0.23	0.27	0.27	0.28	0.29	0.31	0.30
P11	0.14	0.15	0.18	0.17	0.18	0.19	0.20	0.19
P12	0.09	0.08	0.10	0.10	0.12	0.12	0.14	0.13
P13	0.08	0.08	0.09	0.09	0.11	0.11	0.15	0.13
P14	0.12	0.11	0.14	0.14	0.16	0.17	0.21	0.20
P15	0.07	0.08	0.10	0.09	-	0.10	0.13	0.14
P16	0.09	0.08	0.12	0.11	-	0.13	0.13	0.14
P17	0.08	0.09	0.12	0.11	-	0.12	0.14	0.15
P18	0.08	0.10	0.17	0.14	-	0.17	0.23	0.23
P19	0.08	0.09	0.12	0.11	-	0.15	0.14	0.15
P20	0.07	0.07	0.08	0.08	-	0.09	0.12	0.12
P21	0.07	0.07	0.10	0.10	-	0.11	0.12	0.12
P22	0.07	0.07	0.08	0.10	0.12	0.12	0.15	0.15
P23	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.07	0.06
P24	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
P25	0.02	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06
P26	0.03	0.04	0.06	0.08	0.06	0.09	0.07	0.09
P27	0.07	0.07	0.12	0.13	0.20	0.19	0.21	0.20
P28	0.09	0.09	0.11	0.15	0.16	0.17	0.22	0.21
P29	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05
P30	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.09	0.10	0.11
P31	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.11	0.10	0.12
P32	0.07	0.07	0.10	0.10	0.07	0.11	0.10	0.13
P33	0.08	0.07	0.09	0.08	0.13	0.11	0.12	0.11
P34	0.07	0.07	0.09	0.08	0.11	0.12	0.12	0.12
P35	0.10	0.09	0.11	0.11	0.17	0.16	0.19	0.19
P36	0.06	0.06	0.08	0.08	0.12	0.11	0.17	0.11
P37	0.05	0.05	0.07	0.07	0.08	0.09	0.13	0.09
P38	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10
P39	0.11	0.09	0.10	0.10	0.12	0.13	0.18	0.17
P40	0.12	0.10	0.12	0.12	0.14	0.14	0.17	0.17

Quadro I.6 – Situação Atual. Rumo SE. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.16	0.15	0.19	0.17	0.18	0.17	0.22	0.23
P2	0.19	0.15	0.19	0.16	0.16	0.16	0.18	0.19
P3	0.15	0.16	0.27	0.23	0.35	0.31	0.26	0.26
P4	0.17	0.18	0.27	0.25	0.27	0.25	0.26	0.26
P5	0.18	0.17	0.26	0.25	0.37	0.37	0.28	0.29
P6	0.99	0.86	1.13	1.11	1.15	1.12	1.09	1.06
P7	0.71	0.71	0.75	0.76	0.73	0.72	0.72	0.72
P8	0.74	0.71	0.78	0.77	0.68	0.67	0.70	0.69
P9	0.87	0.85	0.90	0.88	0.74	0.74	0.73	0.72
P10	0.22	0.23	0.26	0.26	0.28	0.28	0.31	0.30
P11	0.14	0.15	0.17	0.17	0.18	0.18	0.20	0.19
P12	0.08	0.08	0.09	0.09	0.11	0.12	0.13	0.13
P13	0.07	0.07	0.09	0.09	0.10	0.10	0.14	0.13
P14	0.11	0.11	0.13	0.14	0.16	0.16	0.20	0.20
P15	0.08	0.08	0.10	0.10	0.11	0.11	0.13	0.14
P16	0.09	0.08	0.12	0.10	0.13	0.12	0.15	0.15
P17	0.09	0.09	0.13	0.11	0.12	0.12	0.15	0.15
P18	0.08	0.10	0.17	0.15	0.19	0.17	0.22	0.22
P19	0.09	0.08	0.12	0.11	0.15	0.15	0.16	0.15
P20	0.07	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.12	0.12
P21	0.07	0.07	0.10	0.10	0.13	0.12	0.13	0.12
P22	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.13
P23	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
P24	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06
P25	0.02	0.03	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07
P26	0.03	0.04	0.06	0.08	0.06	0.09	0.07	0.09
P27	0.07	0.07	0.12	0.13	0.19	0.19	0.20	0.19
P28	0.09	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.19	0.19
P29	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
P30	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
P31	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.10	0.10	0.11
P32	0.06	0.06	0.10	0.09	0.07	0.10	0.09	0.12
P33	0.08	0.07	0.09	0.09	0.12	0.12	0.12	0.11
P34	0.07	0.07	0.09	0.09	0.11	0.12	0.12	0.12
P35	0.10	0.10	0.12	0.12	0.17	0.16	0.20	0.19
P36	0.05	0.05	0.07	0.07	0.13	0.11	0.17	0.11
P37	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09	0.13	0.09
P38	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10
P39	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.12	0.18	0.18
P40	0.12	0.10	0.12	0.12	0.13	0.14	0.17	0.17

Quadro I.7 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Índices de agitação obtidos durante os ensaios

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.11	0.09	0.14	0.12	0.13	0.13	0.16	0.14
P2	0.09	0.08	0.12	0.10	0.15	0.13	0.14	0.12
P3	0.10	0.10	0.15	0.14	0.20	0.19	0.19	0.18
P4	0.09	0.09	0.15	0.13	0.20	0.19	0.20	0.18
P5	0.09	0.09	0.14	0.13	0.18	0.18	0.18	0.17
P6	0.78	0.75	0.88	0.88	0.92	0.85	0.96	0.85
P7	0.81	0.75	0.97	0.91	0.92	0.89	0.91	0.85
P8	0.77	0.73	0.92	0.90	1.03	1.02	0.91	0.85
P9	0.98	0.79	0.97	0.98	1.18	1.14	0.97	0.87
P10	0.94	0.73	0.90	0.90	0.90	0.89	0.88	0.79
P11	0.44	0.44	0.44	0.47	0.43	0.46	0.43	0.45
P12	0.21	0.19	0.27	0.26	0.32	0.31	0.29	0.28
P13	0.18	0.14	0.21	0.18	0.22	0.21	0.21	0.21
P14	0.25	0.24	0.39	0.31	0.46	0.40	0.49	0.44
P15	0.17	0.16	0.22	0.21	0.24	0.24	0.27	0.27
P16	0.18	0.18	0.26	0.23	0.30	0.29	0.33	0.33
P17	0.14	0.15	0.22	0.21	0.34	0.32	0.35	0.35
P18	0.11	0.12	0.20	0.22	0.26	0.30	0.33	0.35
P19	0.10	0.11	0.22	0.23	0.37	0.35	0.36	0.35
P20	0.07	0.06	0.11	0.10	0.14	0.14	0.15	0.15
P21	0.06	0.05	0.12	0.10	0.14	0.14	0.17	0.15
P22	0.06	0.06	0.11	0.10	0.15	0.14	0.17	0.17
P23	0.04	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10
P24	0.03	0.03	0.06	0.05	0.08	0.08	0.10	0.09
P25	0.04	0.05	0.09	0.10	0.12	0.13	0.11	0.12
P26	0.06	0.07	0.10	0.10	0.10	0.12	0.10	0.12
P27	0.06	0.05	0.12	0.10	0.15	0.15	0.13	0.14
P28	0.08	0.07	0.11	0.10	0.18	0.16	0.18	0.18
P29	0.04	0.03	0.05	0.04	0.10	0.08	0.13	0.11
P30	0.04	0.05	0.09	0.09	0.16	0.14	0.16	0.15
P31	0.07	0.07	0.11	0.11	0.16	0.16	0.17	0.16
P32	0.08	0.08	0.10	0.11	0.17	0.17	0.24	0.20
P33	0.06	0.06	0.13	0.11	0.18	0.17	0.20	0.18
P34	0.04	0.04	0.07	0.06	0.09	0.08	0.10	0.09
P35	0.03	0.03	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06
P36	0.03	0.02	0.06	0.05	0.08	0.07	0.06	0.07
P37	0.04	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.07	0.08
P38	0.07	0.06	0.10	0.08	0.11	0.10	0.14	0.13
P39	0.14	0.11	0.14	0.13	0.25	0.22	0.31	0.28
P40	0.05	0.04	0.08	0.07	0.09	0.10	0.10	0.10

Quadro I.8 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Índices de agitação obtidos durante a repetição dos ensaios

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.09	0.10	0.14	0.12	0.14	0.13	0.17	0.15
P2	0.10	0.08	0.13	0.11	0.16	0.14	0.14	0.13
P3	0.08	0.09	0.18	0.15	0.21	0.21	0.19	0.18
P4	0.09	0.09	0.16	0.14	0.21	0.20	0.20	0.19
P5	0.09	0.08	0.17	0.15	0.19	0.19	0.19	0.18
P6	0.67	0.72	0.87	0.90	0.91	0.88	1.00	0.88
P7	0.63	0.69	0.93	0.93	0.92	0.89	0.93	0.83
P8	0.71	0.74	0.93	0.90	1.05	1.01	0.91	0.84
P9	0.99	0.80	1.01	0.99	1.24	1.17	0.92	0.85
P10	0.94	0.73	0.95	0.92	0.96	0.91	0.83	0.79
P11	0.53	0.44	0.43	0.48	0.45	0.44	0.45	0.45
P12	0.23	0.20	0.27	0.25	0.34	0.30	0.30	0.29
P13	0.18	0.15	0.22	0.18	0.23	0.21	0.22	0.22
P14	0.28	0.26	0.41	0.33	0.49	0.39	0.54	0.45
P15	0.14	0.17	0.23	0.21	0.24	0.24	0.24	0.22
P16	0.16	0.20	0.28	0.23	0.31	0.29	0.29	0.26
P17	0.13	0.17	0.24	0.22	0.33	0.31	0.31	0.29
P18	0.08	0.13	0.21	0.22	0.26	0.30	0.29	0.29
P19	0.08	0.12	0.23	0.23	0.37	0.35	0.35	0.31
P20	0.06	0.07	0.11	0.10	0.15	0.14	0.13	0.13
P21	0.05	0.06	0.12	0.11	0.14	0.13	0.15	0.14
P22	0.07	0.06	0.10	0.10	0.16	0.15	0.18	0.17
P23	0.04	0.04	0.06	0.08	0.08	0.10	0.09	0.10
P24	0.03	0.03	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10	0.09
P25	0.04	0.05	0.08	0.11	0.11	0.14	0.11	0.13
P26	0.07	0.06	0.09	0.11	0.10	0.12	0.10	0.12
P27	0.06	0.05	0.11	0.10	0.15	0.15	0.13	0.15
P28	0.09	0.07	0.11	0.11	0.18	0.18	0.18	0.17
P29	0.05	0.03	0.05	0.04	0.11	0.09	0.14	0.12
P30	0.06	0.05	0.09	0.08	0.15	0.13	0.18	0.15
P31	0.08	0.06	0.10	0.11	0.16	0.15	0.16	0.16
P32	0.12	0.08	0.10	0.11	0.16	0.16	0.23	0.21
P33	0.08	0.06	0.12	0.11	0.18	0.15	0.19	0.18
P34	0.05	0.04	0.06	0.06	0.09	0.08	0.10	0.09
P35	0.04	0.03	0.06	0.04	0.07	0.06	0.06	0.06
P36	0.04	0.03	0.07	0.05	0.08	0.07	0.06	0.07
P37	0.05	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.07	0.08
P38	0.09	0.06	0.11	0.08	0.11	0.10	0.14	0.13
P39	0.18	0.11	0.15	0.13	0.26	0.24	0.32	0.28
P40	0.06	0.05	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.11

Quadro I.9 – Configuração 1. Rumo E-10-N. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.10	0.09	0.14	0.12	0.14	0.13	0.17	0.15
P2	0.09	0.08	0.12	0.11	0.16	0.14	0.14	0.13
P3	0.09	0.10	0.17	0.15	0.21	0.20	0.19	0.18
P4	0.09	0.09	0.15	0.14	0.21	0.19	0.20	0.18
P5	0.09	0.09	0.15	0.14	0.19	0.19	0.18	0.17
P6	0.72	0.74	0.88	0.89	0.92	0.87	0.98	0.87
P7	0.72	0.72	0.95	0.92	0.92	0.89	0.92	0.84
P8	0.74	0.73	0.92	0.90	1.04	1.02	0.91	0.85
P9	0.99	0.80	0.99	0.99	1.21	1.15	0.94	0.86
P10	0.94	0.73	0.93	0.91	0.93	0.90	0.86	0.79
P11	0.49	0.44	0.44	0.48	0.44	0.45	0.44	0.45
P12	0.22	0.20	0.27	0.25	0.33	0.30	0.30	0.28
P13	0.18	0.15	0.22	0.18	0.23	0.21	0.22	0.21
P14	0.27	0.25	0.40	0.32	0.47	0.40	0.52	0.45
P15	0.16	0.17	0.23	0.21	0.24	0.24	0.26	0.24
P16	0.17	0.19	0.27	0.23	0.31	0.29	0.31	0.29
P17	0.13	0.16	0.23	0.22	0.33	0.32	0.33	0.32
P18	0.09	0.12	0.21	0.22	0.26	0.30	0.31	0.32
P19	0.09	0.12	0.22	0.23	0.37	0.35	0.35	0.33
P20	0.06	0.06	0.11	0.10	0.15	0.14	0.14	0.14
P21	0.05	0.06	0.12	0.11	0.14	0.14	0.16	0.15
P22	0.06	0.06	0.11	0.10	0.15	0.15	0.17	0.17
P23	0.04	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.09	0.10
P24	0.03	0.03	0.06	0.06	0.08	0.08	0.10	0.09
P25	0.04	0.05	0.09	0.10	0.12	0.13	0.11	0.13
P26	0.06	0.06	0.10	0.11	0.10	0.12	0.10	0.12
P27	0.06	0.05	0.11	0.10	0.15	0.15	0.13	0.14
P28	0.08	0.07	0.11	0.11	0.18	0.17	0.18	0.18
P29	0.04	0.03	0.05	0.04	0.11	0.09	0.14	0.11
P30	0.05	0.05	0.09	0.09	0.16	0.14	0.17	0.15
P31	0.07	0.06	0.10	0.11	0.16	0.15	0.17	0.16
P32	0.10	0.08	0.10	0.11	0.16	0.17	0.23	0.21
P33	0.07	0.06	0.13	0.11	0.18	0.16	0.20	0.18
P34	0.04	0.04	0.06	0.06	0.09	0.08	0.10	0.09
P35	0.04	0.03	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06
P36	0.03	0.03	0.07	0.05	0.08	0.07	0.06	0.07
P37	0.05	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.07	0.08
P38	0.08	0.06	0.11	0.08	0.11	0.10	0.14	0.13
P39	0.16	0.11	0.14	0.13	0.26	0.23	0.31	0.28
P40	0.05	0.05	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11



Quadro I.10 – Configuração 1. Rumo SE. Índices de agitação obtidos durante os ensaios

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.15	0.17	0.19	0.18	0.20	0.18	0.24	0.26
P2	0.17	0.17	0.24	0.20	0.21	0.19	0.20	0.21
P3	0.16	0.18	0.32	0.28	0.41	0.32	0.29	0.28
P4	0.17	0.19	0.29	0.27	0.29	0.25	0.28	0.29
P5	0.18	0.20	0.30	0.29	0.47	0.39	0.31	0.32
P6	0.96	0.79	1.03	0.97	1.08	1.04	0.93	0.92
P7	0.78	0.66	0.71	0.73	0.75	0.74	0.63	0.64
P8	0.77	0.70	0.70	0.73	0.73	0.72	0.65	0.66
P9	0.90	0.81	0.81	0.81	0.78	0.78	0.68	0.68
P10	0.18	0.19	0.23	0.24	0.31	0.30	0.31	0.31
P11	0.13	0.12	0.17	0.17	0.20	0.19	0.21	0.21
P12	0.09	0.09	0.11	0.09	0.14	0.14	0.12	0.12
P13	0.08	0.08	0.09	0.09	0.11	0.11	0.10	0.11
P14	0.10	0.11	0.13	0.12	0.17	0.18	0.18	0.19
P15	0.09	0.08	0.09	0.09	0.12	0.12	0.13	0.14
P16	0.08	0.07	0.09	0.08	0.14	0.13	0.14	0.15
P17	0.07	0.08	0.09	0.09	0.14	0.14	0.16	0.16
P18	0.05	0.05	0.07	0.08	0.11	0.12	0.12	0.13
P19	0.10	0.08	0.09	0.09	0.12	0.15	0.12	0.13
P20	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
P21	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06
P22	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
P23	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
P24	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
P25	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.05	0.03	0.05
P26	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.06
P27	0.04	0.04	0.07	0.06	0.10	0.10	0.08	0.09
P28	0.04	0.04	0.06	0.05	0.09	0.09	0.09	0.09
P29	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
P30	0.03	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08
P31	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.09	0.13
P32	0.05	0.04	0.04	0.06	0.06	0.08	0.10	0.10
P33	0.03	0.03	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.11
P34	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05
P35	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
P36	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.05
P37	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.06	0.04	0.06
P38	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.09	0.09
P39	0.06	0.06	0.05	0.06	0.11	0.11	0.11	0.11
P40	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06

Quadro I.11 – Configuração 1. Rumo SE. Índices de agitação obtidos durante as repetições

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.17	0.17	0.21	0.19	0.20	0.19	0.28	0.28
P2	0.21	0.17	0.24	0.20	0.21	0.20	0.21	0.22
P3	0.16	0.18	0.33	0.27	0.42	0.36	0.28	0.27
P4	0.18	0.18	0.30	0.27	0.29	0.27	0.27	0.27
P5	0.20	0.20	0.30	0.29	0.46	0.44	0.31	0.33
P6	0.82	0.78	1.07	0.99	1.09	1.04	0.97	0.95
P7	0.70	0.66	0.72	0.73	0.76	0.74	0.65	0.66
P8	0.72	0.68	0.72	0.73	0.76	0.73	0.69	0.68
P9	0.88	0.82	0.82	0.80	0.82	0.80	0.72	0.72
P10	0.21	0.21	0.23	0.24	0.31	0.31	0.33	0.32
P11	0.13	0.13	0.17	0.17	0.19	0.19	0.21	0.21
P12	0.09	0.08	0.10	0.09	0.14	0.14	0.11	0.11
P13	0.07	0.06	0.09	0.09	0.10	0.11	0.09	0.10
P14	0.12	0.11	0.12	0.13	0.18	0.18	0.19	0.19
P15	0.08	0.07	0.09	0.09	0.12	0.12	0.14	0.14
P16	0.07	0.06	0.10	0.09	0.14	0.14	0.17	0.16
P17	0.07	0.07	0.09	0.08	0.14	0.13	0.17	0.17
P18	0.05	0.05	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14
P19	0.09	0.08	0.09	0.10	0.13	0.14	0.12	0.12
P20	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
P21	0.03	0.03	0.05	0.04	0.05	0.05	0.07	0.06
P22	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
P23	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
P24	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
P25	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05
P26	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.07
P27	0.04	0.04	0.07	0.06	0.10	0.10	0.08	0.09
P28	0.04	0.04	0.06	0.06	0.09	0.09	0.09	0.09
P29	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06
P30	0.03	0.03	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08
P31	0.04	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10
P32	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.10
P33	0.03	0.04	0.07	0.07	0.10	0.09	0.11	0.11
P34	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05
P35	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
P36	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.04	0.06
P37	0.03	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.04	0.06
P38	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.10	0.09
P39	0.06	0.05	0.05	0.06	0.12	0.12	0.15	0.13
P40	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06

Quadro I.12 – Configuração 1. Rumo SE. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.16	0.17	0.20	0.19	0.20	0.19	0.26	0.27
P2	0.19	0.17	0.24	0.20	0.21	0.19	0.21	0.21
P3	0.16	0.18	0.32	0.28	0.41	0.34	0.28	0.28
P4	0.17	0.19	0.30	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28
P5	0.19	0.20	0.30	0.29	0.47	0.42	0.31	0.33
P6	0.89	0.79	1.05	0.98	1.08	1.04	0.95	0.93
P7	0.74	0.66	0.71	0.73	0.75	0.74	0.64	0.65
P8	0.75	0.69	0.71	0.73	0.74	0.72	0.67	0.67
P9	0.89	0.82	0.81	0.81	0.80	0.79	0.70	0.70
P10	0.19	0.20	0.23	0.24	0.31	0.31	0.32	0.32
P11	0.13	0.12	0.17	0.17	0.19	0.19	0.21	0.21
P12	0.09	0.08	0.10	0.09	0.14	0.14	0.11	0.12
P13	0.08	0.07	0.09	0.09	0.11	0.11	0.09	0.10
P14	0.11	0.11	0.13	0.12	0.18	0.18	0.19	0.19
P15	0.09	0.07	0.09	0.09	0.12	0.12	0.14	0.14
P16	0.07	0.06	0.09	0.09	0.14	0.13	0.16	0.16
P17	0.07	0.07	0.09	0.09	0.14	0.14	0.16	0.16
P18	0.05	0.05	0.07	0.08	0.11	0.12	0.12	0.13
P19	0.09	0.08	0.09	0.10	0.13	0.14	0.12	0.13
P20	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
P21	0.03	0.03	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06
P22	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
P23	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
P24	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
P25	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05
P26	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06
P27	0.04	0.04	0.07	0.06	0.10	0.10	0.08	0.09
P28	0.04	0.04	0.06	0.05	0.09	0.09	0.09	0.09
P29	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
P30	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08
P31	0.04	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.09	0.11
P32	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.08	0.10	0.10
P33	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.11
P34	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05
P35	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
P36	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.04	0.05
P37	0.02	0.02	0.03	0.05	0.04	0.06	0.04	0.06
P38	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.09	0.09
P39	0.06	0.06	0.05	0.06	0.11	0.11	0.13	0.12
P40	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06

Quadro I.13 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Índices de agitação obtidos durante os ensaios

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.08	0.08	0.16	0.10	0.13	0.13	0.16	0.15
P2	0.08	0.07	0.12	0.11	0.15	0.12	0.13	0.12
P3	0.09	0.10	0.16	0.14	0.22	0.20	0.17	0.17
P4	0.10	0.09	0.16	0.13	0.19	0.17	0.17	0.18
P5	0.10	0.09	0.17	0.13	0.19	0.18	0.16	0.16
P6	0.76	0.74	0.82	0.81	0.86	0.85	0.87	0.80
P7	0.71	0.70	0.97	0.86	0.91	0.90	0.83	0.82
P8	0.83	0.74	0.91	0.88	1.02	0.97	0.93	0.81
P9	0.88	0.81	0.99	1.00	1.19	1.10	0.94	0.82
P10	0.76	0.72	0.89	0.88	0.87	0.84	0.86	0.76
P11	0.38	0.38	0.41	0.43	0.40	0.43	0.44	0.42
P12	0.21	0.19	0.28	0.23	0.33	0.28	0.29	0.25
P13	0.14	0.13	0.18	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19
P14	0.28	0.26	0.41	0.33	0.50	0.42	0.55	0.46
P15	0.17	0.15	0.20	0.20	0.26	0.26	0.31	0.30
P16	0.15	0.14	0.18	0.19	0.22	0.23	0.24	0.25
P17	0.11	0.11	0.15	0.15	0.20	0.21	0.22	0.23
P18	0.10	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.19	0.21
P19	0.08	0.08	0.14	0.16	0.20	0.22	0.22	0.23
P20	0.03	0.04	0.07	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08
P21	0.03	0.04	0.09	0.10	0.08	0.09	0.08	0.09
P22	0.00	0.04	0.07	0.08	0.09	0.10	0.08	0.09
P23	0.02	0.03	0.05	0.07	0.06	0.07	0.05	0.07
P24	0.02	0.02	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07
P25	0.02	0.03	0.07	0.09	0.09	0.10	0.07	0.10
P26	0.03	0.04	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.09
P27	0.05	0.05	0.10	0.11	0.12	0.14	0.10	0.12
P28	0.04	0.04	0.09	0.09	0.11	0.12	0.10	0.11
P29	0.02	0.02	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07
P30	0.04	0.04	0.10	0.11	0.10	0.11	0.09	0.10
P31	0.04	0.05	0.09	0.11	0.11	0.13	0.10	0.12
P32	0.05	0.06	0.08	0.11	0.11	0.15	0.12	0.14
P33	0.04	0.05	0.10	0.12	0.12	0.14	0.12	0.13
P34	0.03	0.03	0.05	0.05	0.07	0.07	0.06	0.06
P35	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
P36	0.02	0.02	0.05	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05
P37	0.03	0.03	0.05	0.07	0.07	0.08	0.05	0.06
P38	0.04	0.04	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09
P39	0.07	0.07	0.12	0.12	0.18	0.18	0.18	0.18
P40	0.03	0.03	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07

Quadro I.14 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Índices de Agitação obtidos durante as repetições

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.09	0.08	0.16	0.12	0.14	0.14	0.17	0.16
P2	0.10	0.08	0.14	0.10	0.16	0.14	0.12	0.11
P3	0.11	0.11	0.20	0.14	0.19	0.19	0.15	0.16
P4	0.10	0.09	0.16	0.13	0.18	0.17	0.17	0.16
P5	0.10	0.10	0.16	0.14	0.17	0.17	0.16	0.16
P6	0.77	0.72	0.87	0.79	0.86	0.83	0.87	0.80
P7	0.71	0.72	0.96	0.88	0.89	0.90	0.84	0.80
P8	0.83	0.77	0.94	0.90	1.02	1.00	0.91	0.84
P9	0.76	0.81	0.93	0.97	1.10	1.06	0.87	0.81
P10	0.70	0.77	0.87	0.90	0.88	0.86	0.87	0.80
P11	0.34	0.40	0.39	0.42	0.40	0.42	0.42	0.43
P12	0.21	0.19	0.28	0.23	0.34	0.29	0.30	0.27
P13	0.12	0.12	0.17	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18
P14	0.25	0.24	0.39	0.31	0.47	0.40	0.53	0.45
P15	0.15	0.15	0.21	0.22	0.28	0.28	0.35	0.33
P16	0.14	0.15	0.19	0.20	0.23	0.24	0.26	0.26
P17	0.11	0.11	0.16	0.16	0.21	0.23	0.24	0.25
P18	0.10	0.11	0.13	0.17	0.19	0.22	0.21	0.23
P19	0.09	0.09	0.16	0.18	0.22	0.24	0.26	0.25
P20	0.04	0.04	0.08	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10
P21	0.04	0.04	0.09	0.11	0.09	0.10	0.09	0.09
P22	0.04	0.04	0.07	0.08	0.08	0.10	0.09	0.11
P23	0.02	0.03	0.05	0.06	0.06	0.08	0.06	0.08
P24	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	0.07
P25	0.02	0.04	0.07	0.09	0.08	0.11	0.07	0.10
P26	0.03	0.04	0.08	0.09	0.08	0.09	0.07	0.09
P27	0.04	0.05	0.11	0.11	0.12	0.13	0.09	0.12
P28	0.04	0.05	0.09	0.10	0.11	0.12	0.11	0.13
P29	0.02	0.02	0.04	0.04	0.07	0.07	0.08	0.08
P30	0.03	0.04	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12
P31	0.04	0.04	0.08	0.10	0.11	0.13	0.10	0.12
P32	0.05	0.06	0.07	0.10	0.12	0.14	0.13	0.14
P33	0.04	0.05	0.10	0.10	0.13	0.13	0.11	0.13
P34	0.03	0.03	0.05	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06
P35	0.02	0.02	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04
P36	0.02	0.02	0.05	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05
P37	0.03	0.03	0.05	0.07	0.06	0.08	0.05	0.06
P38	0.04	0.04	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
P39	0.07	0.07	0.12	0.12	0.17	0.18	0.17	0.18
P40	0.03	0.03	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07



Quadro I.15 – Configuração 2. Rumo E-10-N. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.09	0.08	0.16	0.11	0.14	0.13	0.16	0.16
P2	0.09	0.07	0.13	0.10	0.15	0.13	0.12	0.11
P3	0.10	0.10	0.18	0.14	0.20	0.20	0.16	0.17
P4	0.10	0.09	0.16	0.13	0.18	0.17	0.17	0.17
P5	0.10	0.10	0.17	0.13	0.18	0.17	0.16	0.16
P6	0.76	0.73	0.85	0.80	0.86	0.84	0.87	0.80
P7	0.71	0.71	0.96	0.87	0.90	0.90	0.84	0.81
P8	0.83	0.76	0.93	0.89	1.02	0.99	0.92	0.83
P9	0.82	0.81	0.96	0.98	1.15	1.08	0.90	0.81
P10	0.73	0.74	0.88	0.89	0.88	0.85	0.86	0.78
P11	0.36	0.39	0.40	0.43	0.40	0.42	0.43	0.42
P12	0.21	0.19	0.28	0.23	0.34	0.28	0.29	0.26
P13	0.13	0.12	0.18	0.16	0.18	0.18	0.18	0.18
P14	0.26	0.25	0.40	0.32	0.48	0.41	0.54	0.46
P15	0.16	0.15	0.21	0.21	0.27	0.27	0.33	0.32
P16	0.15	0.14	0.19	0.20	0.22	0.24	0.25	0.25
P17	0.11	0.11	0.15	0.16	0.21	0.22	0.23	0.24
P18	0.10	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.20	0.22
P19	0.08	0.09	0.15	0.17	0.21	0.23	0.24	0.24
P20	0.04	0.04	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09
P21	0.03	0.04	0.09	0.10	0.08	0.10	0.09	0.09
P22	0.02	0.04	0.07	0.08	0.09	0.10	0.08	0.10
P23	0.02	0.03	0.05	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07
P24	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	0.07
P25	0.02	0.03	0.07	0.09	0.08	0.11	0.07	0.10
P26	0.03	0.04	0.08	0.09	0.08	0.09	0.07	0.09
P27	0.05	0.05	0.10	0.11	0.12	0.13	0.10	0.12
P28	0.04	0.04	0.09	0.10	0.11	0.12	0.10	0.12
P29	0.02	0.02	0.04	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08
P30	0.04	0.04	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11
P31	0.04	0.05	0.09	0.11	0.11	0.13	0.10	0.12
P32	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.13	0.14
P33	0.04	0.05	0.10	0.11	0.12	0.14	0.12	0.13
P34	0.03	0.03	0.05	0.05	0.07	0.07	0.06	0.06
P35	0.02	0.02	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04
P36	0.02	0.02	0.05	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05
P37	0.03	0.03	0.05	0.07	0.06	0.08	0.05	0.06
P38	0.04	0.04	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
P39	0.07	0.07	0.12	0.12	0.17	0.18	0.17	0.18
P40	0.03	0.03	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07

Quadro I.16 – Configuração 2. Rumo SE. Índices de agitação obtidos nos ensaios

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.19	0.16	0.21	0.19	0.22	0.21	0.27	0.26
P2	0.17	0.14	0.19	0.16	0.20	0.18	0.21	0.19
P3	0.20	0.17	0.31	0.26	0.42	0.37	0.31	0.29
P4	0.21	0.19	0.30	0.26	0.32	0.29	0.32	0.30
P5	0.22	0.19	0.30	0.28	0.46	0.43	0.34	0.33
P6	0.97	0.82	1.08	1.01	1.10	1.07	0.99	0.93
P7	0.64	0.66	0.74	0.71	0.78	0.77	0.69	0.68
P8	0.65	0.73	0.75	0.73	0.75	0.72	0.69	0.70
P9	0.81	0.85	0.84	0.80	0.80	0.77	0.71	0.73
P10	0.20	0.22	0.24	0.23	0.31	0.31	0.33	0.33
P11	0.13	0.12	0.16	0.15	0.19	0.18	0.22	0.20
P12	0.09	0.08	0.10	0.09	0.17	0.16	0.16	0.15
P13	0.08	0.07	0.09	0.08	0.11	0.10	0.10	0.09
P14	0.12	0.11	0.15	0.13	0.21	0.20	0.25	0.22
P15	0.10	0.10	0.12	0.11	0.15	0.15	0.16	0.16
P16	0.08	0.09	0.10	0.09	0.13	0.13	0.16	0.16
P17	0.08	0.09	0.09	0.09	0.12	0.12	0.15	0.15
P18	0.06	0.06	0.07	0.08	0.11	0.12	0.12	0.13
P19	0.07	0.07	0.07	0.08	0.13	0.13	0.12	0.12
P20	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05
P21	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06
P22	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
P23	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
P24	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
P25	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04
P26	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.05
P27	0.02	0.02	0.04	0.03	0.05	0.06	0.05	0.05
P28	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
P29	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
P30	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.06
P31	0.02	0.02	0.04	0.05	0.06	0.08	0.07	0.08
P32	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.08	0.09
P33	0.03	0.03	0.06	0.06	0.08	0.09	0.09	0.09
P34	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04
P35	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05
P36	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05
P37	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.07	0.04	0.06
P38	0.02	0.02	0.04	0.04	0.06	0.06	0.07	0.07
P39	0.05	0.05	0.06	0.06	0.11	0.10	0.14	0.13
P40	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04

Quadro I.17 – Configuração 2. Rumo SE. Índices de agitação obtidos durante as repetições

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.18	0.16	0.22	0.18	0.22	0.22	0.27	0.27
P2	0.16	0.13	0.21	0.17	0.20	0.19	0.20	0.19
P3	0.19	0.17	0.33	0.27	0.43	0.38	0.30	0.28
P4	0.20	0.19	0.32	0.27	0.32	0.30	0.31	0.29
P5	0.21	0.19	0.31	0.29	0.47	0.44	0.33	0.33
P6	0.97	0.80	1.07	1.01	1.12	1.07	0.97	0.95
P7	0.63	0.68	0.73	0.72	0.78	0.78	0.68	0.67
P8	0.71	0.70	0.72	0.74	0.76	0.74	0.68	0.64
P9	0.84	0.83	0.82	0.81	0.81	0.79	0.71	0.67
P10	0.20	0.22	0.24	0.25	0.31	0.31	0.32	0.32
P11	0.12	0.12	0.16	0.16	0.19	0.18	0.22	0.21
P12	0.09	0.08	0.10	0.09	0.16	0.16	0.15	0.14
P13	0.08	0.07	0.09	0.08	0.11	0.11	0.09	0.09
P14	0.12	0.12	0.14	0.14	0.20	0.20	0.23	0.21
P15	0.10	0.10	0.12	0.11	0.15	0.15	0.15	0.16
P16	0.09	0.08	0.10	0.09	0.14	0.13	0.15	0.15
P17	0.10	0.09	0.09	0.09	0.12	0.12	0.14	0.15
P18	0.07	0.07	0.08	0.08	0.11	0.12	0.12	0.13
P19	0.07	0.07	0.07	0.08	0.13	0.13	0.12	0.12
P20	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05
P21	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.06
P22	0.01	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06
P23	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
P24	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04
P25	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05
P26	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06
P27	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06
P28	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.07	0.07
P29	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
P30	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.05	0.06
P31	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.07	0.08
P32	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.08	0.09
P33	0.02	0.03	0.06	0.06	0.08	0.09	0.09	0.10
P34	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04
P35	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
P36	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05
P37	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.07	0.04	0.07
P38	0.02	0.02	0.04	0.04	0.06	0.06	0.08	0.07
P39	0.05	0.05	0.06	0.06	0.11	0.10	0.14	0.13
P40	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04

Quadro I.18 – Configuração 2. Rumo SE. Média dos índices de agitação obtidos nos ensaios e nas repetições

Ponto	Tp=6 s		Tp=9 s		Tp=12 s		Tp=15 s	
	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m	Hs = 1.5 m	Hs = 3 m
P1	0.19	0.16	0.21	0.19	0.22	0.21	0.27	0.26
P2	0.17	0.13	0.20	0.16	0.20	0.19	0.21	0.19
P3	0.19	0.17	0.32	0.27	0.43	0.37	0.31	0.28
P4	0.21	0.19	0.31	0.26	0.32	0.29	0.32	0.30
P5	0.22	0.19	0.31	0.28	0.47	0.43	0.33	0.33
P6	0.97	0.81	1.08	1.01	1.11	1.07	0.98	0.94
P7	0.64	0.67	0.73	0.72	0.78	0.78	0.68	0.67
P8	0.68	0.71	0.74	0.73	0.76	0.73	0.69	0.67
P9	0.82	0.84	0.83	0.80	0.80	0.78	0.71	0.70
P10	0.20	0.22	0.24	0.24	0.31	0.31	0.33	0.33
P11	0.12	0.12	0.16	0.16	0.19	0.18	0.22	0.21
P12	0.09	0.08	0.10	0.09	0.16	0.16	0.16	0.14
P13	0.08	0.07	0.09	0.08	0.11	0.11	0.09	0.09
P14	0.12	0.12	0.15	0.14	0.20	0.20	0.24	0.22
P15	0.10	0.10	0.12	0.11	0.15	0.15	0.16	0.16
P16	0.09	0.09	0.10	0.09	0.14	0.13	0.16	0.16
P17	0.09	0.09	0.09	0.09	0.12	0.12	0.15	0.15
P18	0.07	0.07	0.07	0.08	0.11	0.12	0.12	0.13
P19	0.07	0.07	0.07	0.08	0.13	0.13	0.12	0.12
P20	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05
P21	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.06
P22	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06
P23	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
P24	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
P25	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04
P26	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.06
P27	0.02	0.02	0.04	0.03	0.05	0.06	0.05	0.06
P28	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.06	0.06
P29	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
P30	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.06
P31	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.07	0.08
P32	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.08	0.09
P33	0.03	0.03	0.06	0.06	0.08	0.09	0.09	0.10
P34	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04
P35	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
P36	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05
P37	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.07	0.04	0.06
P38	0.02	0.02	0.04	0.04	0.06	0.06	0.07	0.07
P39	0.05	0.05	0.06	0.06	0.11	0.10	0.14	0.13
P40	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04

## ANEXO II

### Índices de agitação - Figuras





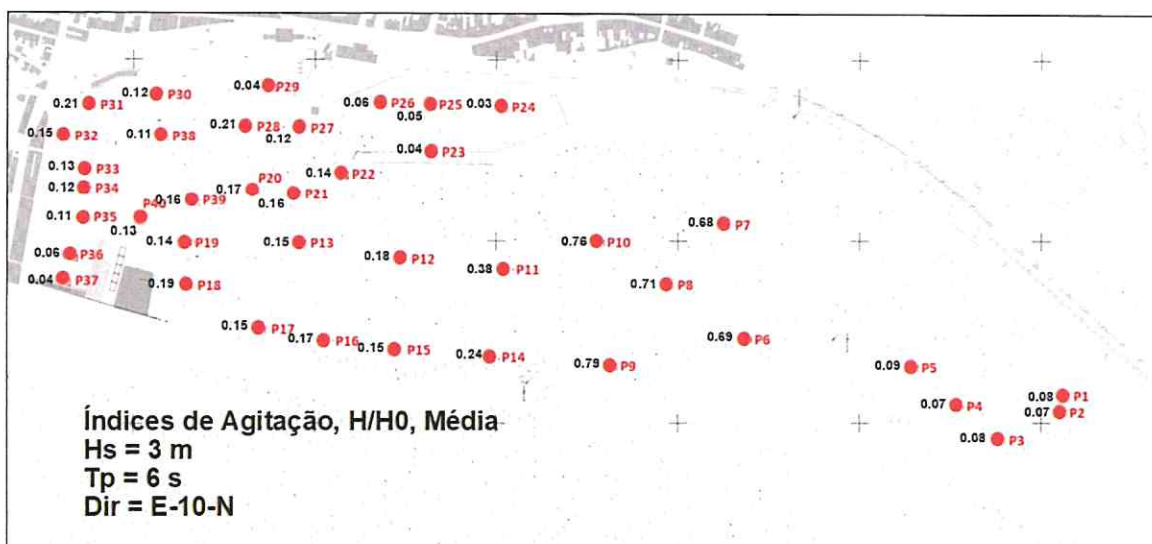
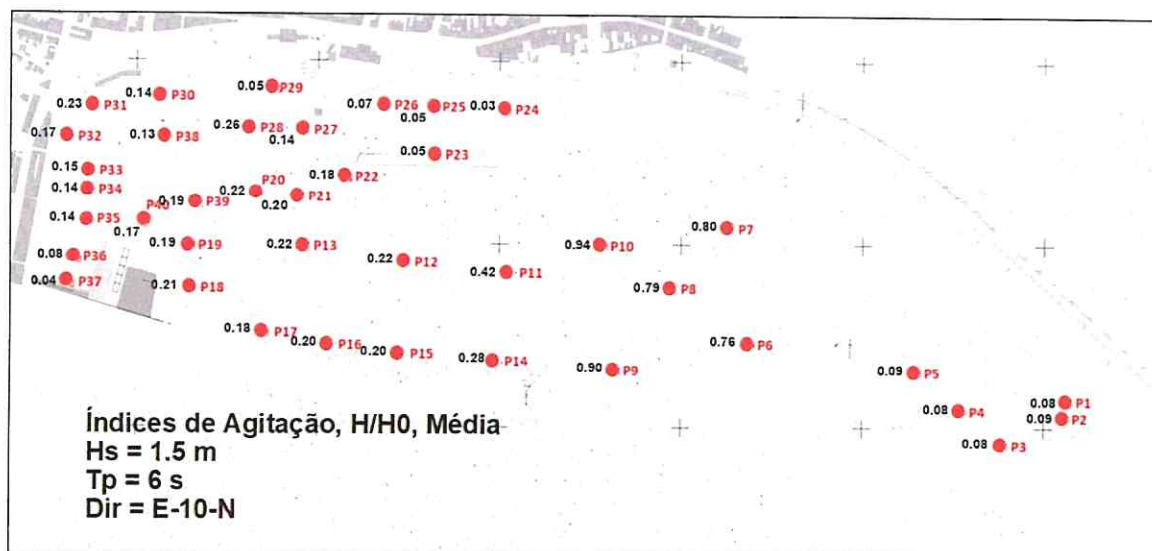


Figura II.1 – Situação Atual. Rumo E-10-N.  $T_p=6 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médios

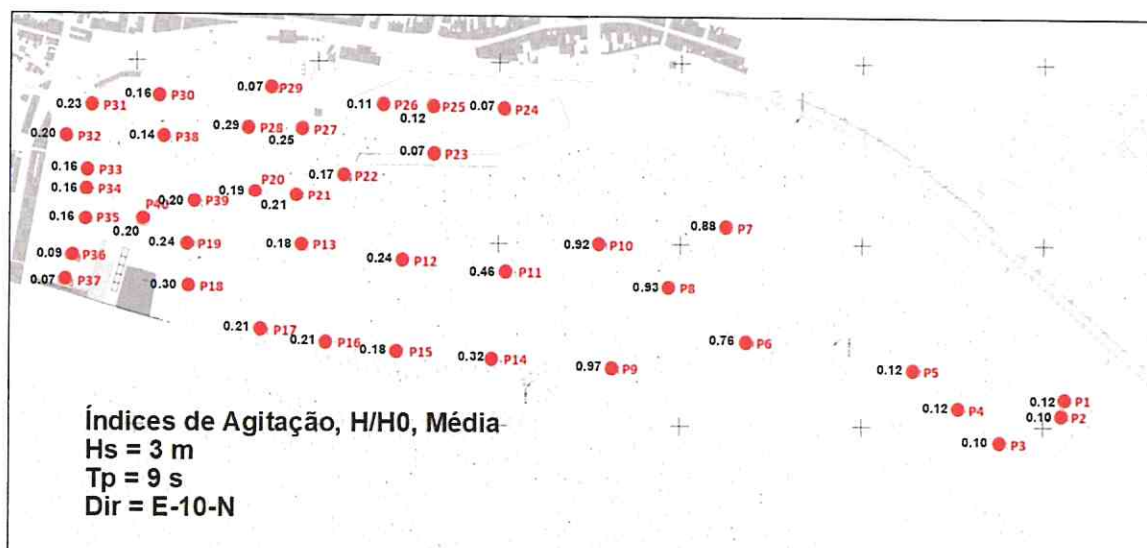
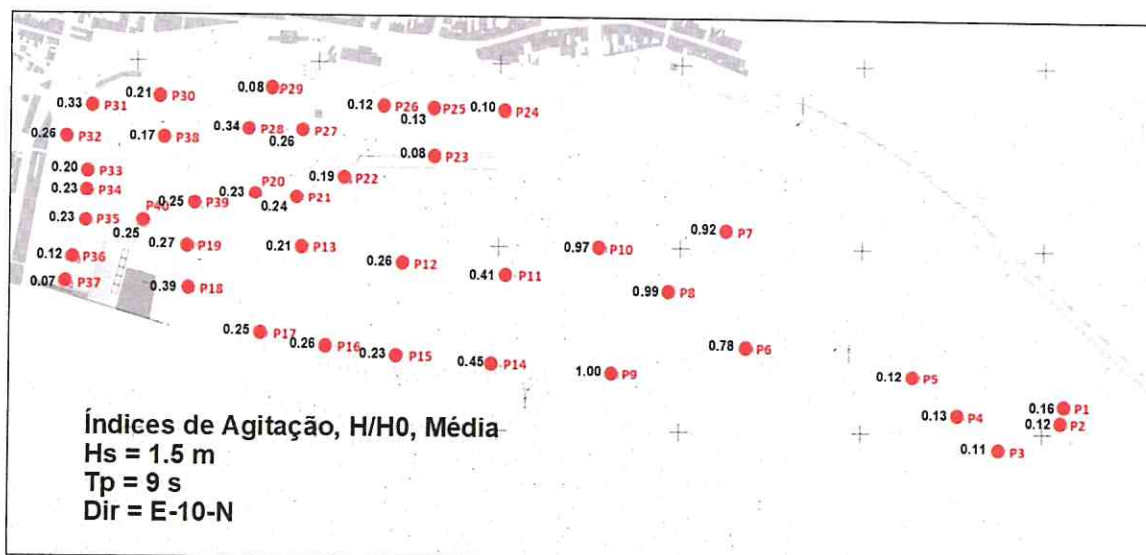


Figura II.2 – Situação Atual. Rumo E-10-N.  $T_p=9 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médios

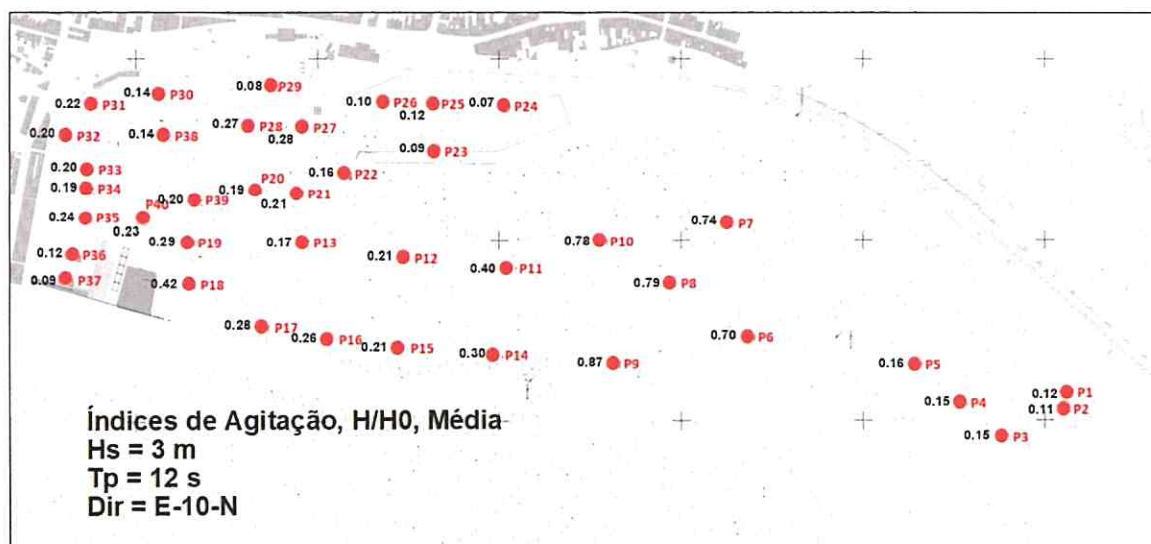
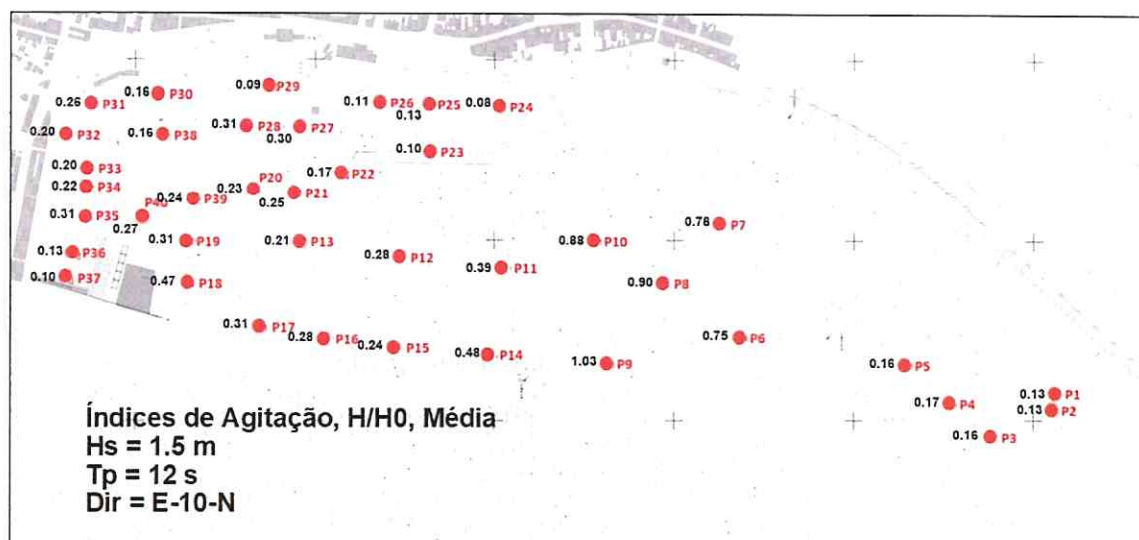


Figura II.3 – Situação Atual. Rumo E-10-N.  $T_p=12 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médios

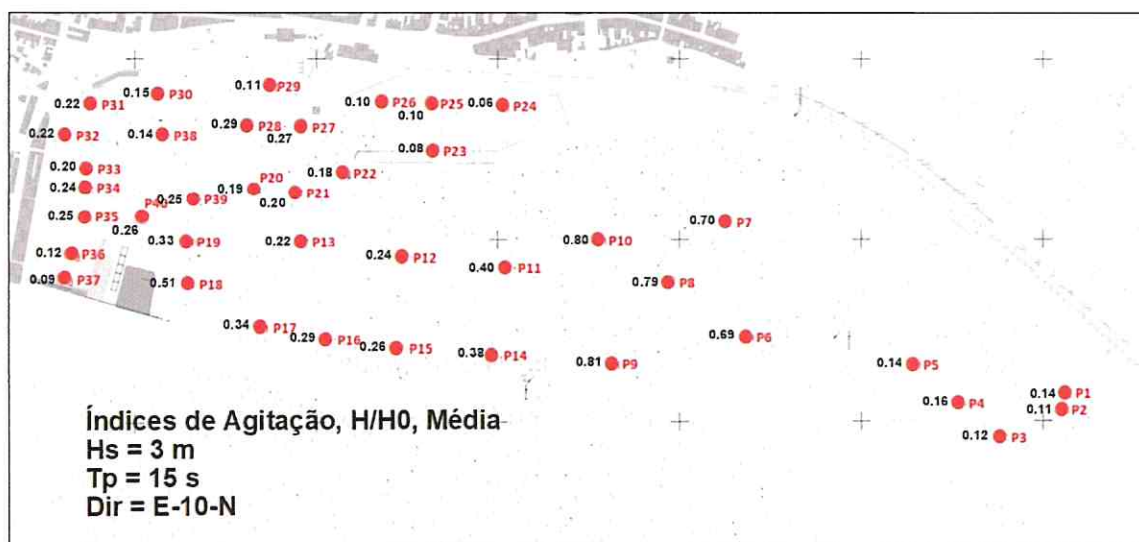
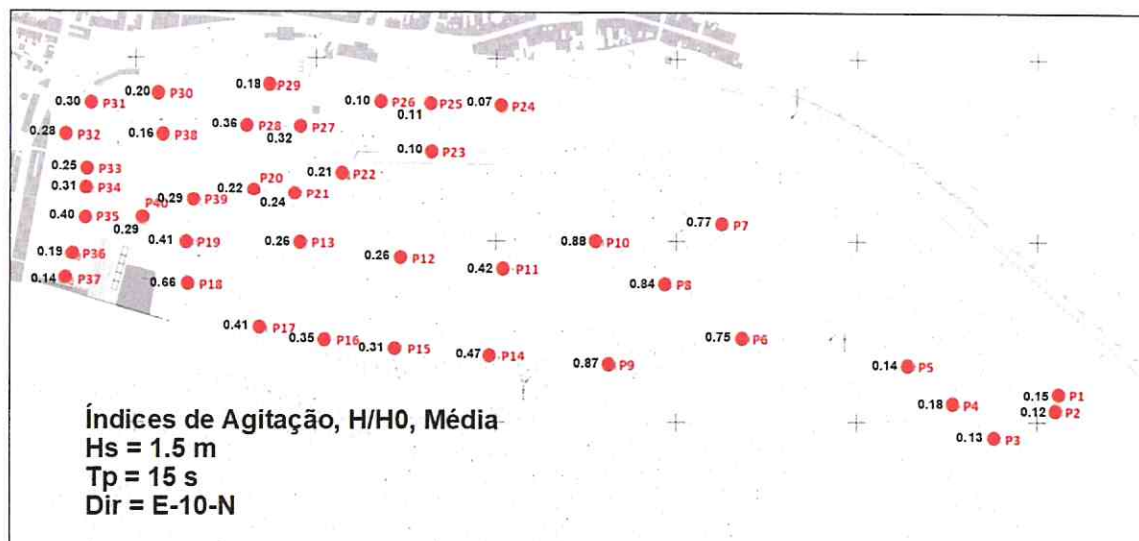


Figura II.4 – Situação Atual. Rumo E-10-N.  $T_p=15 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médios

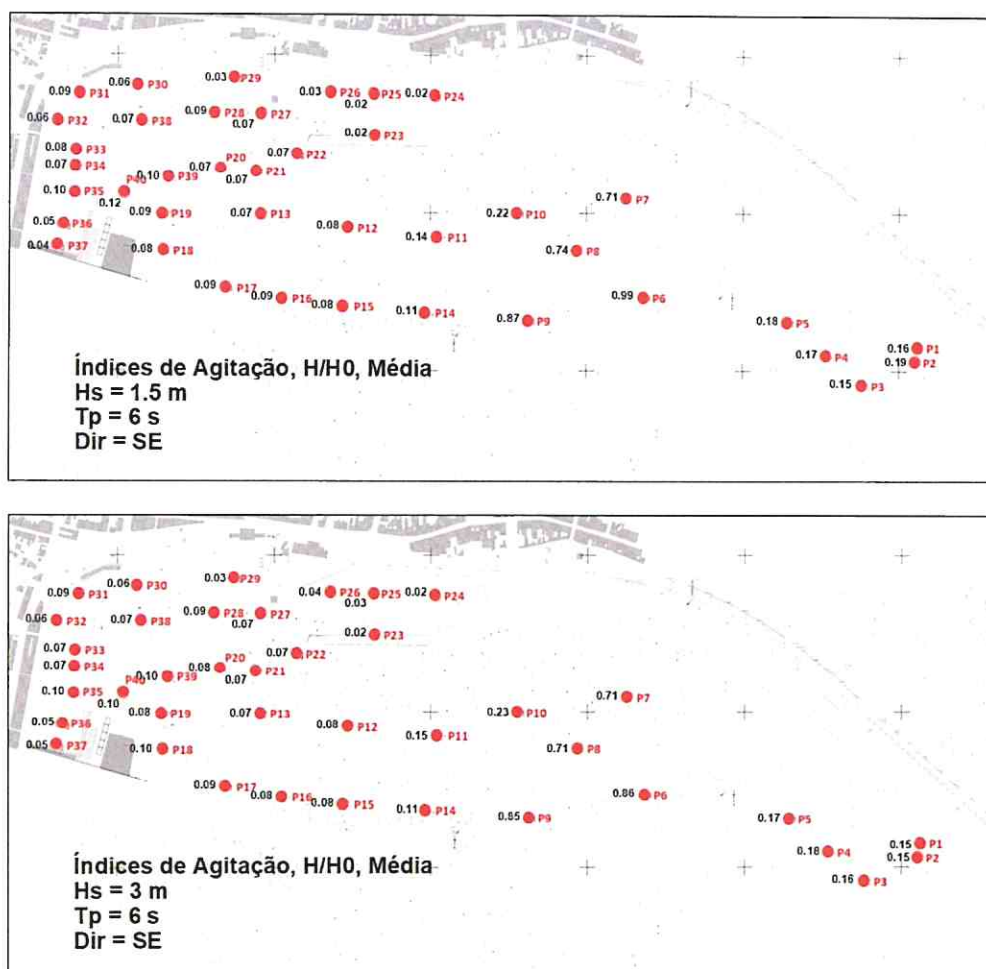


Figura II.5 – Situação Atual. Rumo SE.  $T_p=6 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médios

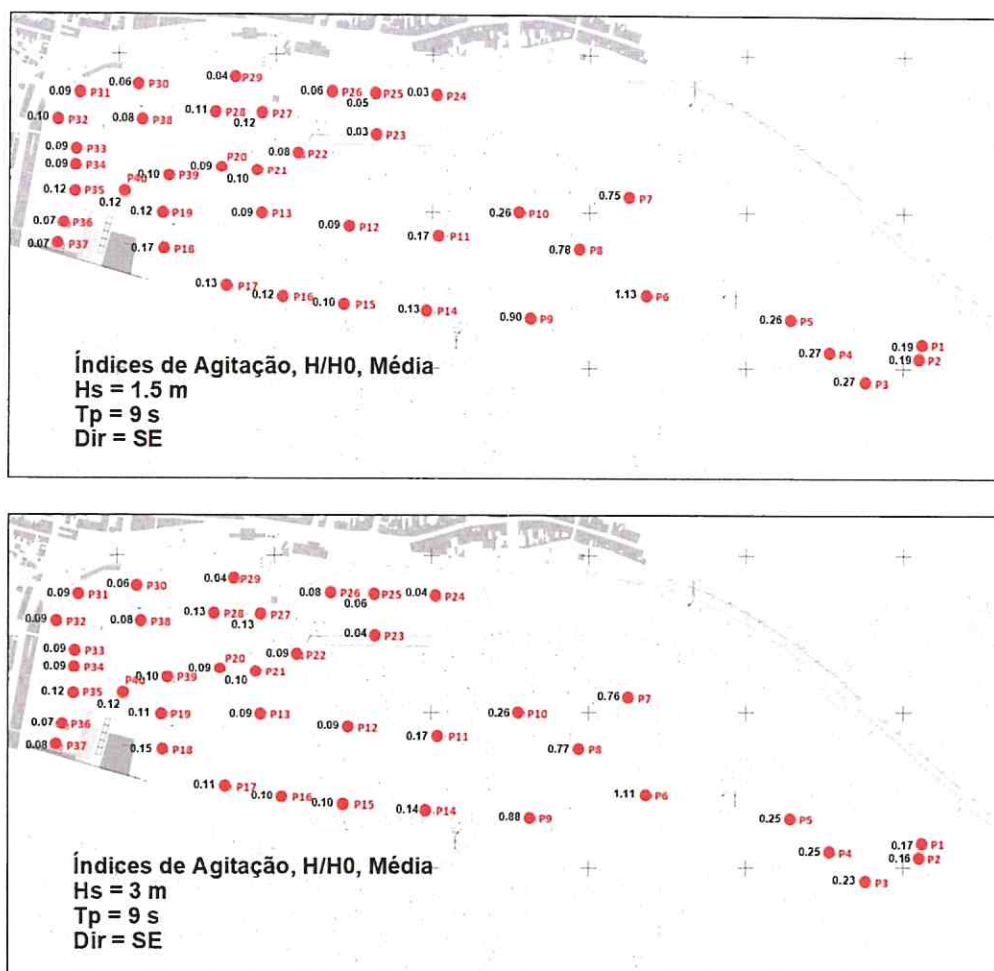


Figura II.6 – Situação Atual. Rumo SE.  $T_p=9$  s,  $H_s=1.5$  m e  $H_s=3$  m. Índices de agitação médios



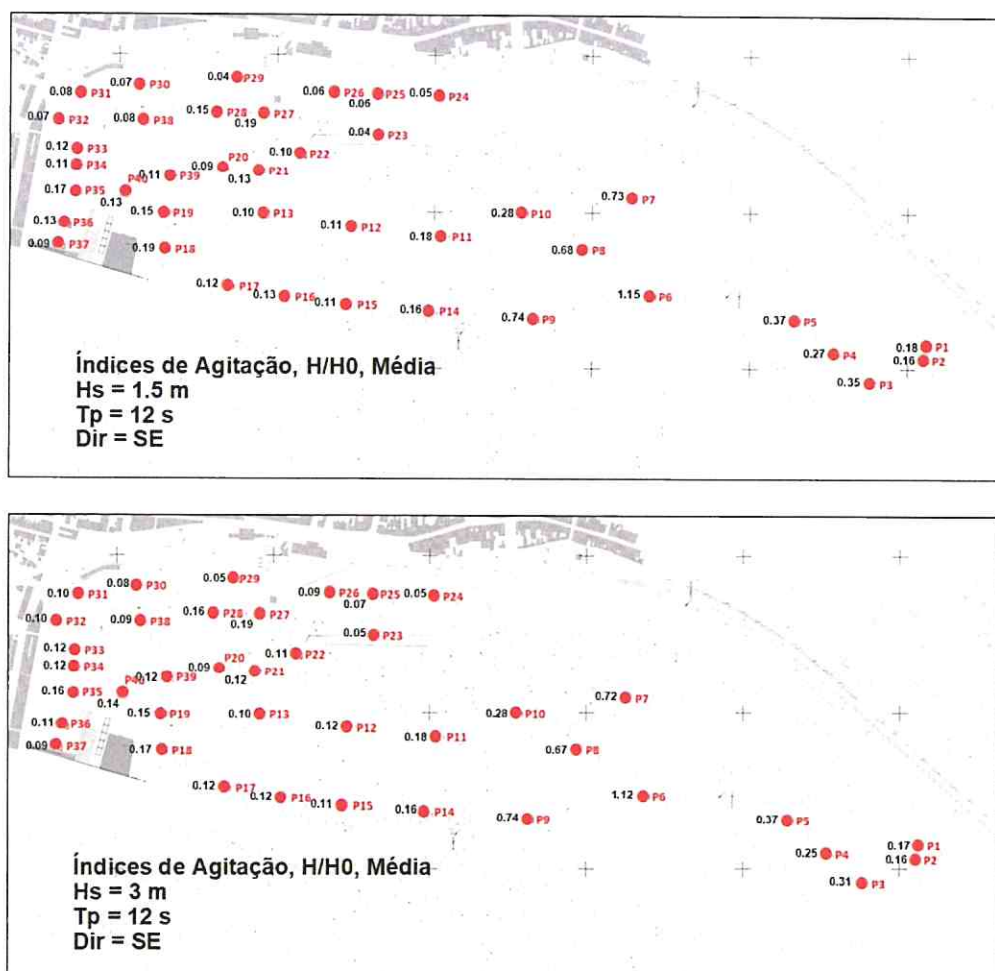


Figura II.7 – Situação Atual. Rumo SE.  $T_p=12 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médios

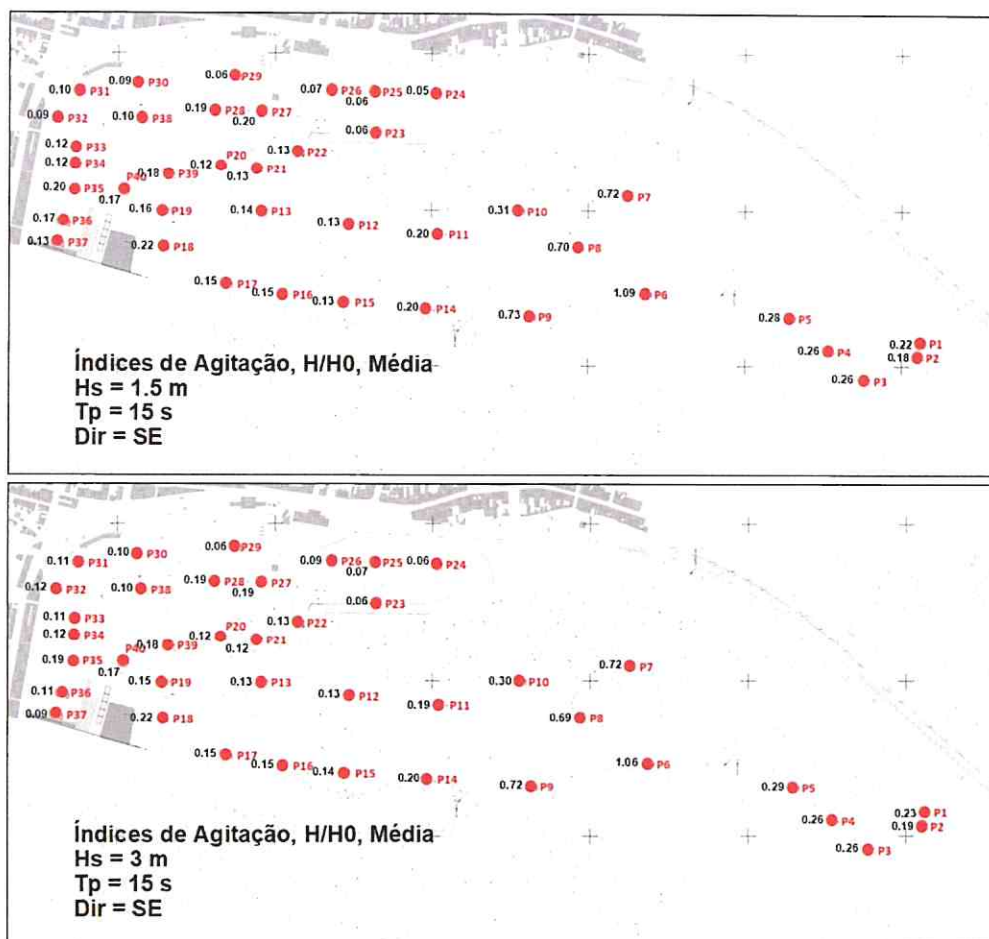


Figura II.8 – Situação Atual. Rumo SE.  $T_p=15 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médio

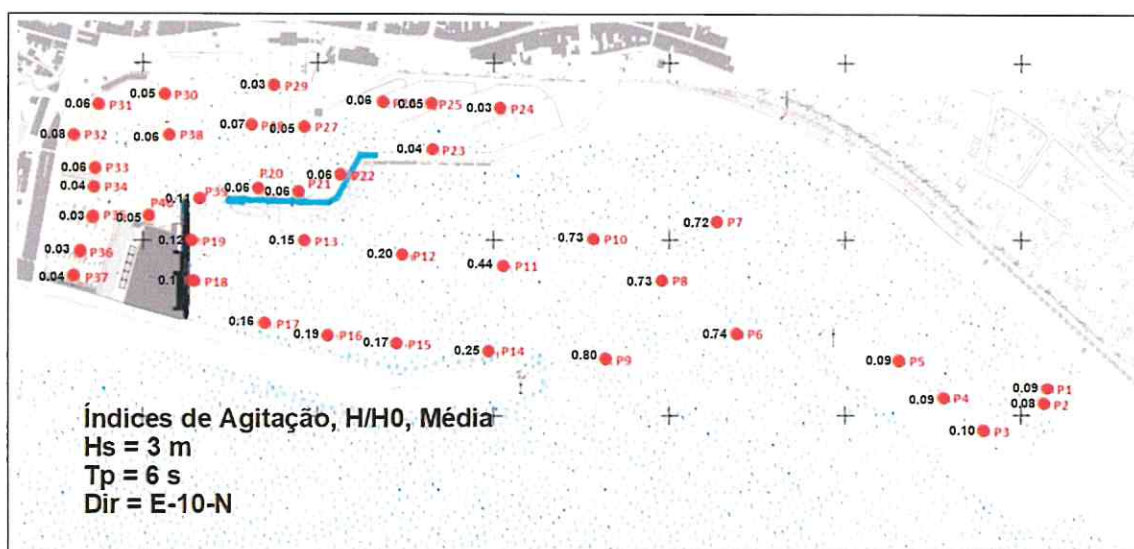
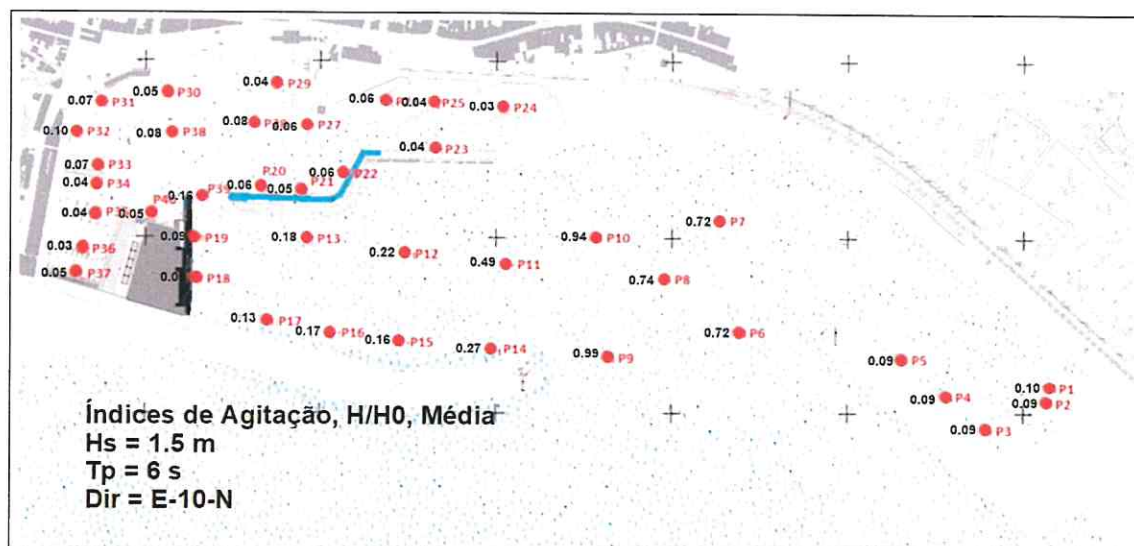


Figura II.9 – Configuração 1. Rumo E-10-N.  $T_p=6 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médio

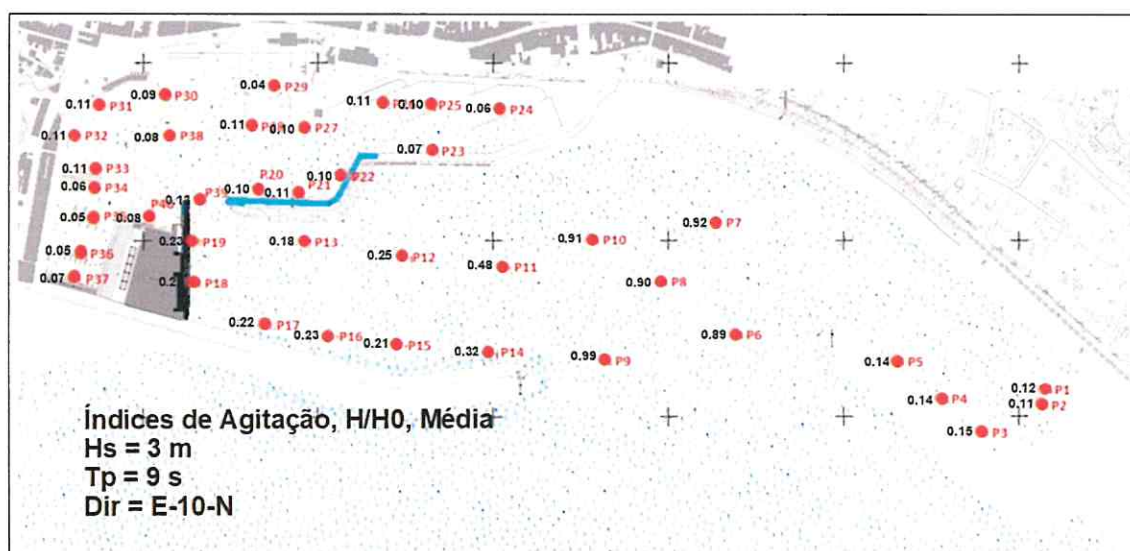
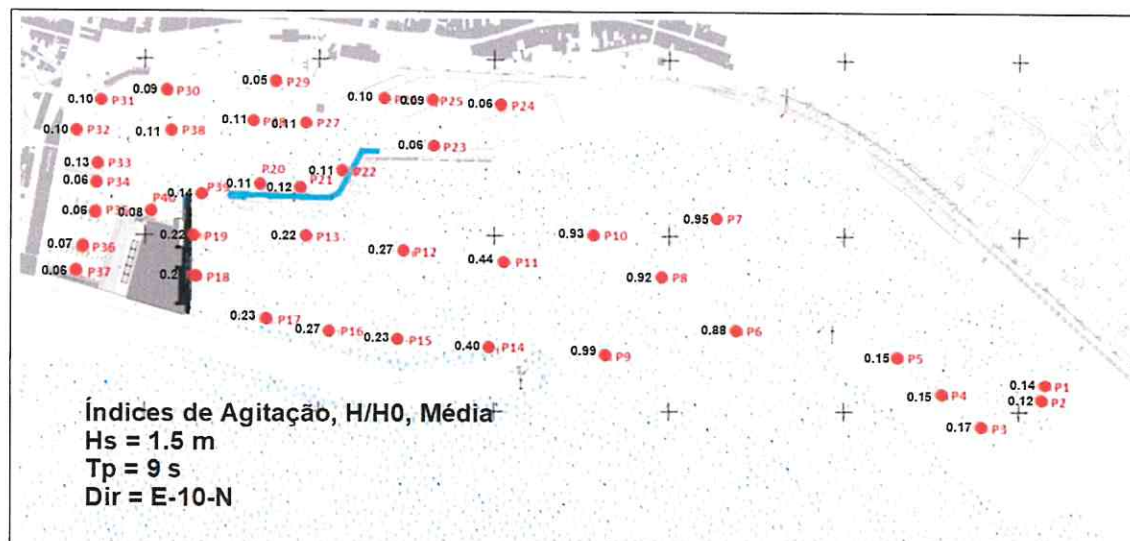


Figura II.10 – Configuração 1. Rumo E-10-N.  $T_p=9$  s,  $H_s=1.5$  m e  $H_s=3$  m. Índices de agitação médio



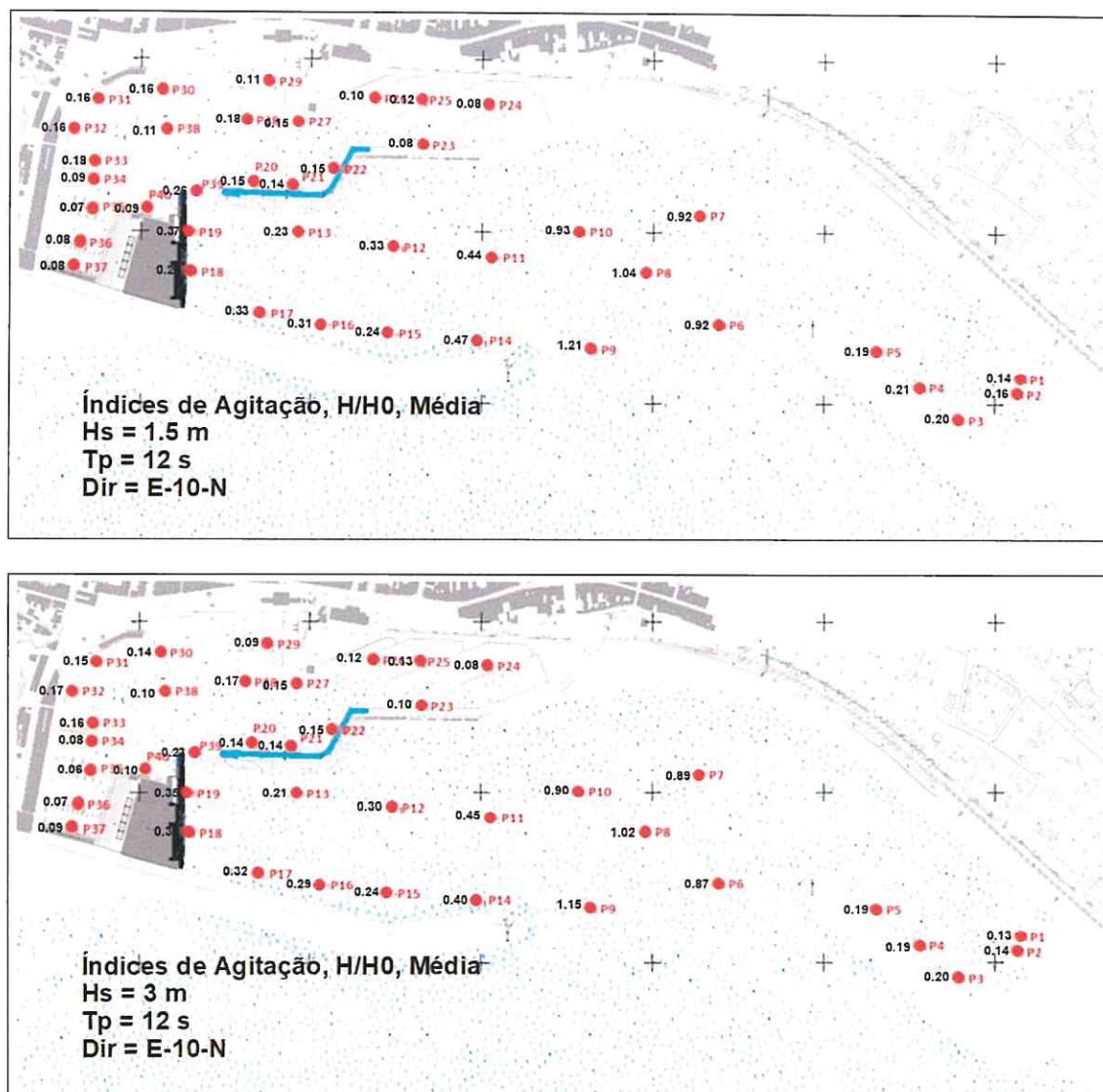


Figura II.11 – Configuração 1. Rumo E-10-N.  $T_p=12 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médio

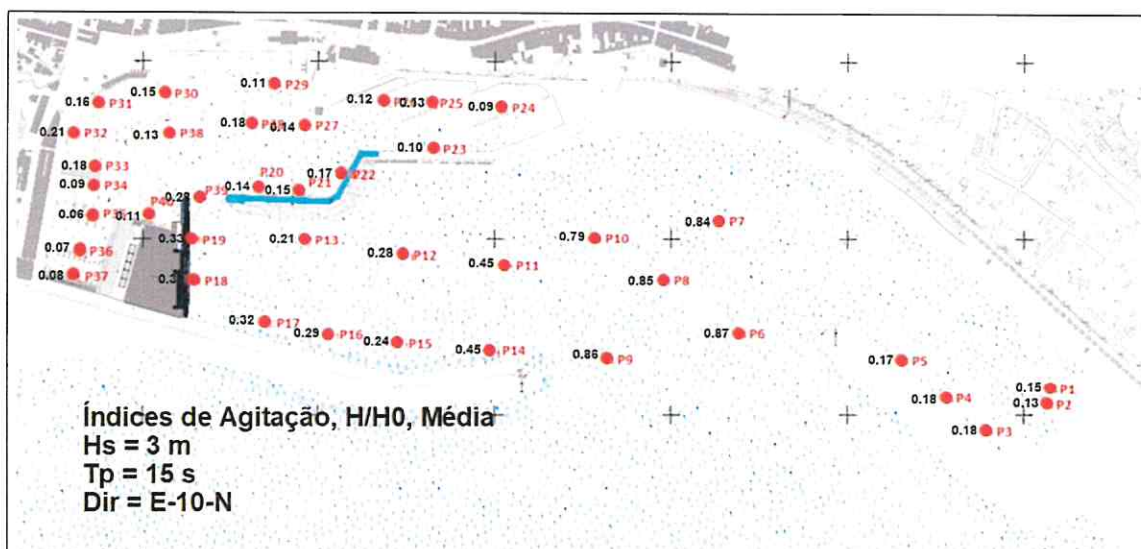
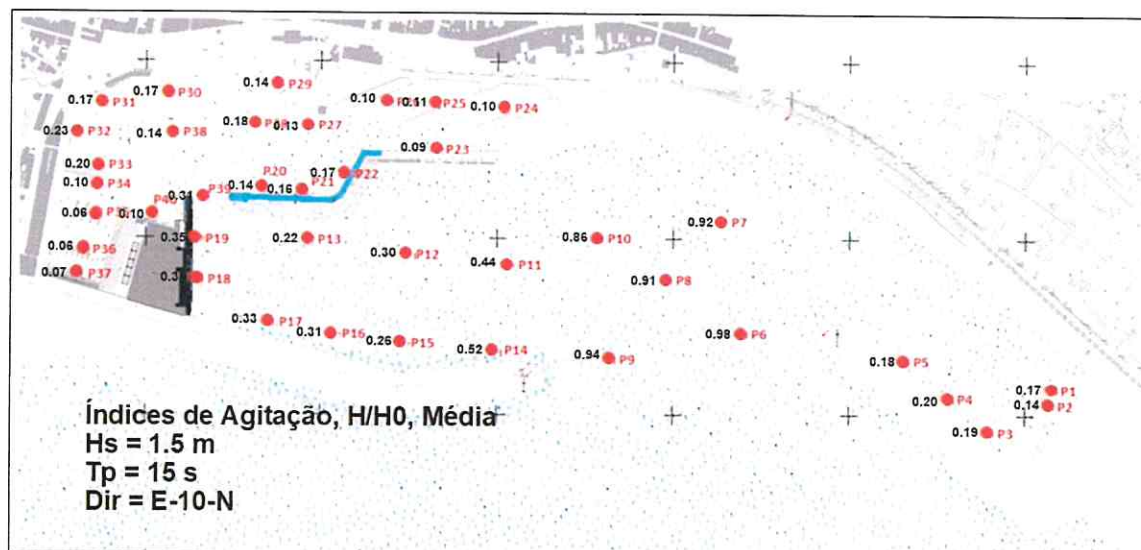


Figura II.12 – Configuração 1. Rumo E-10-N.  $T_p=15$  s,  $H_s=1.5$  m e  $H_s=3$  m. Índices de agitação médio



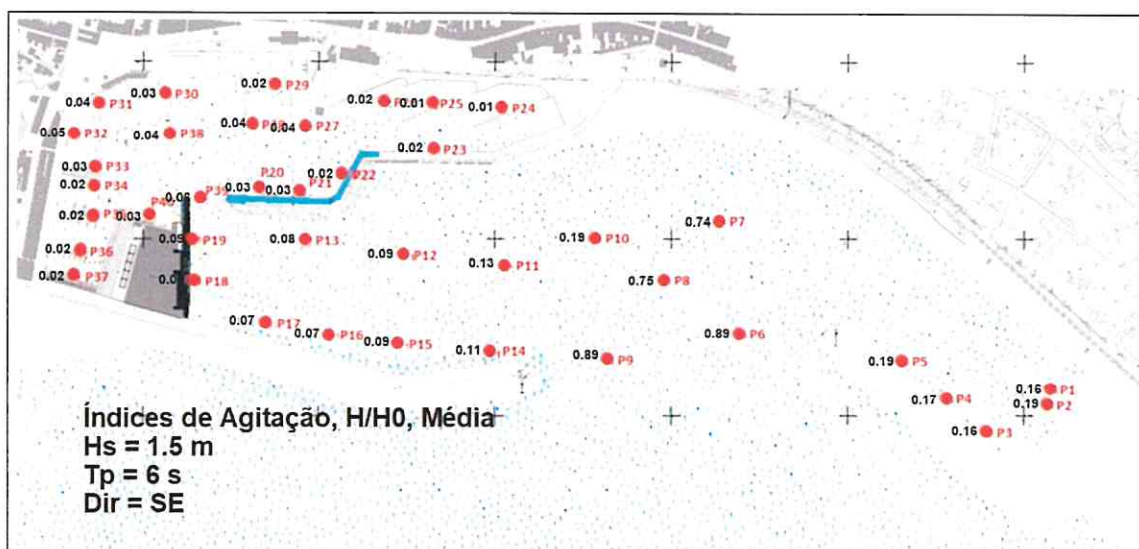
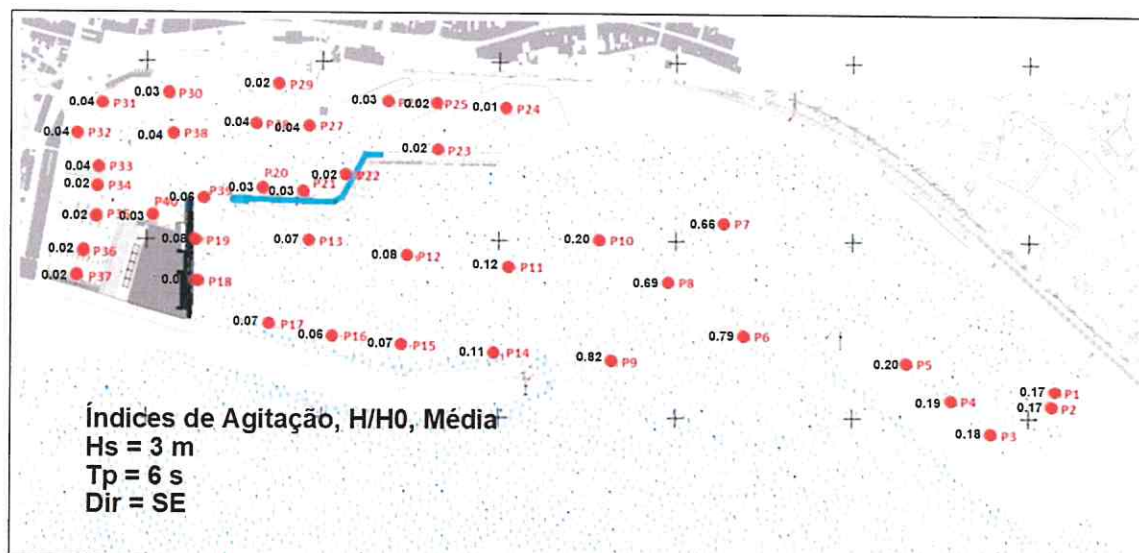


Figura II.13 – Configuração 1. Rumo SE.  $T_p=6$  s,  $H_s=1.5$  m e  $H_s=3$  m. Índices de agitação médio

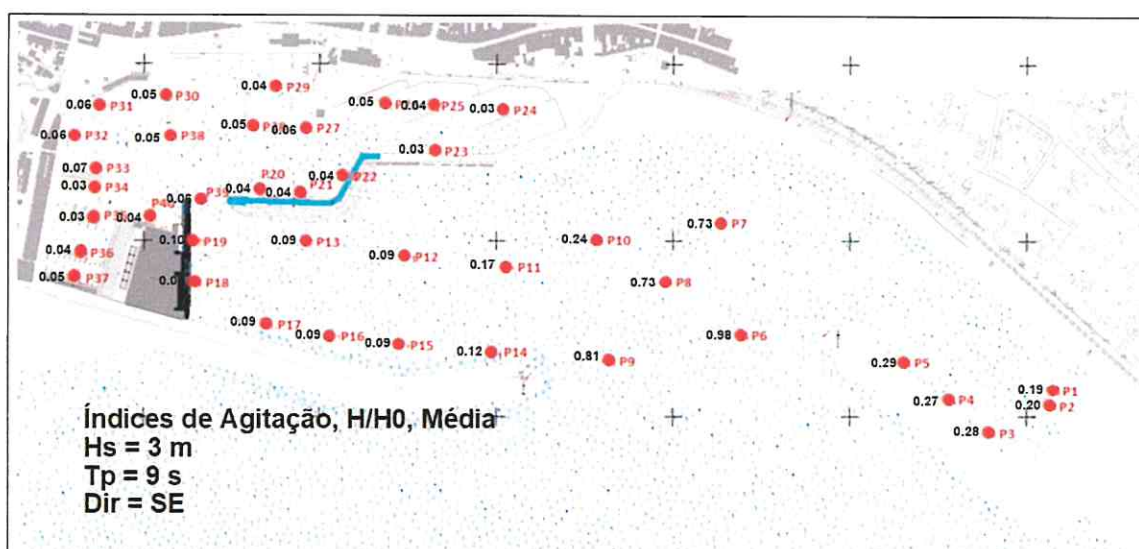
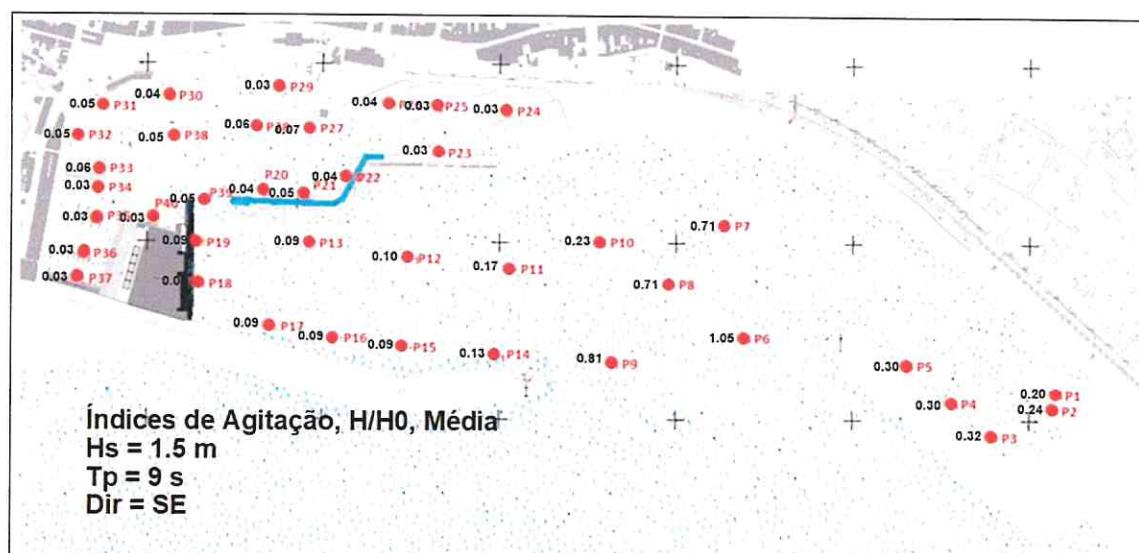


Figura II.14 – Configuração 1. Rumo SE.  $T_p=9 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médio

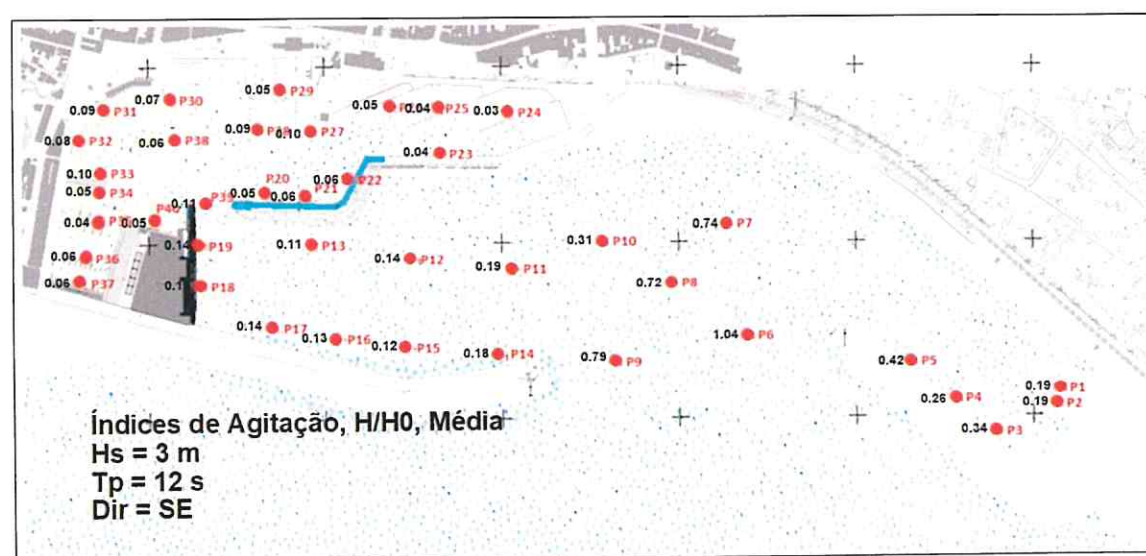
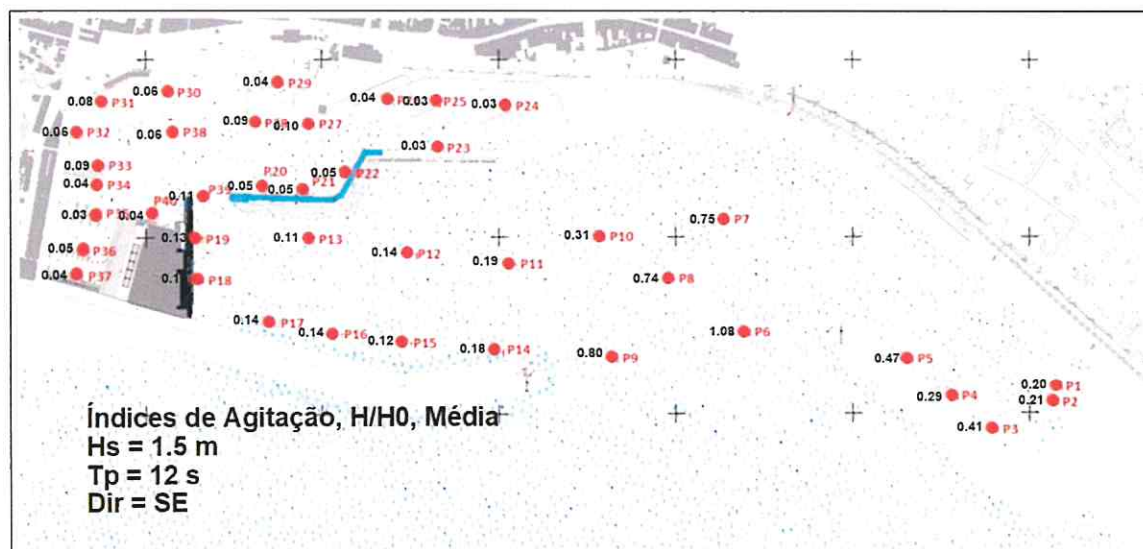


Figura II.15 – Configuração 1. Rumo SE.  $T_p=12 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médio



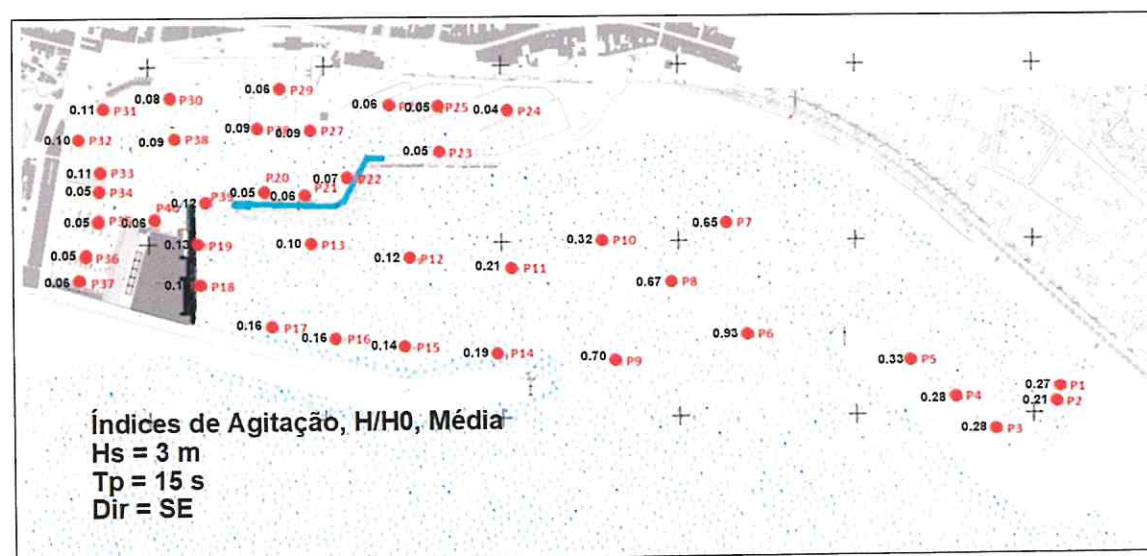
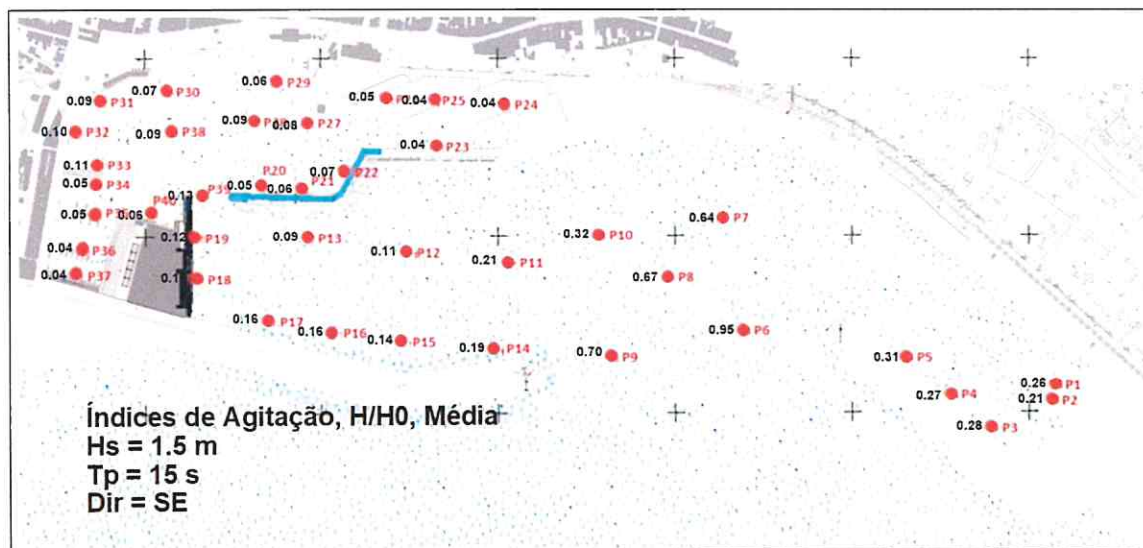


Figura II.16 – Configuração 1. Rumo SE.  $T_p=15 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médio

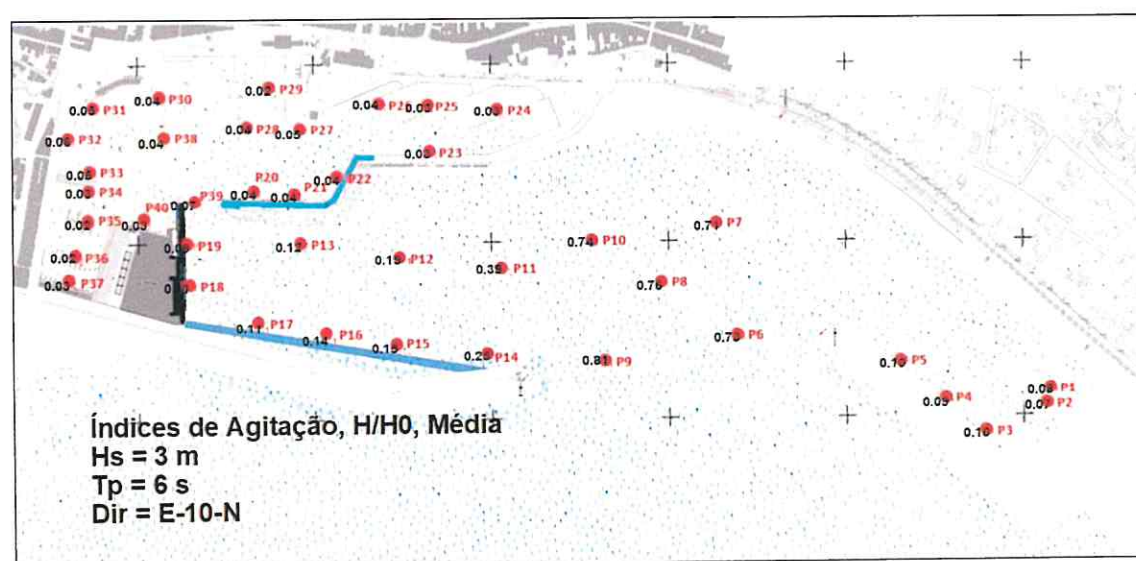
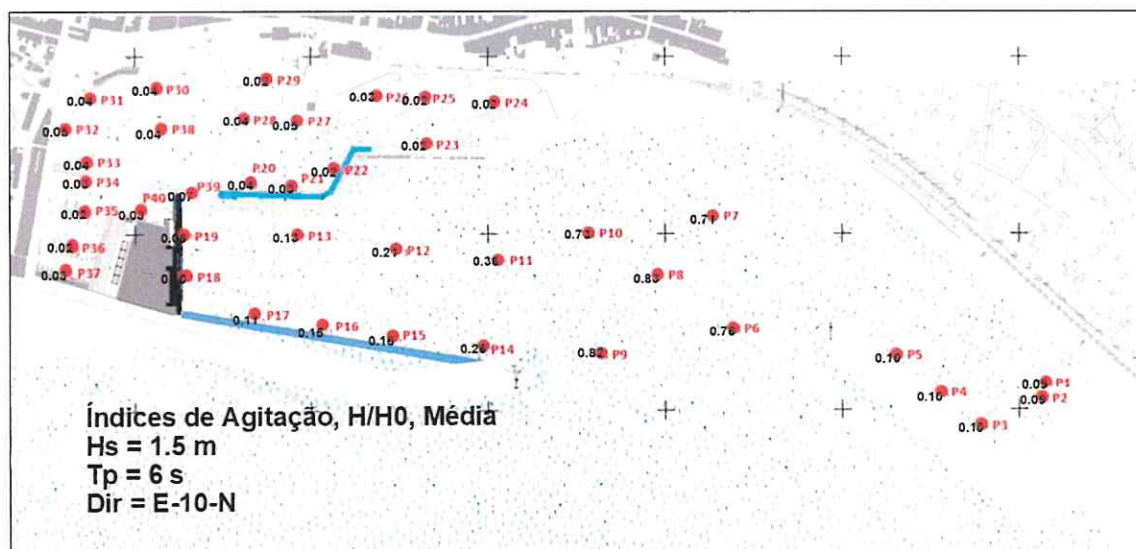


Figura II.17 – Configuração 2. Rumo E-10-N.  $T_p=6$  s,  $H_s=1.5$  m e  $H_s=3$  m. Índices de agitação médio

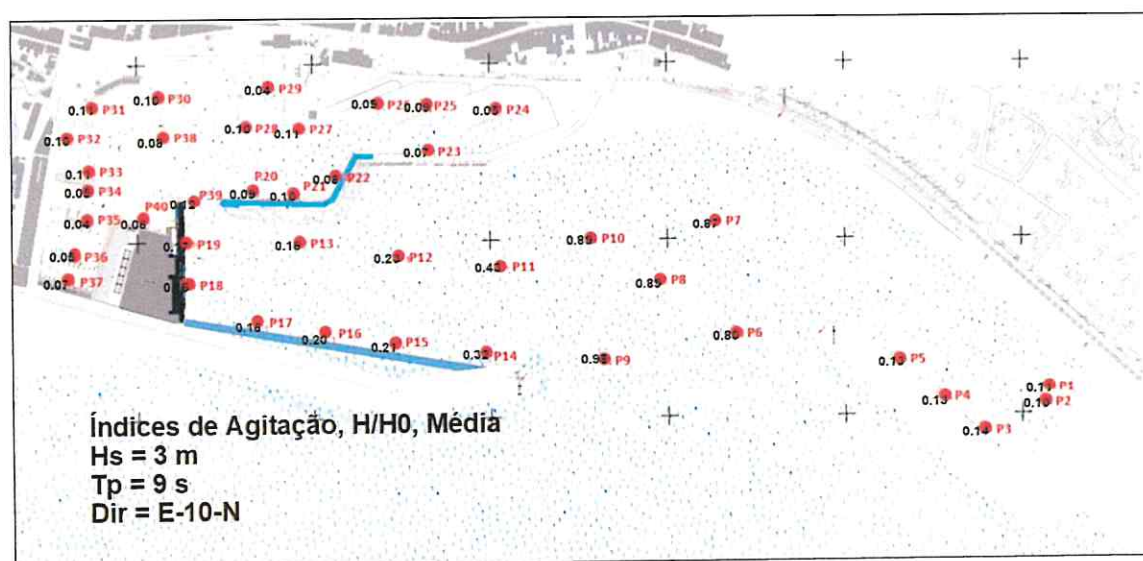
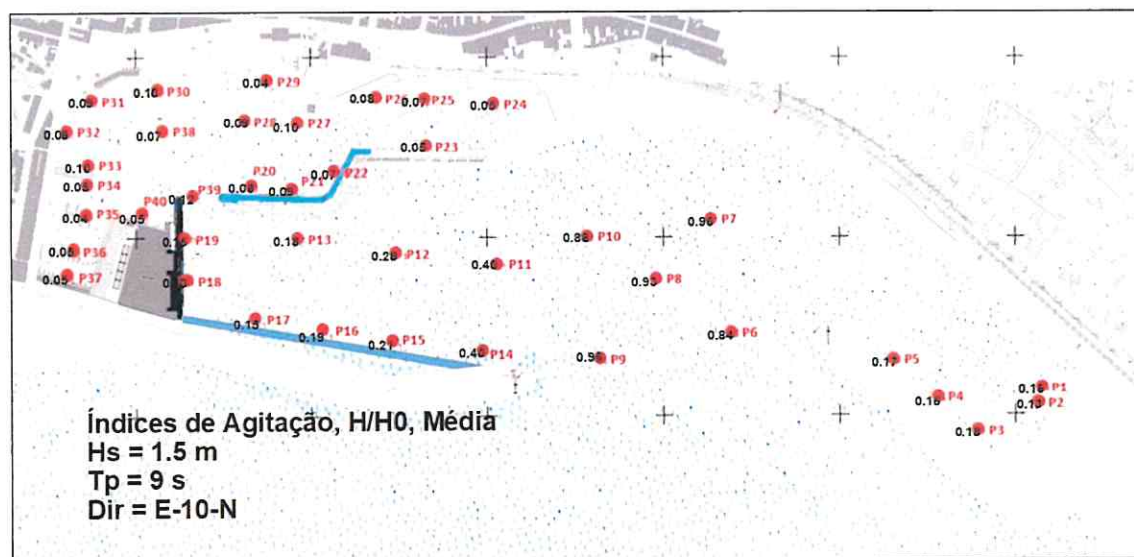


Figura II.18 – Configuração 2. Rumo E-10-N.  $T_p=9 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médio



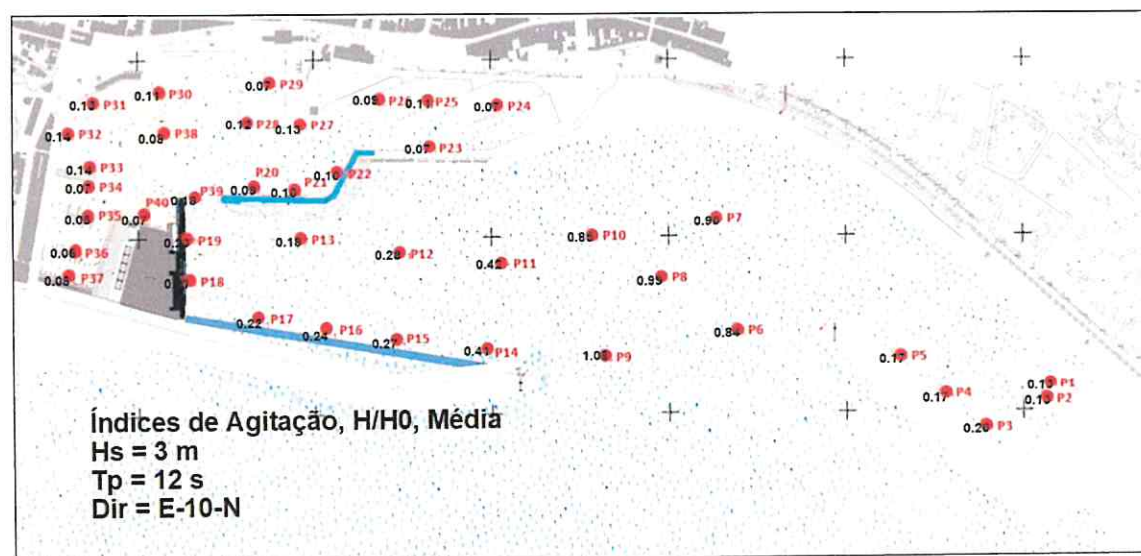
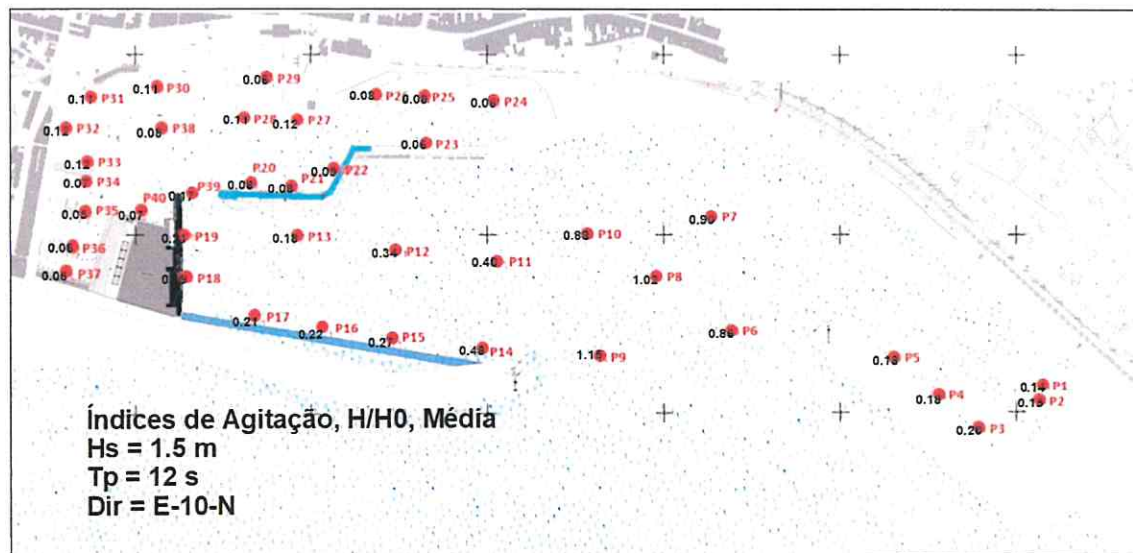


Figura II.19 – Configuração 2. Rumo E-10-N.  $T_p=12$  s,  $H_s=1.5$  m e  $H_s=3$  m. Índices de agitação médio

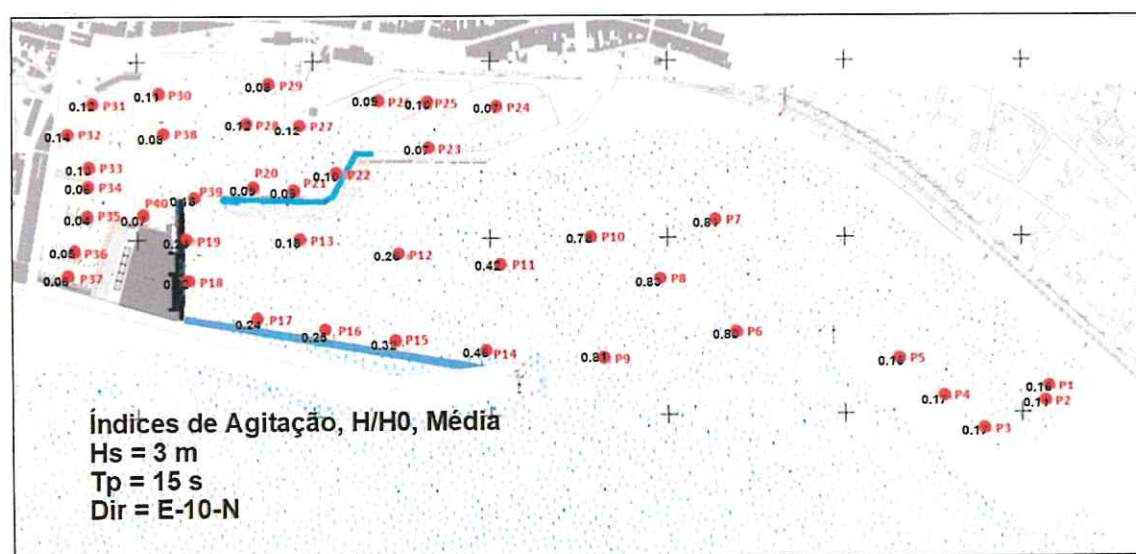
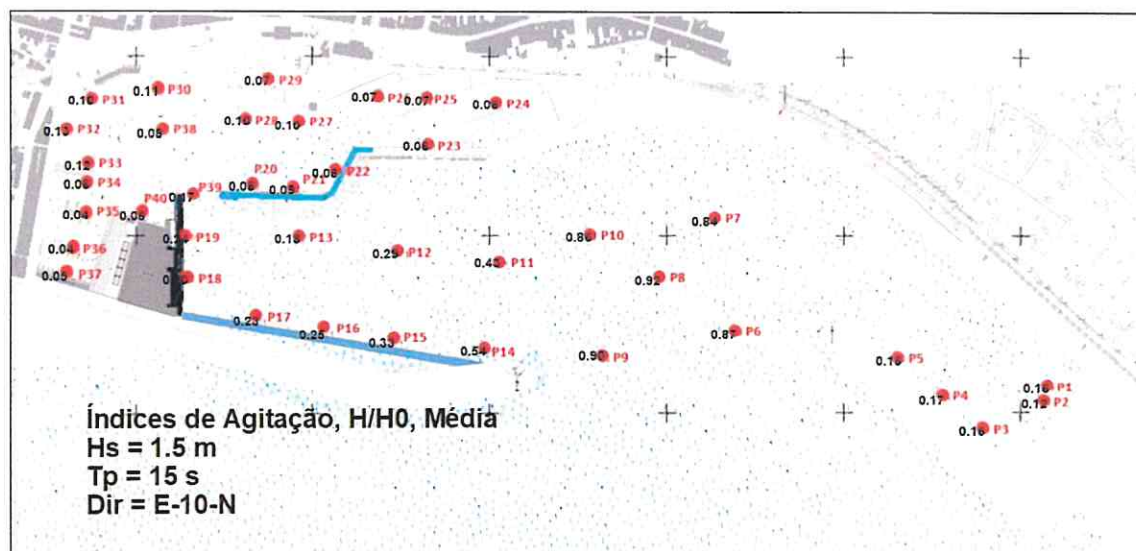


Figura II.20 – Configuração 2. Rumo E-10-N.  $T_p=15 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médio

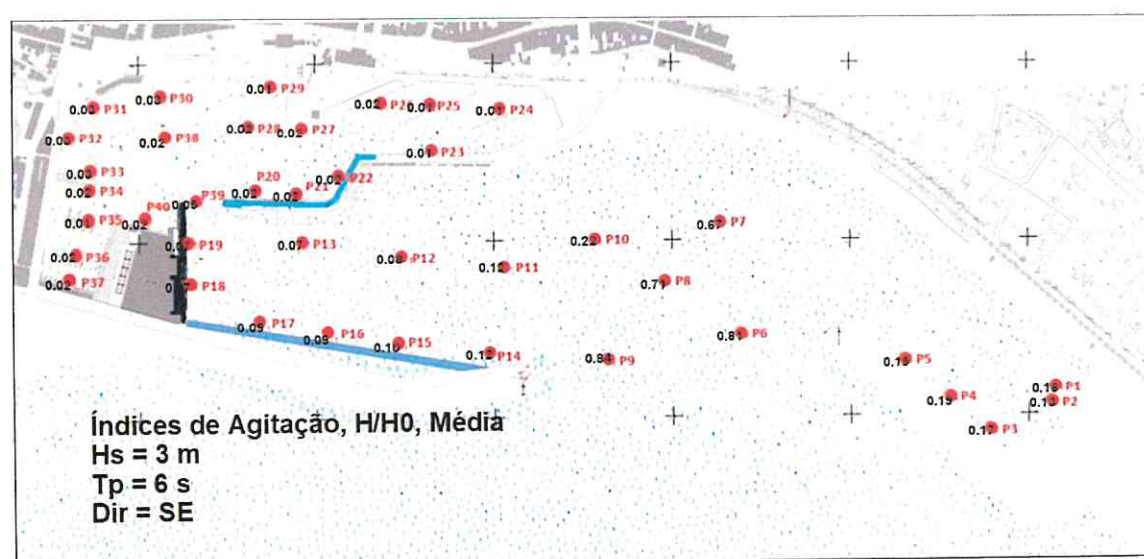
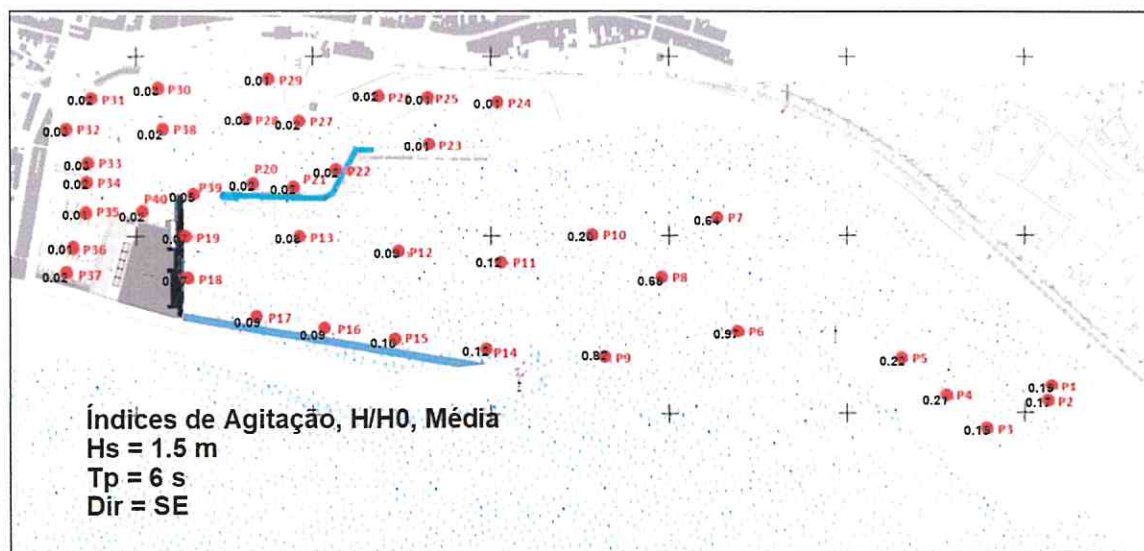


Figura II.21 – Configuração 2. Rumo SE.  $T_p=6$  s,  $H_s=1.5$  m e  $H_s=3$  m. Índices de agitação médio



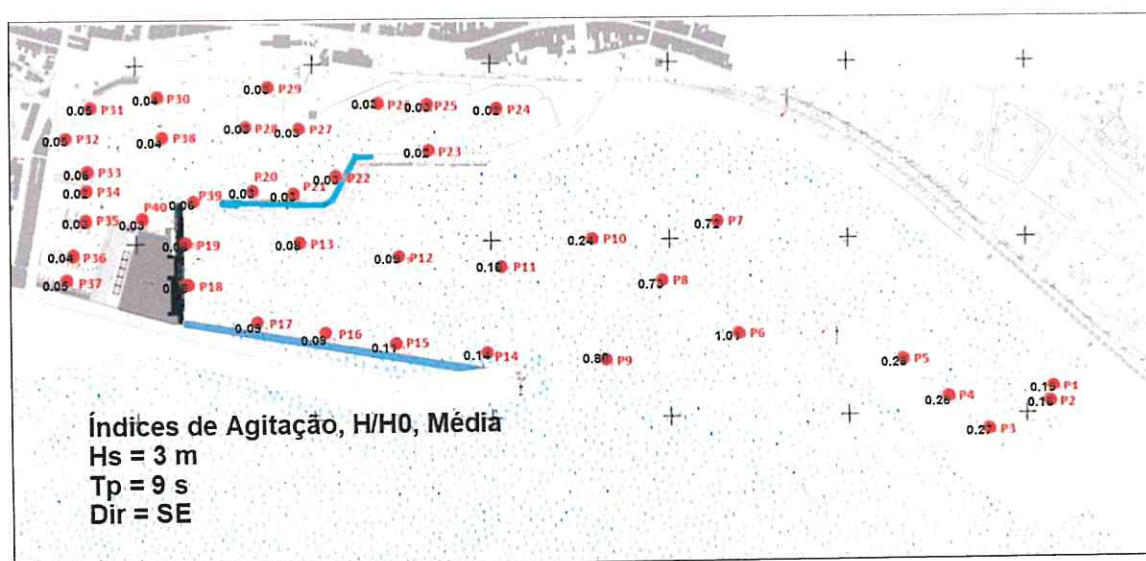
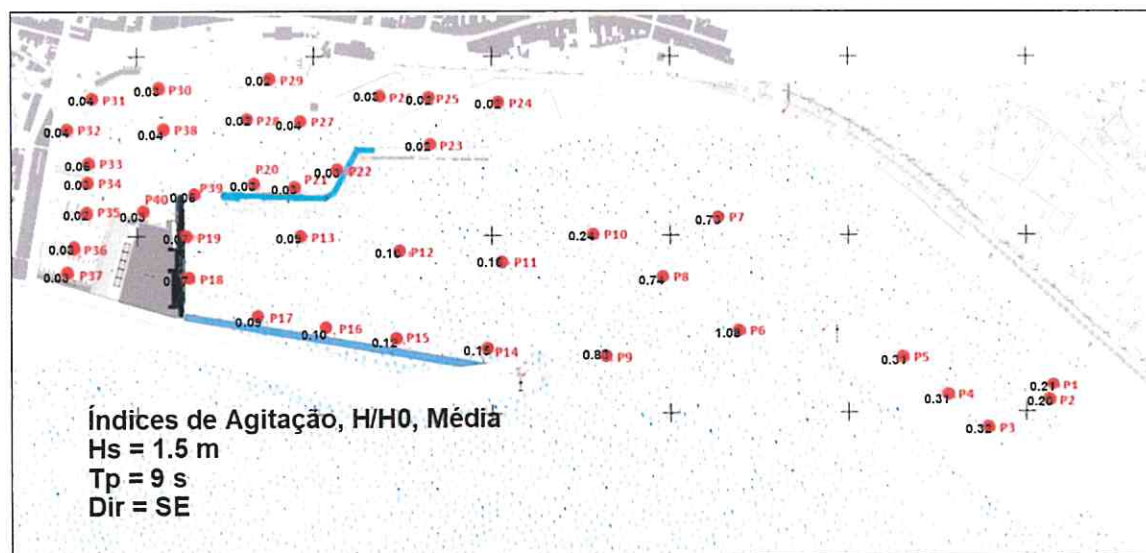


Figura II.22 – Configuração 2. Rumo SE.  $T_p=9 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médio

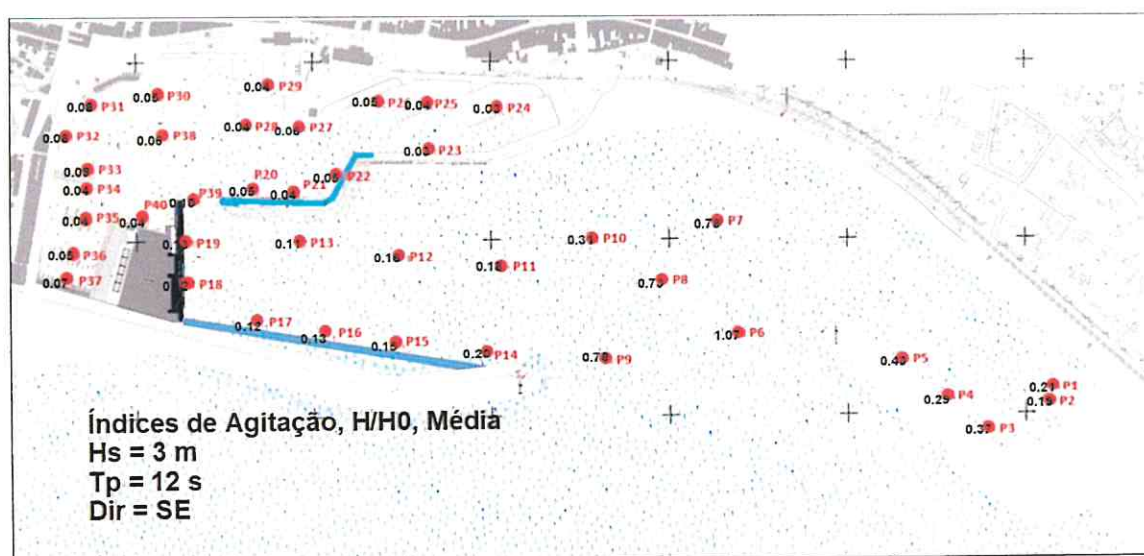
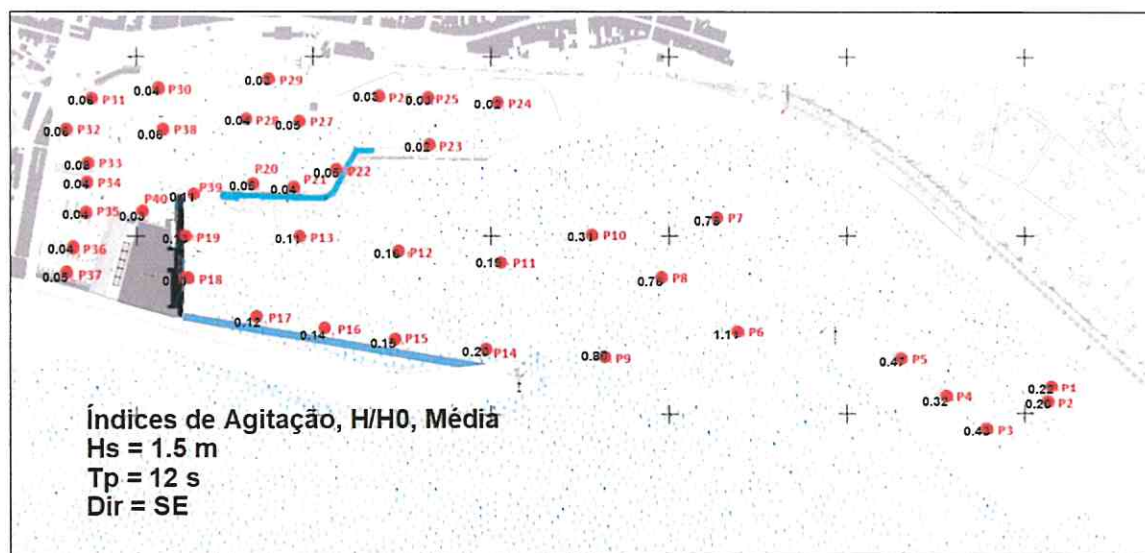


Figura II.23 – Configuração 2. Rumo SE.  $T_p=12 \text{ s}$ ,  $H_s=1.5 \text{ m}$  e  $H_s=3 \text{ m}$ . Índices de agitação médio



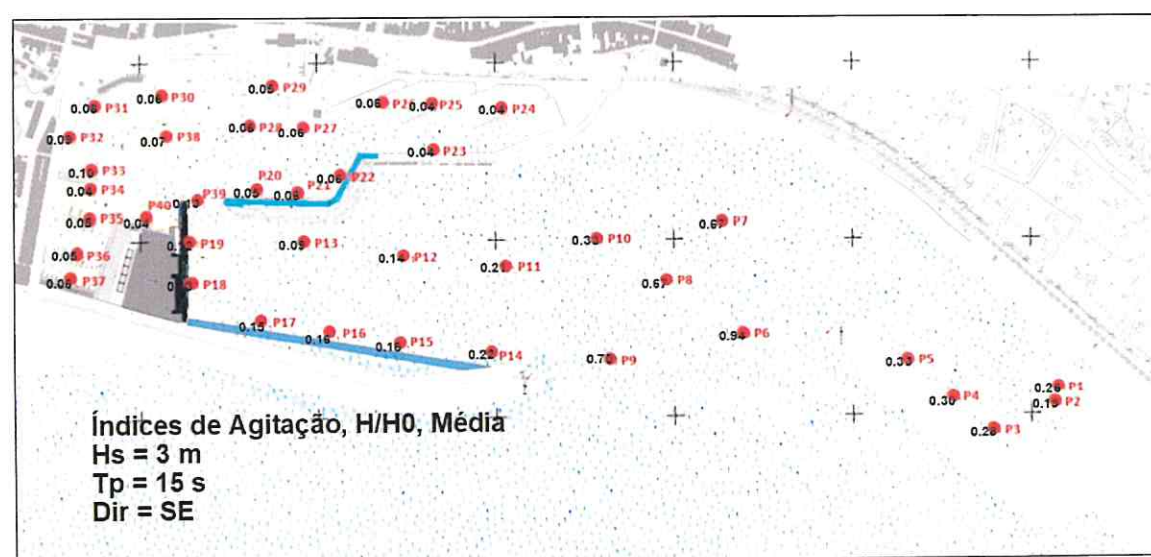
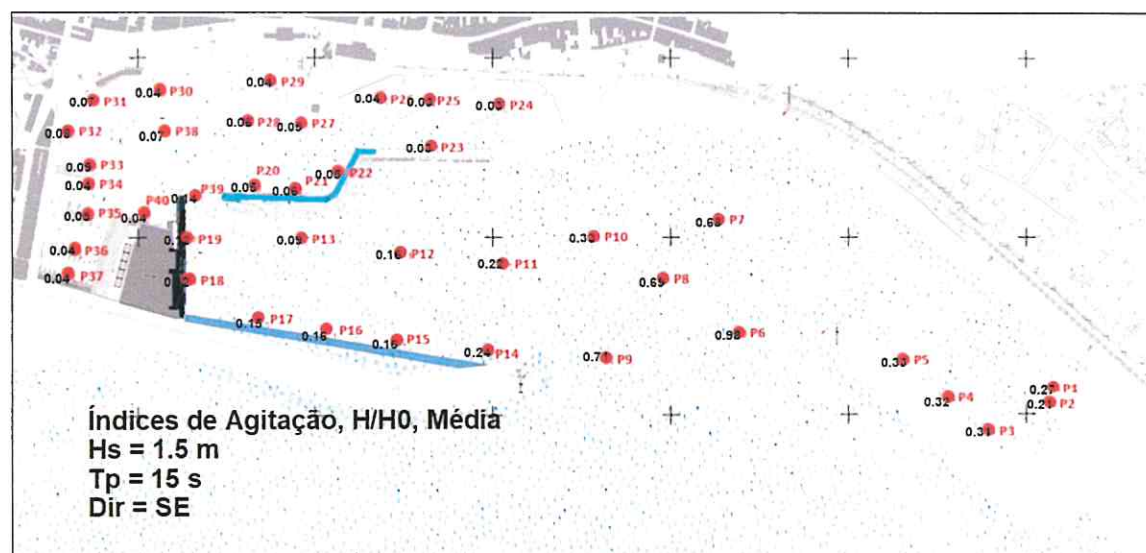


Figura II.24 – Configuração 2. Rumo SE.  $T_p=15$  s,  $H_s=1.5$  m e  $H_s=3$  m. Índices de agitação médio

## ANEXO III

### Velocidades – Quadros e Figuras



Quadro III.1 – ADV1. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima, velocidade média, direção do escoamento

Situação Atual									
	Hs (m)	Tp (s)	Maré	Vmax	Vmed	DTp	Dp	Dir Vmax	Dir Med
Maré	Ensaio		Enchente	0.14	0.10			189	198
	Repetição		Enchente	0.20	0.06			209	202
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Enchente	0.30	0.11	81	260	251	248
		9	Enchente	0.38	0.13	257	255	260	245
		12	Enchente	0.37	0.12	258	250	65	248
		15	Enchente	0.35	0.12	92	245	244	258
	Hs=3 m	6	Enchente	0.60	0.18	257	257	258	74
		6	Enchente	0.64	0.18	79	74	74	260
		9	Enchente	0.87	0.26	84	75	66	70
		9	Enchente	0.85	0.25	254	253	72	72
		12	Enchente	0.79	0.24	257	254	84	256
		12	Enchente	0.81	0.24	63	72	70	71
		15	Enchente	0.75	0.25	249	251	76	74
		15	Enchente	0.74	0.25	74	73	69	78
Maré	Ensaio		Vazante	0.17	0.06	89	89	243	
	Repetição		Vazante	0.28	0.06				
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Vazante	0.30	0.10	77	79	80	270
		9	Vazante	0.37	0.13	82	79	248	258
		12	Vazante	0.37	0.12	257	254	239	248
		15	Vazante	0.33	0.12	87	84	260	257
	Hs=3 m	6	Vazante	0.58	0.17	79	257	257	79
		6	Vazante	0.60	0.17	90	84	84	256
		9	Vazante	0.81	0.24	78	254	75	73
		9	Vazante	0.95	0.27	255	253	73	68
		12	Vazante	0.76	0.24	79	75	257	255
		12	Vazante	0.77	0.24	256	255	69	251
		15	Vazante	0.74	0.24	265	254	243	261
		15	Vazante	0.73	0.25	247	250	251	263
Configuração 1									
	Hs	Tp	Maré	Vmax	Vmed	DTp	Dp	Dir Vmax	Dir VMed
Maré	Ensaio		Enchente	0.13	0.10	275	191	220	210
	Repetição		Enchente	0.20	0.09			253	232
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Enchente	0.36	0.13	79	77	240	223
		9	Enchente	0.37	0.13	249	247	254	245
		12	Enchente	0.36	0.12	228	244	55	239
		15	Enchente	0.45	0.16	95	239	240	243
	Hs=3 m	6	Enchente	0.68	0.19	246	244	62	248
		6	Enchente	0.66	0.19	64	61	62	241
		9	Enchente	0.75	0.23	64	64	56	245
		9	Enchente	0.81	0.24	245	244	65	239
		12	Enchente	0.73	0.23	238	244	250	244
		12	Enchente	0.74	0.23	46	55	63	58
		15	Enchente	0.70	0.23	0	240	56	238
		15	Enchente	0.73	0.24	55	58	63	243
Maré	Ensaio		Vazante	0.10	0.06			212	199
	Repetição		Vazante	0.16	0.09		84	221	221
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Vazante	0.36	0.12	77	73	78	235
		9	Vazante	0.36	0.12	239	245	83	241
		12	Vazante	0.39	0.13	246	243	66	244
		15	Vazante	0.35	0.12	93	68	73	248
	Hs=3 m	6	Vazante	0.66	0.18	73	64	61	246
		6	Vazante	0.66	0.18	73	64	61	246
		9	Vazante	0.81	0.24	244	243	55	63
		9	Vazante	0.83	0.25	242	239	59	243
		12	Vazante	0.72	0.23	234	66	66	240
		12	Vazante	0.76	0.23	230	60	60	52
		15	Vazante	0.73	0.23	247	248	57	249
		15	Vazante	0.73	0.24	51	58	63	243
Configuração 2									
	Hs	Tp	Maré	Vmax	Vmed	DTp	Dp	Dir Vmax	Dir VMed
Maré	Ensaio		Enchente	0.11	0.03	266	295	77	308
	Repetição		Enchente	0.17	0.05			284	
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Enchente	0.28	0.10	259	254	81	244
		9	Enchente	0.34	0.11	88	253	263	259
		12	Enchente	0.34	0.12	53	243	240	252
		15	Enchente	0.32	0.11	260	258	78	90

	Hs=3 m	6	Enchente	0.63	0.18	247	251	63	251
		6	Enchente	0.62	0.18	72	249	60	247
		9	Enchente	0.76	0.21	68	67	71	243
		9	Enchente	0.75	0.22	249	249	71	244
		12	Enchente	0.69	0.21	235	245	252	250
		12	Enchente	0.75	0.23	236	67	240	246
		15	Enchente	0.69	0.22	59	66	249	251
Maré	Ensaio		Enchente	0.69	0.22	75	68	236	67
	Repetição		Vazante	0.07	0.03			173	
Maré+Agitação	Hs=1.5 m		Vazante	0.18	0.08	54	57	199	216
		6	Vazante	0.26	0.10	63	70	248	239
		9	Vazante	0.35	0.12	249	253	89	255
		12	Vazante	0.36	0.12	56	65	62	235
	Hs=3 m	15	Vazante	0.35	0.12	76	74	68	242
		6	Vazante	0.60	0.17	73	69	69	251
		6	Vazante	0.62	0.17	250	70	75	68
		9	Vazante	0.75	0.22	248	247	65	242
		9	Vazante	0.78	0.23	245	247	64	248
		12	Vazante	0.67	0.21	236	67	250	65
		12	Vazante	0.73	0.22	237	67	74	244
		15	Vazante	0.67	0.22	68	69	63	66
		15	Vazante	0.68	0.22	250	68	65	246



Quadro III.2 – ADV2. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima, velocidade média, direção do escoamento

Situação Atual									
	Hs (m)	Tp (s)	Maré	Vmax	Vmed	DTp	Dp	Dir Vmax	Dir Med
Maré	Ensaio		Enchente	0.18	0.06	194	194	351	200
	Repetição		Enchente	0.00	0.00	0	0	0	0
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Enchente	0.16	0.06	206	220	233	243
		9	Enchente	0.24	0.08	72	239	274	257
		12	Enchente	0.27	0.10	233	233	229	246
		15	Enchente	0.23	0.08	216	217	262	234
	Hs=3 m	6	Enchente	0.28	0.09	260	47	210	205
		6	Enchente	0.25	0.09	147	255	54	297
		9	Enchente	0.44	0.15	70	74	246	247
		9	Enchente	0.40	0.14	279	278	101	288
		12	Enchente	0.50	0.17	56	56	273	259
		12	Enchente	0.50	0.16	50	49	238	235
		15	Enchente	0.44	0.15	36	47	249	261
		15	Enchente	0.43	0.14	232	43	230	227
Maré	Ensaio		Vazante	0.20	0.06	53	11	350	347
	Repetição		Vazante	0.00	0.00	0	0	0	0
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Vazante	0.15	0.06	51	232	28	0
		9	Vazante	0.21	0.07	68	58	35	257
		12	Vazante	0.26	0.10	85	72	238	39
		15	Vazante	0.23	0.08	31	37	349	0
	Hs=3 m	6	Vazante	0.35	0.10	30	30	207	207
		6	Vazante	0.25	0.09	262	259	257	270
		9	Vazante	0.40	0.13	69	63	237	258
		9	Vazante	0.44	0.15	117	298	80	271
		12	Vazante	0.47	0.16	237	60	233	255
		12	Vazante	0.47	0.16	57	55	260	242
		15	Vazante	0.44	0.15	221	49	45	255
		15	Vazante	0.43	0.15	53	47	227	247
Configuração 1									
	Hs	Tp	Maré	Vmax	Vmed	DTp	Dp	Dir Vmax	Dir VMed
Maré	Ensaio		Enchente	0.07	0.06	341	352	209	222
	Repetição		Enchente	0.06	0.02	23	6	196	215
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Enchente	0.12	0.04	217	202	202	270
		9	Enchente	0.13	0.04	26	23	207	270
		12	Enchente	0.13	0.04	33	192	208	270
		15	Enchente	0.11	0.03	14	14	208	270
	Hs=3 m	6	Enchente	0.14	0.04	239	228	222	270
		6	Enchente	0.10	0.03	239	49	148	270
		9	Enchente	0.25	0.08	125	124	316	304
		9	Enchente	0.17	0.04	26	25	199	198
		12	Enchente	0.30	0.09	239	285	297	270
		12	Enchente	0.24	0.08	262	260	129	240
		15	Enchente	0.25	0.07	10	22	204	204
		15	Enchente	0.28	0.10	316	110	114	281
Maré	Ensaio		Vazante	0.07	0.03	194	192	213	314
	Repetição		Vazante	0.08	0.05	24	11	240	308
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Vazante	0.13	0.04	1	12	199	195
		9	Vazante	0.14	0.05	196	203	208	270
		12	Vazante	0.13	0.03	153	337	334	333
		15	Vazante	0.12	0.04	200	204	326	270
	Hs=3 m	6	Vazante	0.16	0.06	77	223	224	270
		6	Vazante	0.19	0.06	35	25	207	207
		9	Vazante	0.21	0.05	294	294	147	270
		9	Vazante	0.24	0.06	231	27	205	207
		12	Vazante	0.26	0.07	84	190	45	207
		12	Vazante	0.28	0.09	103	101	300	270
		15	Vazante	0.20	0.05	10	14	204	270
		15	Vazante	0.28	0.09	213	91	310	234
Configuração 2									
	Hs	Tp	Maré	Vmax	Vmed	DTp	Dp	Dir Vmax	Dir VMed
Maré	Ensaio		Enchente	0.08	0.06	183	179	212	221
	Repetição		Enchente	0.10	0.06	340	344	196	213
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Enchente	0.13	0.06	191	200	185	243
		9	Enchente	0.13	0.06	214	212	230	228
		12	Enchente	0.17	0.06	195	196	193	198
		15	Enchente	0.18	0.06	197	200	190	200

	Hs=3 m	6	Enchente	0.21	0.06	32	207	202	207
		6	Enchente	0.19	0.06	210	207	200	207
		9	Enchente	0.23	0.08	104	102	306	270
		9	Enchente	0.20	0.06	16	17	35	207
		12	Enchente	0.23	0.08	291	290	303	292
		12	Enchente	0.22	0.07	244	239	315	207
		15	Enchente	0.23	0.08	101	102	108	270
		15	Enchente	0.24	0.09	209	353	358	347
Maré	Ensaio		Vazante	0.07	0.05	189	187	334	313
	Repetição		Vazante	0.06	0.04	321	352	321	281
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Vazante	0.12	0.05	287	215	214	333
		9	Vazante	0.15	0.05	23	23	200	213
		12	Vazante	0.17	0.05	196	197	197	198
		15	Vazante	0.13	0.04	21	15	204	270
	Hs=3 m	6	Vazante	0.24	0.08	208	202	196	198
		6	Vazante	0.18	0.06	221	214	209	207
		9	Vazante	0.24	0.07	64	61	213	224
		9	Vazante	0.23	0.08	237	232	298	270
		12	Vazante	0.22	0.07	280	87	301	270
		12	Vazante	0.24	0.07	272	269	133	219
		15	Vazante	0.21	0.07	280	280	291	279
		15	Vazante	0.23	0.07	60	53	215	207

Quadro III.3 – ADV3. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Velocidade máxima, velocidade média, direção do escoamento

Situação Atual									
	Hs (m)	Tp (s)	Maré	Vmax	Vmed	DTp	Dp	Dir Vmax	Dir Med
Maré	Ensaio		Enchente	0.16	0.05	353	357	200	355
	Repetição		Enchente	0.16	0.04	29	184	7	358
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Enchente	0.20	0.06	158	153	347	330
		9	Enchente	0.30	0.09	119	159	213	331
		12	Enchente	0.34	0.11	346	337	159	324
		15	Enchente	0.40	0.12	335	138	157	325
	Hs=3 m	6	Enchente	0.34	0.09	354	159	333	0
		6	Enchente	0.38	0.12	151	153	157	175
		9	Enchente	0.52	0.17	345	154	172	174
		9	Enchente	0.49	0.15	157	155	169	175
		12	Enchente	0.64	0.20	315	318	153	323
		12	Enchente	0.63	0.18	313	315	150	334
		15	Enchente	0.80	0.24	146	144	149	331
		15	Enchente	0.81	0.24	327	324	153	335
Maré	Ensaio		Vazante	0.16	0.05	192	190	199	235
	Repetição		Vazante	0.18	0.05	191	189	195	200
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Vazante	0.22	0.08	160	149	165	312
		9	Vazante	0.24	0.08	28		172	207
		12	Vazante	0.33	0.11	310	308	153	320
		15	Vazante	0.40	0.13	149	148	149	328
	Hs=3 m	6	Vazante	0.32	0.08	186	159	337	345
		6	Vazante	0.37	0.13	327	328	171	153
		9	Vazante	0.46	0.15	354	332	351	335
		9	Vazante	0.54	0.18	329	329	154	171
		12	Vazante	0.65	0.20	320	322	157	158
		12	Vazante	0.66	0.20	141	142	161	335
		15	Vazante	0.80	0.24	324	324	332	325
		15	Vazante	0.78	0.22	150	322	151	333
Configuração 1									
		Tp	Maré	Vmax	Vmed	DTp	Dp	Dir Vmax	Dir VMed
Maré	Ensaio		Enchente	0.04	0.03	23	6	241	253
	Repetição		Enchente	0.12	0.07	350	358	209	207
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Enchente	0.20	0.10	29	186	353	358
		9	Enchente	0.15	0.06	296	307	356	207
		12	Enchente	0.12	0.05	205	201	6	240
		15	Enchente	0.18	0.06	172	179	189	207
	Hs=3 m	6	Enchente	0.17	0.06	218	194	341	240
		6	Enchente	0.14	0.05	175	181	5	239
		9	Enchente	0.18	0.06	147	287	6	240
		9	Enchente	0.17	0.06	293	29	8	313
		12	Enchente	0.22	0.08	147	345	359	207
		12	Enchente	0.19	0.06	183	4	214	207
		15	Enchente	0.21	0.07	338	342	26	207
		15	Enchente	0.22	0.08	333	168	192	207
Maré	Ensaio		Vazante	0.04	0.04	176	176	243	240
	Repetição		Vazante	0.06	0.05	29	6	223	233
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Vazante	0.13	0.05	346	353	355	269
		9	Vazante	0.12	0.05	354	356	336	297
		12	Vazante	0.16	0.06	197	193	189	207
		15	Vazante	0.14	0.05	178	181	201	207
	Hs=3 m	6	Vazante	0.13	0.05	352	10	211	240
		6	Vazante	0.13	0.05	354	160	237	269
		9	Vazante	0.21	0.09	359	189	11	4
		9	Vazante	0.20	0.07	107	167	9	
		12	Vazante	0.22	0.07	168	355	322	207
		12	Vazante	0.21	0.07	1	7	191	207
		15	Vazante	0.24	0.07	197	12	191	207
		15	Vazante	0.22	0.07	341	341	354	337
Configuração 2									
	Hs	Tp	Maré	Vmax	Vmed	DTp	Dp	Dir Vmax	Dir VMed
Maré	Ensaio		Enchente	0.05	0.03	110	158	240	227
	Repetição		Enchente	0.13	0.05	32	184	3	357
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Enchente	0.10	0.05	195	194	193	216
		9	Enchente	0.09	0.04	132	183	343	239
		12	Enchente	0.15	0.05	209	11	196	207

	Hs=3 m	15	Enchente	0.09	0.04	162	159	319	239
		6	Enchente	0.10	0.04	74	211	212	239
		6	Enchente	0.10	0.03	341		352	345
		9	Enchente	0.16	0.06	107	7	6	207
		9	Enchente	0.20	0.07	43	172	181	193
		12	Enchente	0.17	0.06	192	11	350	207
		12	Enchente	0.22	0.07	327	341	199	350
		15	Enchente	0.17	0.06	186	176	151	189
		15	Enchente	0.23	0.07	132	184	339	325
Maré	Ensaio		Vazante	0.05	0.04	80	81	225	242
	Repetição		Vazante	0.07	0.04	27	14	219	252
Maré+Agitação	Hs=1.5 m	6	Vazante	0.08	0.04	29	20	210	297
		9	Vazante	0.10	0.04	319	330	203	240
		12	Vazante	0.13	0.05	172	177	204	207
		15	Vazante	0.20	0.07	346	347	189	207
	Hs=3 m	6	Vazante	0.14	0.05	28	18	191	207
		6	Vazante	0.10	0.03	348	9	197	207
		9	Vazante	0.17	0.06	107	19	1	207
		9	Vazante	0.17	0.06	245	200	355	297
		12	Vazante	0.17	0.06	192	187		239
		12	Vazante	0.19	0.06	16	177	331	321
		15	Vazante	0.17	0.06	6	3	185	207
		15	Vazante	0.17	0.06	147	182	346	207

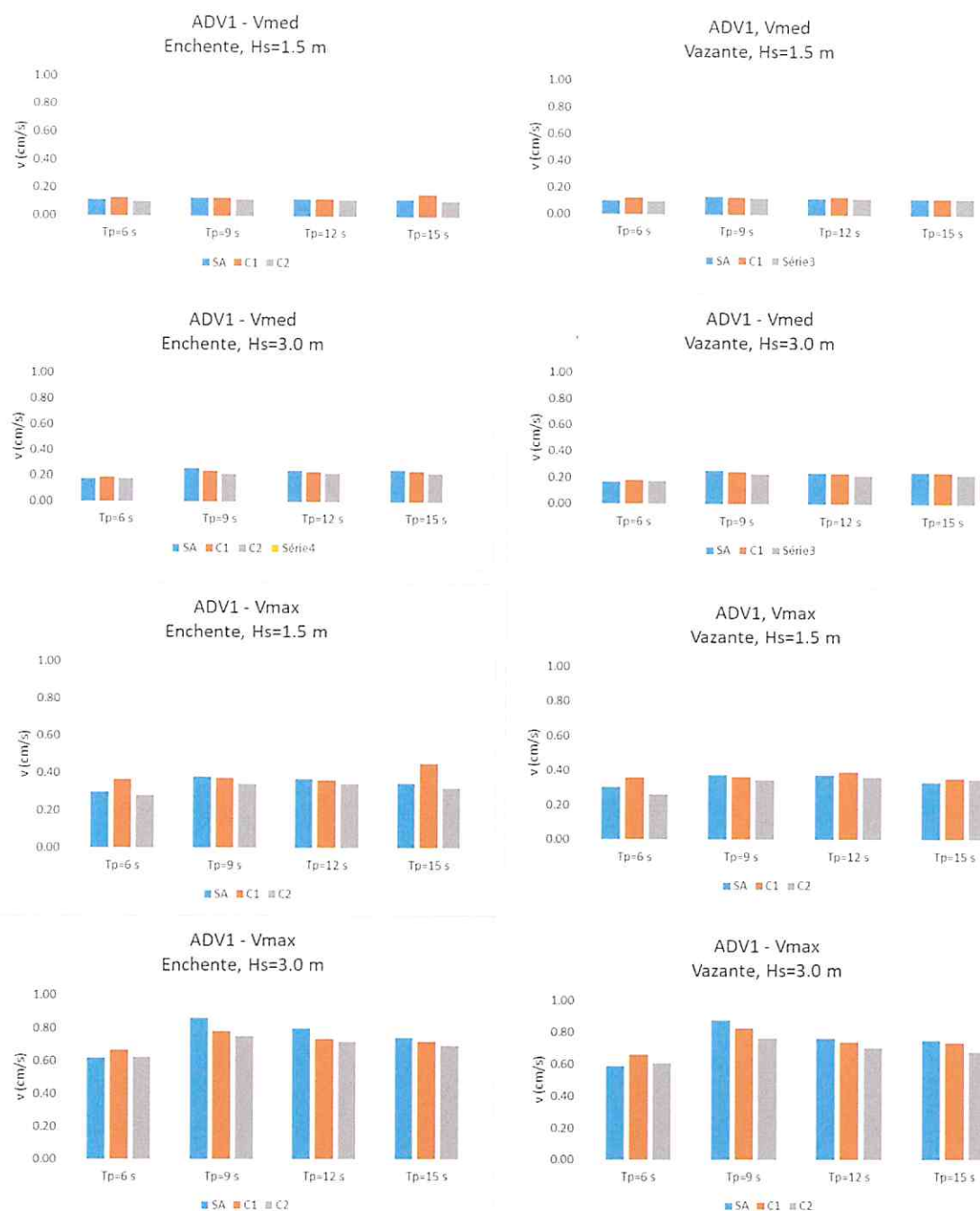


Figura III.1 – ADV1. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com agitação marítima



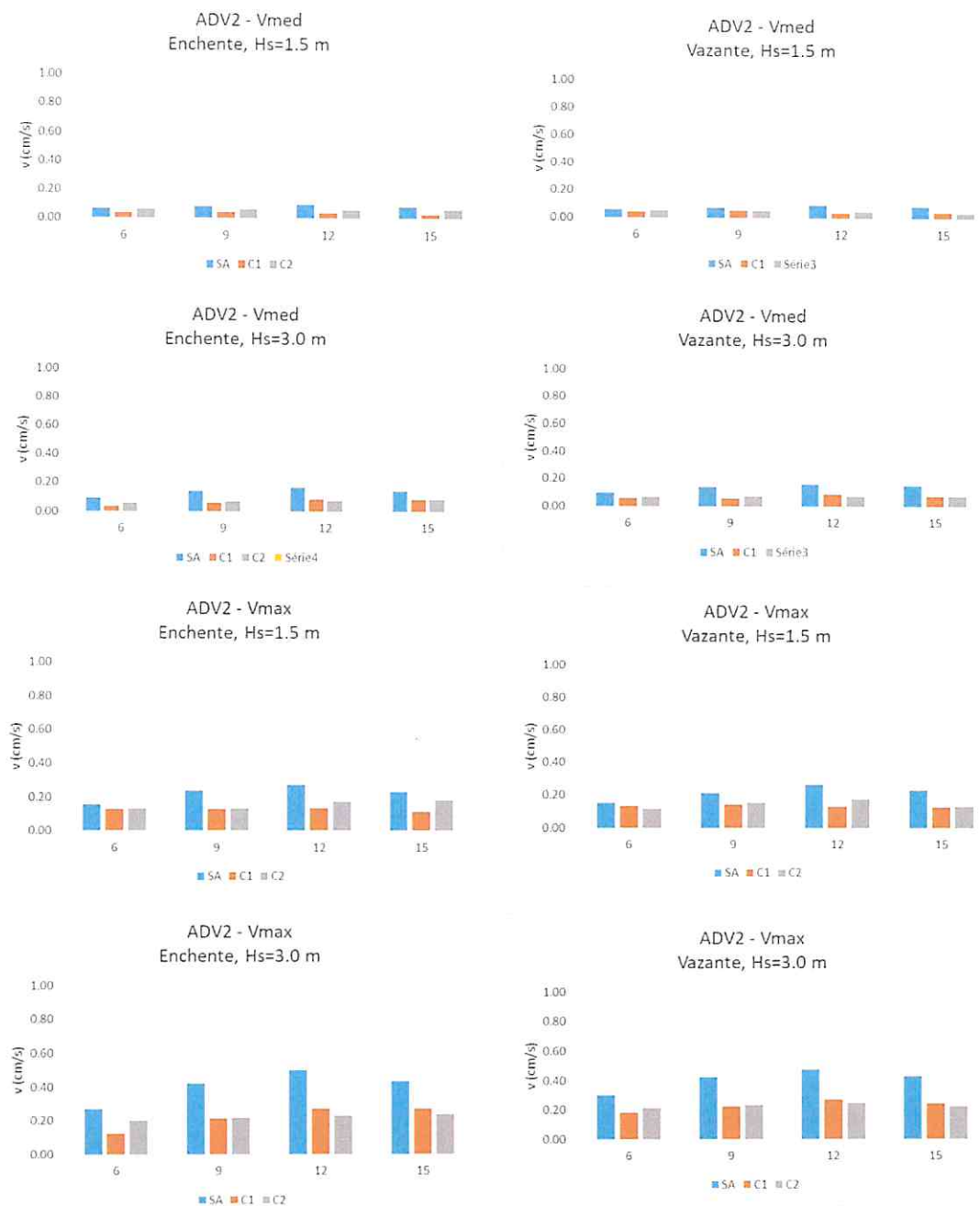


Figura III.2 – ADV2. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com agitação marítima

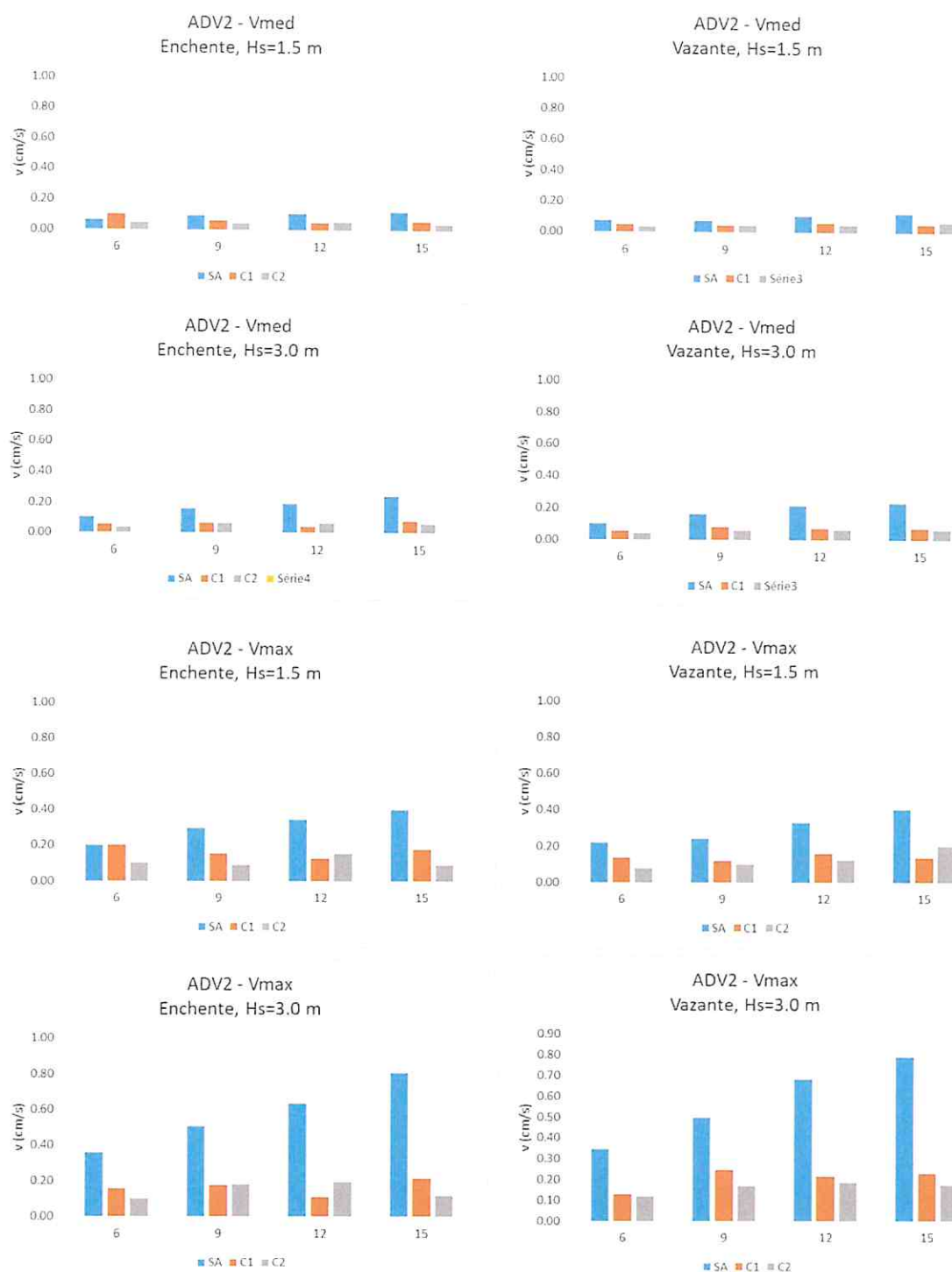


Figura III.3 – ADV3. Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Comparação dos valores máximos e médios nos ensaios com corrente de maré (enchente – cima; vazante - baixo), com agitação marítima

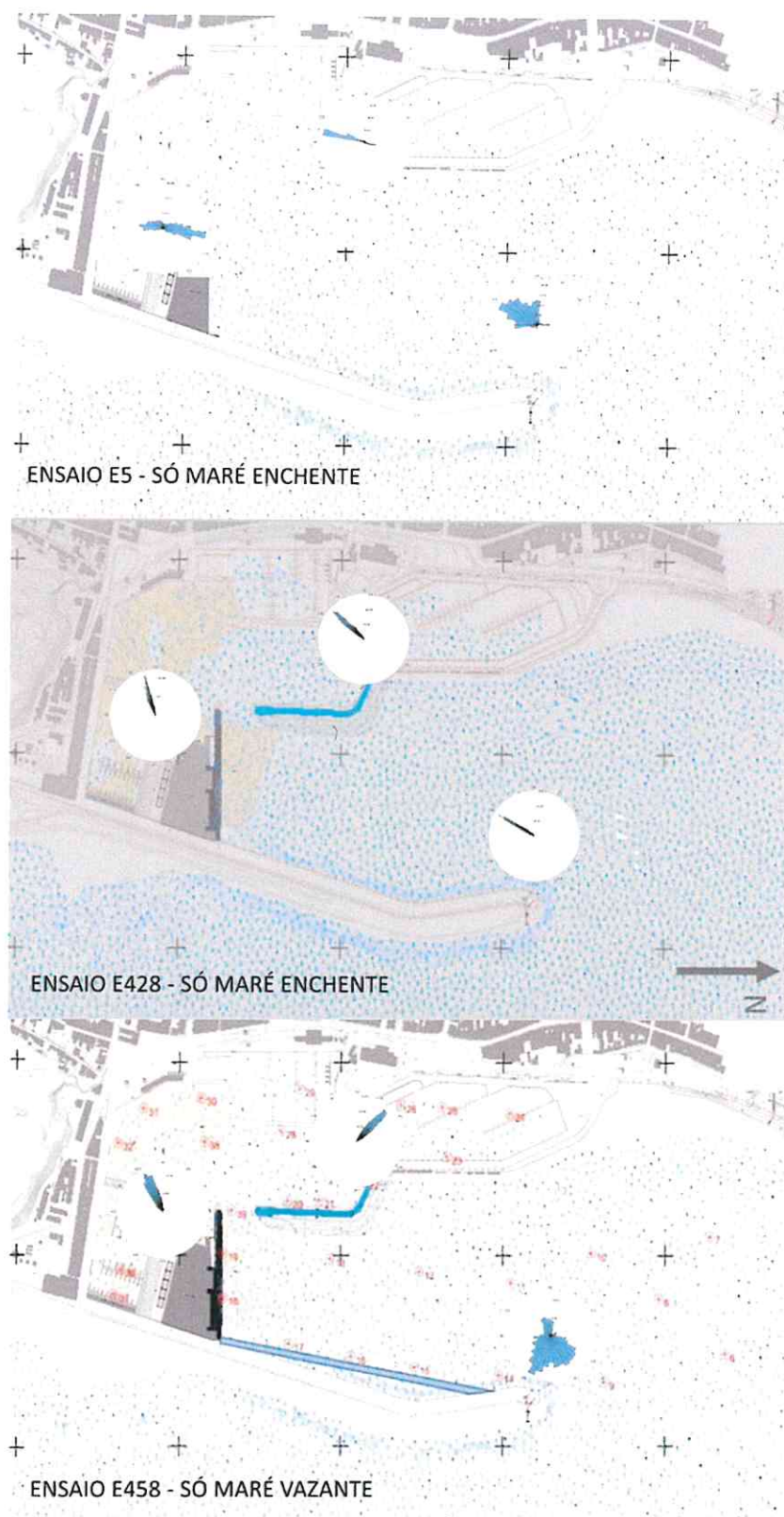


Figura III.4 – Situação Atual, Configuração 1 e Configuração 2. Rumo E-10-N. Ensaio com maré sem agitação marítima. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3

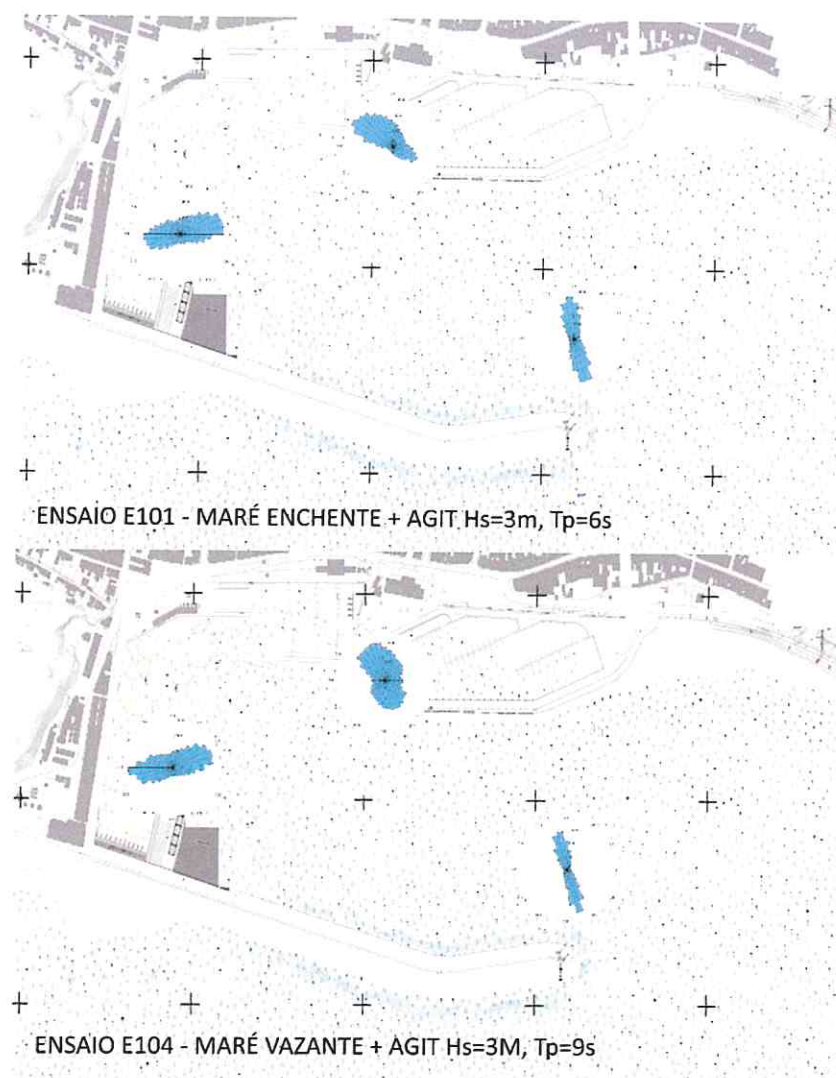


Figura III.5 – Situação Atual. Rumo E-10-N.  $T_p=6$  s e 9 s,  $H_s=3$  m. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3

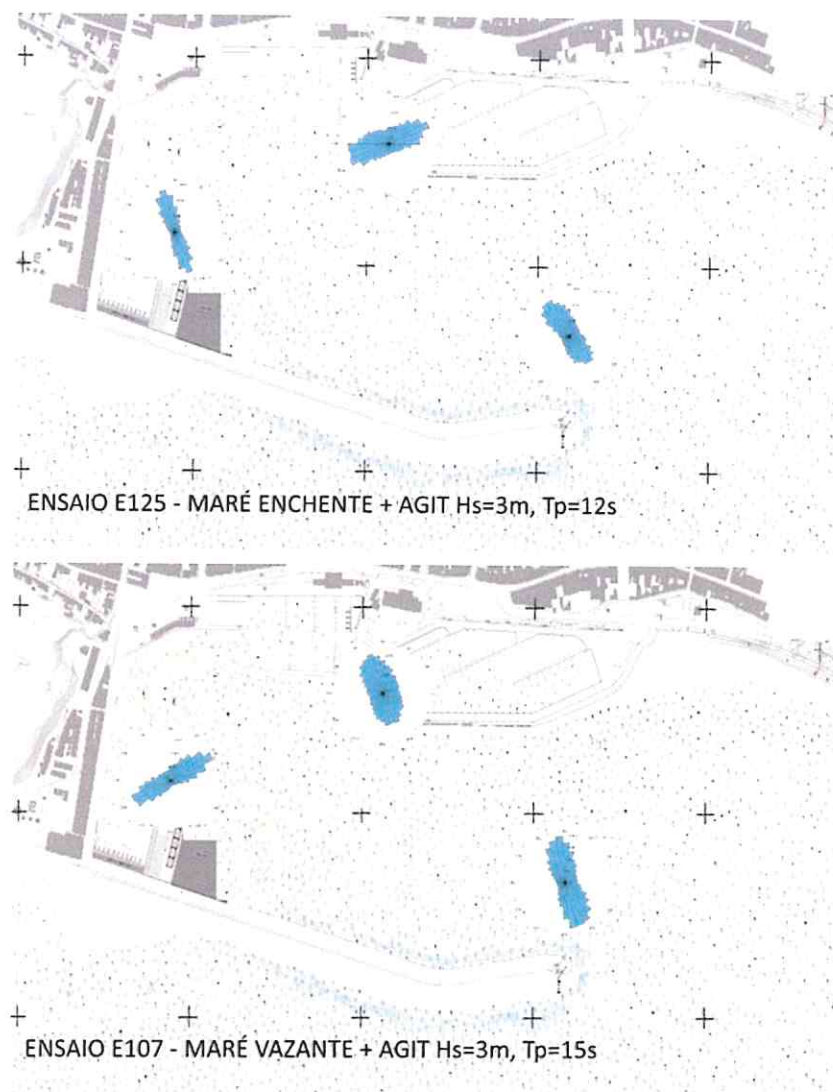


Figura III.6 – Situação Atual. Rumo E-10-N. Tp=12 s e 15 s, Hs=3 m. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3



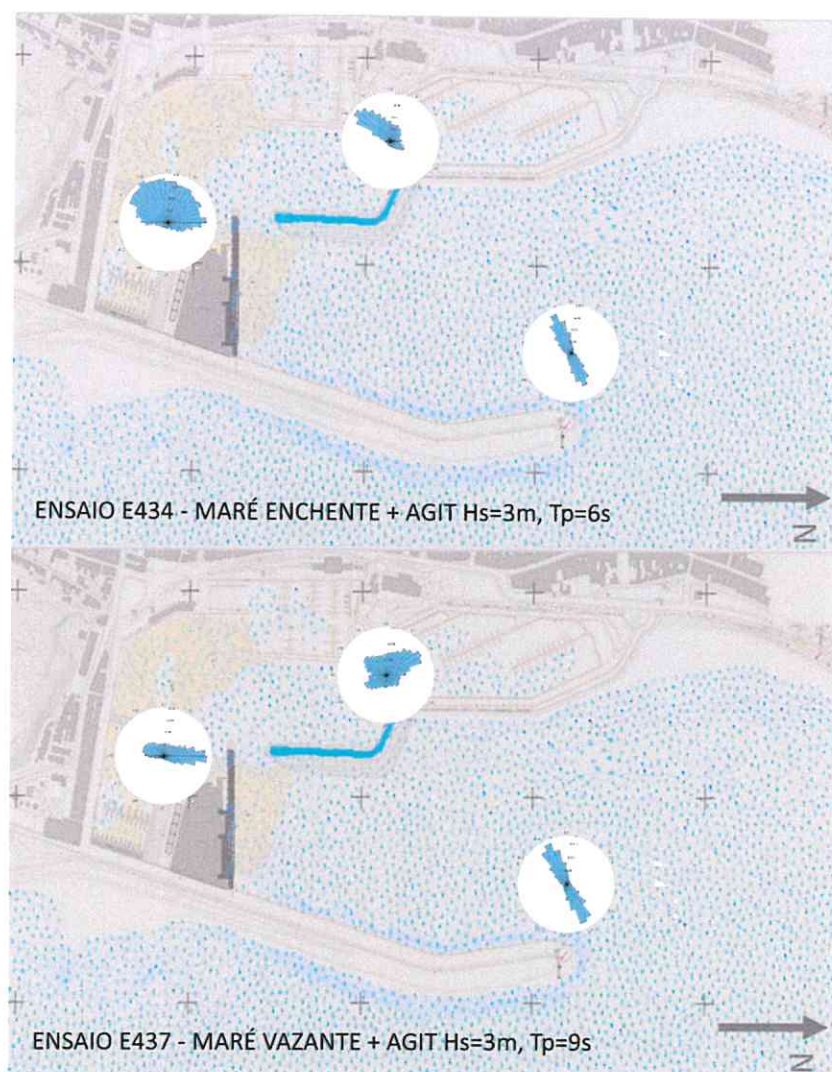


Figura III.7 – Configuração 1. Rumo E-10-N.  $T_p=6\text{ s}$  e  $9\text{ s}$ ,  $H_s=3\text{ m}$ . Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3



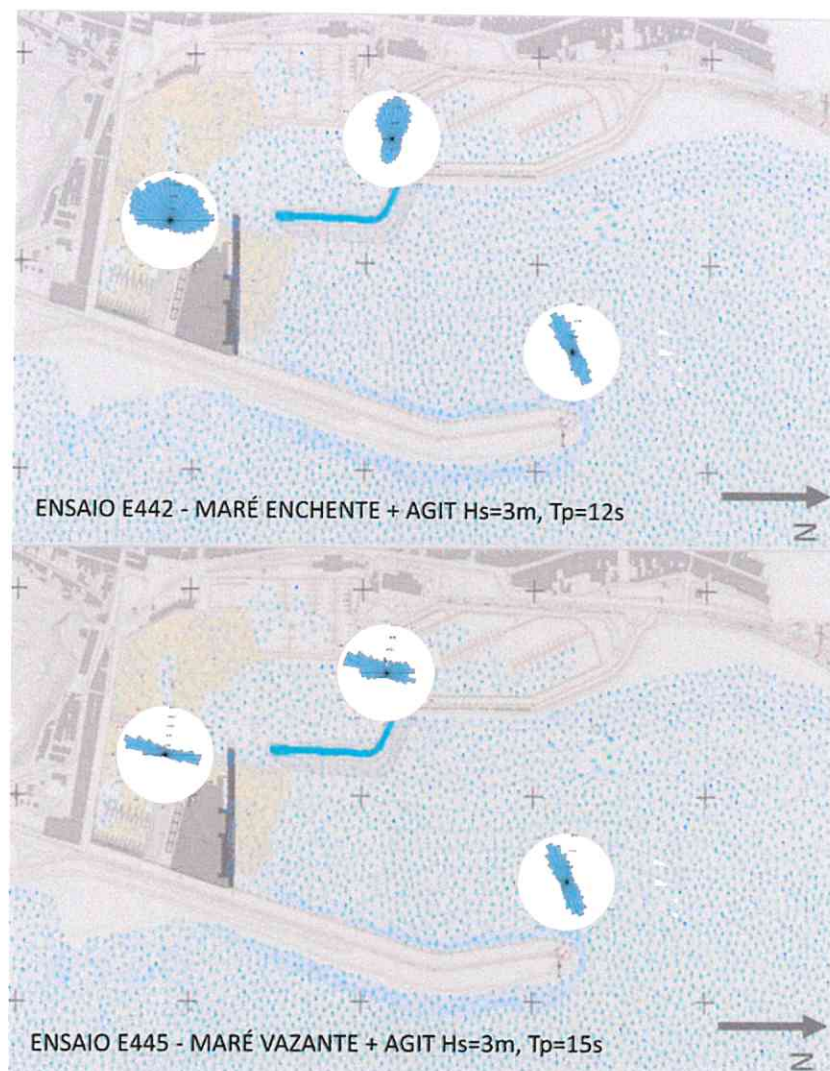


Figura III.8 – Configuração 1. Rumo E-10-N.  $T_p=12\text{ s}$  e  $15\text{ s}$ ,  $H_s=3\text{ m}$ . Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3

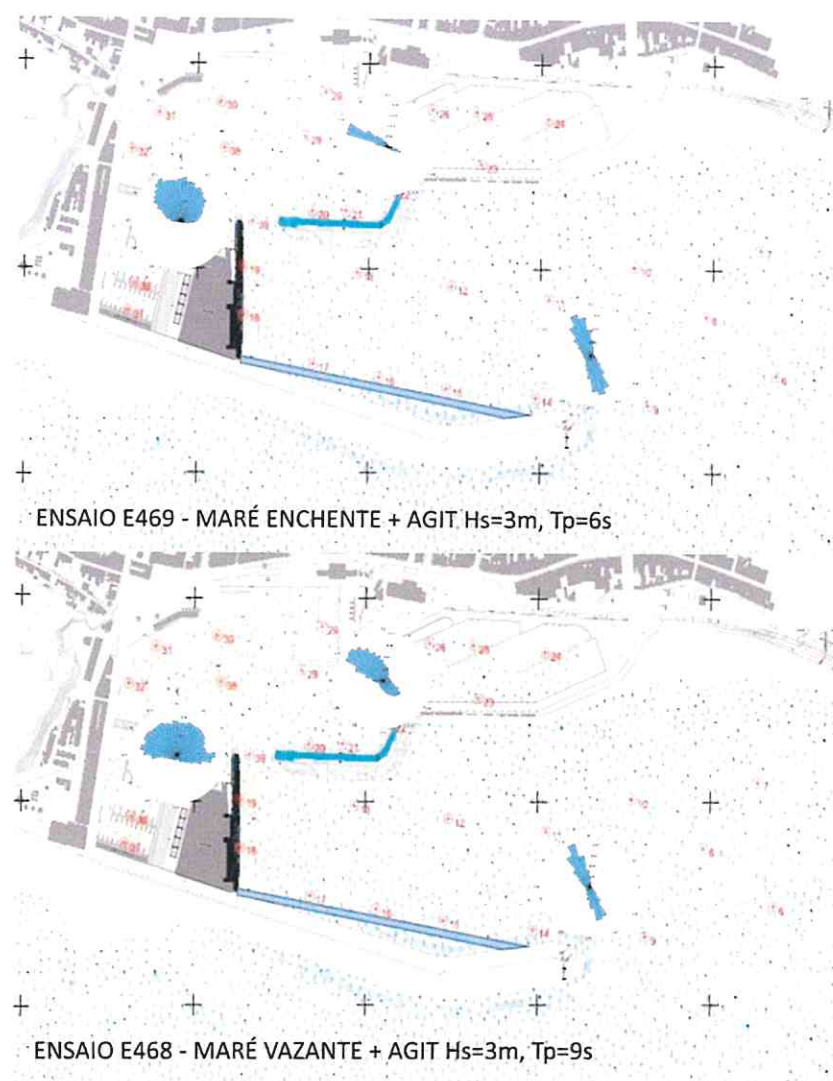


Figura III.9 – Configuração 2. Rumo E-10-N.  $T_p=6$  s e 9 s,  $H_s=3$  m. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3

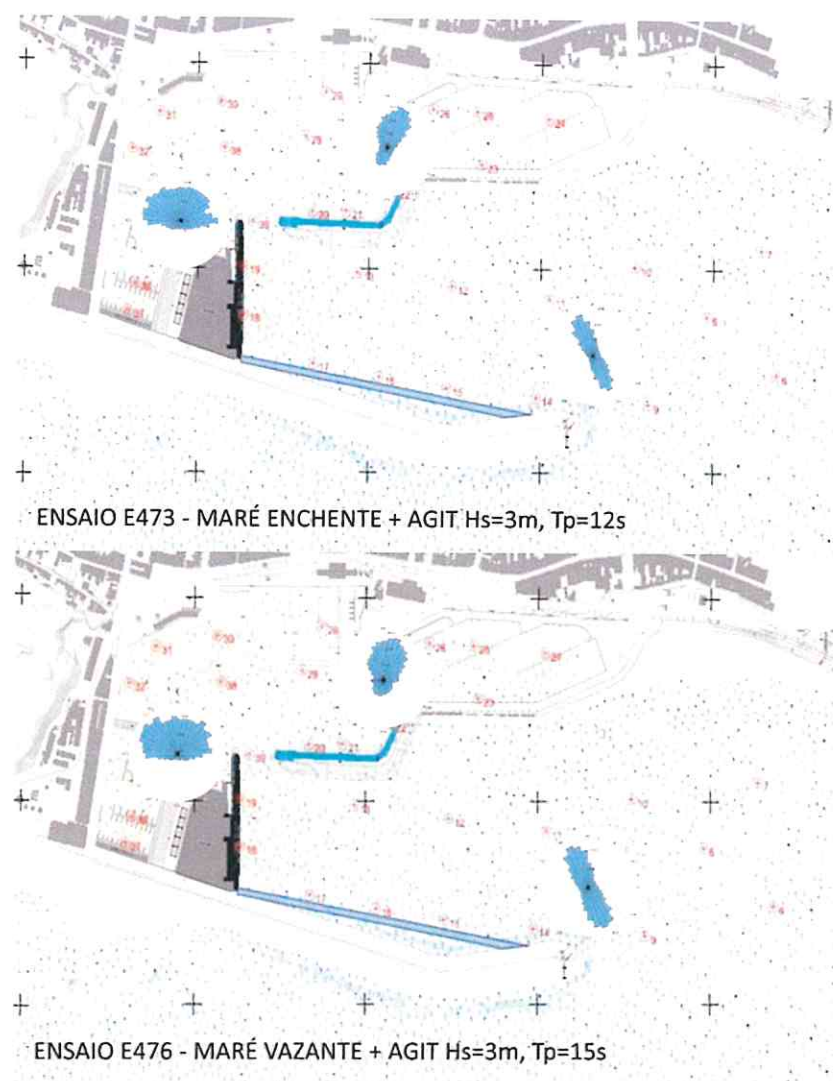


Figura III.10 – Configuração 2. Rumo E-10-N.  $T_p=12$  s e 15 s,  $H_s=3$  m. Direção do escoamento nos ADV1, ADV2 e ADV3











[www.lnec.pt/](http://www.lnec.pt/)

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL  
tel. (+351) 21 844 30 00 • fax (+351) 21 844 30 11  
[lnec@lnec.pt](mailto:lnec@lnec.pt) [www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)