

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA OCEÂNICA

ANÁLISE NUMÉRICA DA PROPAGAÇÃO DE ONDAS NA COSTA DO
RIO GRANDE DO SUL ENTRE ARROIO CHUÍ E SARITA

SAMANTA SANTOS DA VARA

Dissertação apresentada à Comissão de Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Oceânica.

Orientador: Paulo Roberto de Freitas Teixeira,
Dr.

Co-orientador: Lauro Júlio Calliari, Dr.

Rio Grande, setembro de 2012.

ANÁLISE NUMÉRICA DA PROPAGAÇÃO DE ONDAS NA COSTA DO RIO GRANDE DO SUL ENTRE ARROIO CHUÍ E SARITA

SAMANTA SANTOS DA VARA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA OCEÂNICA

tendo sido aprovada em sua forma final pela Comissão de Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica.

Prof. Dr. José Antônio Scotti Fontoura
Coordenador da Comissão de Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Roberto de Freitas Teixeira
Orientador – FURG

Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari
Co-orientador – FURG

Prof. Dr. Sérgio Rebello Dillenburg
UFRGS

Prof. Dr. Marco Antônio Rigola Romeu
FURG

À Deus por me dar força e nunca me deixar desistir, à minha família e em especial aos meus pais e ao meu esposo Lucas Vanini.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, que sempre me ajuda a realizar meus sonhos.

O meu agradecimento mais que especial ao meu orientador, Paulo Roberto de Freitas Teixeira, por nunca ter desistido do meu trabalho, por ter me entendido nos momentos mais difíceis, pela competência profissional que demonstrou durante todo o tempo, pelo incentivo, companheirismo, compreensão de minhas limitações, apoio, dedicação, disponibilidade, organização, por confiar em minha capacidade e pela amizade. Muito obrigada por tudo.

Ao Lauro, por aceitar ser meu co-orientador, pela disponibilidade, pelo tempo dedicado ao meu trabalho, pela ajuda na interpretação dos resultados, com sua competência, pelas sugestões ao trabalho e apoio, obrigada.

Aos professores do Curso de Engenharia Oceânica, que me proporcionaram muitas descobertas e acrescentaram muito aos meus conhecimentos, em especial ao Professor Humberto Piccolli que disponibilizou a sua turma para que eu pudesse fazer o estágio de docência.

Aos colegas de curso, companheiros, pela troca de experiências, convivência e horas dedicadas ao estudo. Em especial ao Jair Vignolle da Silva que demonstrou ser um grande amigo, nas horas boas e ruins.

A minha amiga Nilza, por sua competência, bom humor, amizade, palavras de incentivo e disponibilidade.

Aos meus pais, Hermes da Vara e Fátima Santos da Vara, por estarem comigo em todos os momentos, me apoiando e me incentivando, sempre acreditando que esse sonho um dia se realizaria. Sem vocês eu nada seria. Amo vocês.

Aos meus irmãos, Shana Santos da Vara e Hermes da Vara Júnior (em memória) que estiveram comigo, acreditando em mim e sempre muito orgulhosos das minhas conquistas, obrigada. Vocês são o melhor presente que a vida pôde me dar.

E, finalmente, ao meu esposo, Lucas Vanini, que me apoiou em todos os momentos, me incentivando e acreditando que esse sonho se realizaria. Agradeço todos os dias por você ter entrado na minha vida, pois sem você esse sonho talvez não se realizasse. Te Amo. Ao meu filho, Luquinhas, que está a caminho me dando força para findar mais essa etapa em minha vida.

A capes, pelo apoio financeiro concedido e a todos que, de alguma forma, colaboraram com meu trabalho, através de sugestões, críticas ou incentivos.

RESUMO

A praia da região entre Arroio Chuí e Sarita (RS) é marcada pela presença de dunas escarpadas, minerais pesados em altas concentrações, afloramento de depósitos paludais e lagunares na região de pós-praia e das dunas frontais por trechos de cerca de 20-30 km. A ante-praia e plataforma interna dessa região apresentam uma batimetria complexa com muitos bancos e poços. Nas proximidades do Hermenegildo e do Arroio Chuí, foram encontradas taxas de retração da costa de aproximadamente 0,5 metros por ano, indicando uma zona de erosão acentuada e colocando em risco as propriedades públicas e privadas locais. Assim como em toda costa sul, esta é uma região de micromaré, sendo, portanto, completamente dominada pela energia das ondas. O presente trabalho tem como objetivo estudar a propagação de ondas nesta região através de modelagem numérica usando o programa REFDIF_S para verificar possíveis relações da erosão local com fenômenos associados à concentração de energia das ondas. O REFDIF_S é um modelo de propagação de ondas baseado na aproximação parabólica da equação de declive suave que simula o comportamento de ondas irregulares considerando os efeitos de empolamento (*shoaling*), refração, difração e dissipação de energia. Sua capacidade de simular os efeitos de refração combinados com os de difração, torna este modelo adequado para o estudo da propagação das ondas nesta região de topografia bastante acidentada, uma vez que, até então, somente alguns estudos mais simplificados usando o método dos raios de onda foram realizados. Baseado no clima de ondas da região, foram propostas diversas situações de ondas incidindo a partir de águas profundas, usando o espectro de energia TMA e o espectro direcional de Borgman. Foi analisado o comportamento de ondas de períodos de 10s, 12s e 16s, alturas significativas de 2,0m, 4,0m e 4,8m, respectivamente e incidências de sul, sudeste-sul, sudeste, sudeste-leste e leste. Das análises, verificou-se a influência dos bancos e dos poços existentes sobre a transformação das ondas. Também, foram relacionados os efeitos das ondas sobre os fenômenos de erosão que ocorrem acentuadamente nesta região. Concluiu-se que a diferenciação geomorfológica do relevo submarino está condicionando, ao longo da região de estudo, diferentes regimes de refração de ondas, sendo estes vistos com mais ênfase em alguns acidentes batimétricos. Ainda observou-se que a batimetria influencia na variação da energia de ondas, com mais intensidade, de modo geral, nas direções sudeste-sul, sudeste e sudeste-leste. Constatou-se também que a passagem das ondas pela batimetria mais complexa da região causam convergência (foco) na região de Hermenegildo. Pode-se afirmar ainda que as ondas de direção sudeste sofrem os efeitos dos acidentes batimétricos com mais intensidade.

Palavras-chave: Propagação de ondas, modelagem numérica, REFDIF_S, erosão costeira, processos costeiros.

ABSTRACT

The beach sector located between Arroio Chuí and Sarita (RS) corresponding to a length of 20 to 30 kilometers is marked by the presence of dune scarps, high concentrations of heavy minerals and outcrops of paludal and lagoon deposits in the backshore region. The foreshore and the inner continental shelf of this area display a complex bathymetry with many banks and depressions. Near Hermenegildo and Arroio Chuí, coastal retraction rates of about 0.5 meter per year were found, indicating a high erosion zone, which endangers the local public and private property. As in all southern coast, this is an microtidal and completely wave dominated area. This work aims the study of wave propagation in this area through numeric modeling using the program REFDIF_S in order to verify possible relations of the local coastal erosion with phenomena which are associated to wave energy concentration. The REFDIF_S is a model of wave propagation based on the parabolic approximation of the mild slope equation that simulates the behavior of irregular waves considering the effects of shoaling, refraction, diffraction, and energy dissipation. Its capacity of simulating the combined effect of refraction and diffraction makes this model suitable to study the wave propagation in this region, which has a complex bathymetry. Up to now, just some more simplified studies using the method of the wave ray were performed. Based on the wave climate in the region, several situations of waves occurring from deep waters were proposed using the TMA frequency spectrum and the directional spectrum of Borgman. The behavior of waves was analyzed for periods of 10s, 12s, and 16s and significant heights of 2.0m, 4.0m and 4.8m respectively for south, southeast – south, southeast, southeast – east, and east incidences. The influence of the existing banks and elongate depressions on the wave transformation processes was also verified. Additionally, the possible effect of wave convergence and the erosion phenomena strongly accentuated in this area was analyzed. The results indicate that geomorphologic differences of the submarine landscape along the study area cause different regimes of wave refraction, which can be seen more emphatically in some specific bathymetric conditions. Generally, bathymetric conditions cause accentuated changes in wave energy from incidences from the southeast-south, southeast and east-southeast, being more intense for the southeast one. It was noticed that the wave propagation over a more complex bathymetry causes “focus” (wave convergence) in the Hermenegildo region.

Key words: wave propagation, numeric modeling, REFDIF_S, coastal erosion, coastal processes.

SUMÁRIO

LISTA DE SÍMBOLOS	8
LISTA DE ABREVIATURAS.....	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
1. INTRODUÇÃO	25
1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA.....	32
1.2 CONTEÚDO DO PRESENTE TRABALHO.....	33
2. CARACTERÍSTICAS DO POÇOS E BANCOS.....	34
3. METODOLOGIA.....	48
3.1 O PROGRAMA SPRING.....	50
3.2 O PROGRAMA REFDIF_S.....	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
4.1 PERÍODO DE 10s E ALTURAS SIGNIFICATIVA DE 2m.....	58
4.1.1 Trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo.....	62
4.1.2 Trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta.....	70
4.1.3 Trecho entre Fronteira Aberta e Albardão.....	77
4.1.4 Trecho entre Albardão e Farol Verga.....	83
4.1.5 Trecho entre Farol Verga e Sarita.....	89
4.2 PERÍODO DE 12s E ALTURAS SIGNIFICATIVA DE 4m	93
4.2.1 Trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo.....	97
4.2.2 Trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta.....	103
4.2.3 Trecho entre Fronteira Aberta e Albardão.....	108
4.2.4 Trecho entre Albardão e Farol Verga.....	114
4.2.5 Trecho entre Farol Verga e Sarita.....	120
4.3 PERÍODO DE 16s E ALTURAS SIGNIFICATIVA DE 4,8m	124
4.3.1 Trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo.....	128
4.3.2 Trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta.....	134
4.3.3 Trecho entre Fronteira Aberta e Albardão.....	140
4.3.4 Trecho entre Albardão e Farol Verga.....	145
4.3.5 Trecho entre Farol Verga e Sarita.....	151
4.4 PERÍODO DE 12s E ALTURA SIGNIFICATIVA DE 4m – ACIDENTE LIMPO – POÇO DO ALBARDÃO	156
4.4.1 Trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta.....	158
4.4.2 Trecho entre Fronteira Aberta e Albardão.....	161
4.4.3 Trecho entre Albardão e Farol Verga.....	164
4.5 PERÍODO DE 12s E ALTURA SIGNIFICATIVA DE 4m – ACIDENTE LIMPO –BANCO DO HERMENEGILDO-CHUÍ ...	167
4.5.1 Trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo.....	169
4.5.2 Trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta.....	172
4.6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	174

5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES.....	183
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	186

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Amplitude complexa
dx	Espaçamento da grade na direção x , no programa SPRING.
dxr	Espaçamento da grade na direção x , no programa REFDIF_S.
dy	Espaçamento da grade na direção y , no programa SPRING.
dyr	Espaçamento da grade na direção y no programa REFDIF_S.
f_{peak}	Frequência de pico
$f_{m\acute{a}x}$	Frequência máxima
h_0	Profundidade da água na fronteira de entrada do domínio
H	Altura significativa da onda
mr	Número de colunas na direção x no programa REFDIF_S.
nr	Número de linhas na direção y no programa REFDIF_S.
N_f	Número de componentes em frequência.
N_θ	Número de componentes em direção.
x	Coordenada da direção de propagação da onda.
y	Coordenada da direção de incidência da onda.
x_r, y_r	Coordenada do REFDIF_S.
η	Elevação da Superfície.
σ	Espalhamento espectral em direção.
γ	Espalhamento espectral em frequência.
θ	Direção média.
T	Período de pico.

LISTA DE ABREVIATURAS

DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DPI	Divisão de Processamento de Imagens
E	Leste
EDS	Equação do Declive Suave
Fig	Figura
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Km	Quilômetros
m	Metros
MNT	Modelagem Numérica do Terreno
NE	Nordeste
PI	Plano de informação
RS	Rio grande do Sul
s	Segundos
S	Sul
SE	Sudeste
SSE	Sul-sudeste
SEE	Sudeste-leste
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SPRING	Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas
TIN	Grade Triangular (do inglês Triangular Irregular Network)
UTM	Projeção Universal Transversa de Mercator (do inglês Universal Transverse Mercator)
W	Oeste
ZEA	Zona de erosão acentuada

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Dados de entrada para o REFDIF_S para cada onda descrita neste trabalho.....	53
------------	--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Bancos e Poços do Arroio Chuí até Sarita.....	26
Figura 1.2	Localização da costa do Rio Grande do Sul.....	26
Figura 1.3	Fotos aérea da costa na região do Hermenegildo.....	27
Figura 2.1	Perfis batimétricos perpendicular à costa.....	34
Figura 2.2	Perfil da batimetria nas localidades do Farol Verga, Albardão, Hermenegildo e Fronteira Aberta	35
Figura 2.3	Detalhes do Banco do Albardão (1), Poço do Albardão (2), Banco Hermenegildo-Chuí (3).....	35
Figura 2.4	Detalhes do Banco do Albardão (1), Poço do Albardão (2), Banco Hermenegildo-Chuí (3) em 3D.....	36
Figura 2.5	Cortes na região do Banco do Albardão.....	36
Figura 2.6	Corte AB representado na Figura 2.6.....	37
Figura 2.7	Corte CD perpendicular ao corte AB (ver Figura 2.6).....	37
Figura 2.8	Corte EF perpendicular ao corte AB (ver Figura 2.6).....	38
Figura 2.9	Cortes na região do Poço do Albardão (2) e do Banco Hermenegildo-Chuí (3).....	39
Figura 2.10	Corte AD que passa pelo Poço do Albardão e pelo Banco Hermenegildo-Chuí.....	39
Figura 2.11	Corte GH representado na Figura 2.10.....	40
Figura 2.12	Corte IJ perpendicular ao AD (ver Figura 2.10).....	40
Figura 2.13	Corte LM perpendicular ao AD (ver Figura 2.10).....	41
Figura 2.14	Corte EF perpendicular ao AD (ver Figura 2.10).....	41
Figura 2.15	Detalhes do Banco Hermenegildo Interno (4) e do Hermenegildo Externo (5).....	42
Figura 2.16	Detalhes do Banco Hermenegildo Interno (4) e do Hermenegildo Externo (5) em 3D.....	42
Figura 2.17	Cortes na região do Banco Hermenegildo Interno.....	43
Figura 2.18	Corte AB representado na Figura 2.18.....	43
Figura 2.19	Corte CD perpendicular ao AB (ver Figura 2.18).....	43
Figura 2.20	Corte EF perpendicular ao AB (ver Figura 2.18).....	44
Figura 2.21	Corte GH perpendicular ao AB (ver Figura 2.18).....	44

Figura 2.22	Cortes na região do Banco Hermenegildo Externo.....	45
Figura 2.23	Corte AB representado na Figura 2.23.....	45
Figura 2.24	Corte CD perpendicular ao corte AB (ver Figura 2.23).....	46
Figura 2.25	Corte EF perpendicular ao corte AB (ver Figura 2.23).....	46
Figura 2.26	Corte G_H perpendicular ao corte longitudinal A_B (ver Figura 2.23).....	46
Figura 2.27	Poço localizado entre as batimétricas de 40m e 50m.....	47
Figura 2.28	Poço localizado na batimétrica de 20m.....	47
Figura 3.1	Etapas da simulação numérica utilizadas neste trabalho.....	49
Figura 3.2	Orientação dos sistemas coordenados dos programas REFDIF_S e SPRING e interpolação entre as grades do REFDIF_S e SPRING (Szewczyk, 2004).....	49
Figura 3.3	Cartas Náuticas, B 2200 e B 90.....	50
Figura 4.1	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$	58
Figura 4.2	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$	59
Figura 4.3	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$	60
Figura 4.4	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$	61
Figura 4.5	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$	62
Figura 4.6	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$	64
Figura 4.7	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$	64
Figura 4.8	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$	65

Figura 4.9	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$	66
Figura 4.10	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$	66
Figura 4.11	Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo para onda de $T=10s$ e para todas incidências analisadas.....	67
Figura 4.12	Altura significativa ao longo do perfil Hermenegildo para onda $T=10s$...	69
Figura 4.13	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$	71
Figura 4.14	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$	72
Figura 4.15	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$	72
Figura 4.16	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$	73
Figura 4.17	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$	74
Figura 4.18	Altura significativa de onda ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta para onda de $T=10s$ e para todas incidências analisadas.....	75
Figura 4.19	Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda $T=10s$.	76
Figura 4.20	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$	78

Figura 4.21	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$	78
Figura 4.22	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$	79
Figura 4.23	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$	79
Figura 4.24	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$	80
Figura 4.25	Altura significativa de onda ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão para onda de $T=10s$ e para todas incidências analisadas.....	81
Figura 4.26	Altura significativa ao longo do perfil Albardão para onda $T=10s$	82
Figura 4.27	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão a Farol Verga e ao longo da batimetria de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$	84
Figura 4.28	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão a Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$	85
Figura 4.29	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão a Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$	85
Figura 4.30	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão a Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$	86
Figura 4.31	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão a Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$	87

Figura 4.32	Altura significativa de onda ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Albardão e Farol Verga para onda de $T=10s$ e para todas incidências analisadas.....	87
Figura 4.33	Altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda $T=10s$	88
Figura 4.34	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga a Sarita para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$	89
Figura 4.35	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga a Sarita e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$	90
Figura 4.36	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga a Sarita e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$	91
Figura 4.37	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga a Sarita e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$	91
Figura 4.38	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga a Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$	92
Figura 4.39	Altura significativa de onda ao longo das batimetrias de 10m e 5m no trecho entre Farol Verga e Sarita para onda de $T=10s$ e para todas incidências analisadas.....	92
Figura 4.40	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=180^\circ$	94
Figura 4.41	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=157^\circ$	94
Figura 4.42	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$	95
Figura 4.43	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=112^\circ$	96
Figura 4.44	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=90^\circ$	96
Figura 4.45	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=180^\circ$	97

Figura 4.46	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=157^\circ$	98
Figura 4.47	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$	98
Figura 4.48	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=112^\circ$	99
Figura 4.49	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=90^\circ$	100
Figura 4.50	Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo para onda de $T=12s$ e para todas incidências analisadas.....	101
Figura 4.51	Altura significativa ao longo do perfil Hermenegildo para onda $T=12s$	102
Figura 4.52	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=180^\circ$	103
Figura 4.53	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=157^\circ$	104
Figura 4.54	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$	105
Figura 4.55	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=112^\circ$	105
Figura 4.56	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=90^\circ$	106

Figura 4.57	Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta para onda de $T=12s$ e para todas incidências analisadas.....	107
Figura 4.58	Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda $T=12s$	108
Figura 4.59	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=180^\circ$	109
Figura 4.60	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=157^\circ$	110
Figura 4.61	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$	110
Figura 4.62	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=112^\circ$	111
Figura 4.63	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=90^\circ$	112
Figura 4.64	Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão para onda de $T=12s$ e para todas incidências analisadas.....	113
Figura 4.65	Altura significativa ao longo do perfil Albardão para onda $T=12s$	114
Figura 4.66	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=180^\circ$	115
Figura 4.67	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=157^\circ$	116
Figura 4.68	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de	

	T=12s e $\theta=135^\circ$	116
Figura 4.69	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=112^\circ$	117
Figura 4.70	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=90^\circ$	118
Figura 4.71	Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Albardão e Farol Verga para onda de T=12s e para todas incidências analisadas.....	118
Figura 4.72	Altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda T=12s.....	119
Figura 4.73	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=180^\circ$	120
Figura 4.74	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=157^\circ$	121
Figura 4.75	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=135^\circ$	121
Figura 4.76	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=112^\circ$	122
Figura 4.77	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=90^\circ$	123
Figura 4.78	Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Farol Verga e Sarita para onda de T=12s e para todas incidências analisadas.....	124
Figura 4.79	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=16s e $\theta=180^\circ$	125
Figura 4.80	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=16s e $\theta=157^\circ$	126

Figura 4.81	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$	126
Figura 4.82	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$	127
Figura 4.83	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$	128
Figura 4.84	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=180^\circ$	129
Figura 4.85	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=157^\circ$	129
Figura 4.86	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$	130
Figura 4.87	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$	131
Figura 4.88	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$	131
Figura 4.89	Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo para onda de $T=16s$ e para todas incidências analisadas.....	132
Figura 4.90	Altura significativa ao longo do perfil Hermenegildo para onda $T=16s$...	134
Figura 4.91	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=180^\circ$	135
Figura 4.92	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=157^\circ$	135
Figura 4.93	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para	

	onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$	136
Figura 4.94	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$	137
Figura 4.95	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$	137
Figura 4.96	Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta para onda de $T=16s$ e para todas incidências analisadas.....	138
Figura 4.97	Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda $T=16s$	139
Figura 4.98	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=180^\circ$	140
Figura 4.99	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=157^\circ$	141
Figura 4.100	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$	142
Figura 4.101	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$	142
Figura 4.102	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$	143
Figura 4.103	Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão para onda de $T=16s$ e para todas incidências analisadas.....	144
Figura 4.104	Altura significativa ao longo do perfil Albardão para onda $T=16s$	145
Figura 4.105	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol	

	Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=180^\circ$	146
Figura 4.106	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=157^\circ$	147
Figura 4.107	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$	147
Figura 4.108	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$	148
Figura 4.109	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$	149
Figura 4.110	Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Albardão e Farol Verga para onda de $T=16s$ e para todas incidências analisadas.....	149
Figura 4.111	Altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda $T=12s$	151
Figura 4.112	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=180^\circ$	152
Figura 4.113	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=157^\circ$	153
Figura 4.114	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$	153
Figura 4.115	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$	154
Figura 4.116	Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$	155

Figura 4.117	Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Farol Verga e Sarita para onda de $T=16s$ e para todas incidências analisadas.....	155
Figura 4.118	Batimetria da região entre Arroio Chuí e Sarita sem o poço do Albardão	156
Figura 4.119	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$	157
Figura 4.120	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - Poço do Albardão.....	158
Figura 4.121	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$	159
Figura 4.122	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - Poço do Albardão.....	159
Figura 4.123	Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$	160
Figura 4.124	Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - Poço do Albardão.....	160
Figura 4.125	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$	161
Figura 4.126	Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - Poço do Albardão.....	162
Figura 4.127	Altura significativa ao longo do perfil Albardão para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$	163
Figura 4.128	Altura significativa ao longo do perfil Albardão para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - Poço do Albardão.....	163
Figura 4.129	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$	164
Figura 4.130	Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de	

	T=12s e $\theta=135^\circ$ - Poço do Albardão.....	165
Figura 4.131	Altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda T=12s e $\theta=135^\circ$ - Poço do Albardão.....	166
Figura 4.132	Altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda T=12s e $\theta=135^\circ$ - Poço do Albardão.....	166
Figura 4.133	Batimetria da região entre Arroio Chuí e Sarita sem o Poço do Albardão.....	167
Figura 4.134	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=135^\circ$	168
Figura 4.135	Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=135^\circ$ - Banco Hermenegildo-Chuí.....	169
Figura 4.136	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=135^\circ$	170
Figura 4.137	Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=135^\circ$ - Banco Hermenegildo-Chuí.....	170
Figura 4.138	Altura significativa ao longo do perfil Hermenegildo para onda T=12s e $\theta=135^\circ$	171
Figura 4.139	Altura significativa ao longo do perfil Hermenegildo para onda T=12s e $\theta=135^\circ$ - Banco Hermenegildo-Chuí.....	171
Figura 4.140	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=135^\circ$	172
Figura 4.141	Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de T=12s e $\theta=135^\circ$ - Banco Hermenegildo-Chuí.....	173
Figura 4.142	Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda T=12s e $\theta=135^\circ$	173
Figura 4.143	Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda T=12s e $\theta=135^\circ$ - Banco Hermenegildo-Chuí.....	174
Figura 4.144	Esquema simplificado do Banco Hermenegildo-Chuí.....	175

Figura 4.145	Diagramas de refração de ondas com período de 12s para as incidências de (a) 190°, (b) 175°, (c) 150°, (d) 135°, (e) 105° e (f) 85°, reproduzidos de Pimenta (1999).....	181
Figura 4.146	Resultados da análise dos diagramas de refração de ondas para o litoral sul do RS (reproduzido de Speranski e Calliari, 2004).....	182

1. INTRODUÇÃO

A costa sul, entre Torres e o Arroio Chuí, caracteriza-se principalmente por uma ampla barreira arenosa com cerca de 640 km de comprimento localizada numa região micromaré sendo assim completamente dominada pela energia das ondas (Fig. 1.1). Nesta figura estão marcados os seguintes locais de referência com as respectivas coordenadas geográficas e UTM (Universal Transversa de Mercator): Arroio Chuí (latitude 33°44'40" S, x=282079m, y=6264929m), Hermenegildo (latitude 33° 39' 59" S, x=292287m, y=6273330m), Fronteira Aberta (latitude 33°28'35" S, x=317507m, y=6298550m), Albardão (latitude 33°12'9" S, x=339724m, y=6321970m), Farol Verga (latitude 32°58'33" S, x=355336m, y=6351390m) e Sarita (latitude 32°37'47" S, x=368547m, y=6386820m).

A praia da região entre Arroio Chuí e Sarita (RS) é marcada pela presença de dunas escarpadas, minerais pesados em altas concentrações, afloramento de depósitos paludais e lagunares na região de pós-praia e das dunas frontais por trechos de cerca de 20 a 30 km (Tomazelli et al., 1995; Tomazelli et al., 1996; Siegle, 1996; Barletta, 1997; Calliari, et al. 1998). Esta região apresenta, na ante-praia e plataforma interna, uma batimetria complexa com muitos bancos e poços, que podem ser responsáveis pela forte refração e difração das ondas. Essas características batimétricas encontram continuidade na região sul adjacente já em território do Uruguai. Entre o Arroio Chuí e Sarita, podem-se destacar os seguintes acidentes.

- 1) Banco do Albardão: se localiza entre as batimétricas de 5 a 20 m e encontra-se entre as regiões do Albardão e Farol Verga.
- 2) Poço do Albardão: está localizado entre as batimétricas de 50m e 70m e está entre as regiões da Fronteira Aberta e Farol Verga.
- 3) Banco do Hermenegildo-Chuí: encontra-se afastado da costa, entre as batimétricas de 20m e 30m e localiza-se entre as regiões do Hermenegildo e Fronteira Aberta.
- 4) Banco Hermenegildo Interno: está localizado próximo a costa do Balneário do Hermenegildo, situa-se entre as batimétricas de 5 e 10 m e entre as regiões do Arroio Chuí e Hermenegildo.
- 5) Banco Hermenegildo Externo: é um banco também próximo à costa, localizado ao largo do Balneário do Hermenegildo, entre as batimétricas de 15 e 20 m e abrange aproximadamente de Arroio Chuí até Fronteira Aberta.

- 6) Poço de Lama: situado entre as batimétricas de 50 e 70m encontra-se mais ao sul do Arroio Chuí, ou seja, ao longo da costa do Uruguai.
- 7) Banco La Plata: é o maior deles, localizado ao longo da costa do Uruguai entre as batimétricas de 20 e 35 m.
- 8) Banco Palmar: situado ao sul do Arroio Chuí, adjacente a costa do Uruguai, entre as batimétricas de 5 e 20 m.

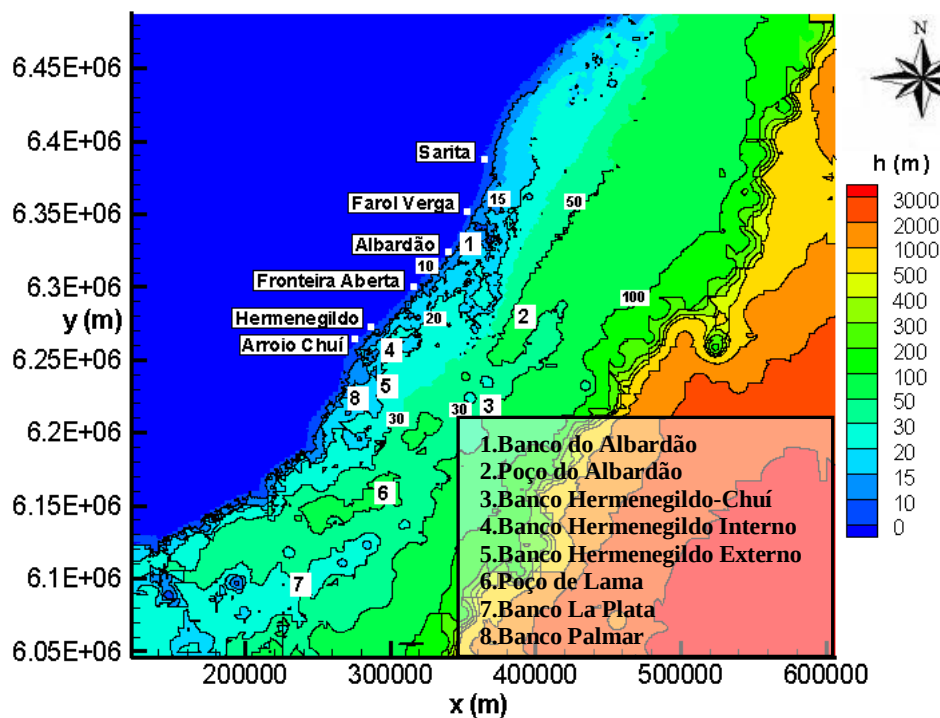


Figura 1.1 - Bancos e Poços do Arroio Chuí até Sarita.

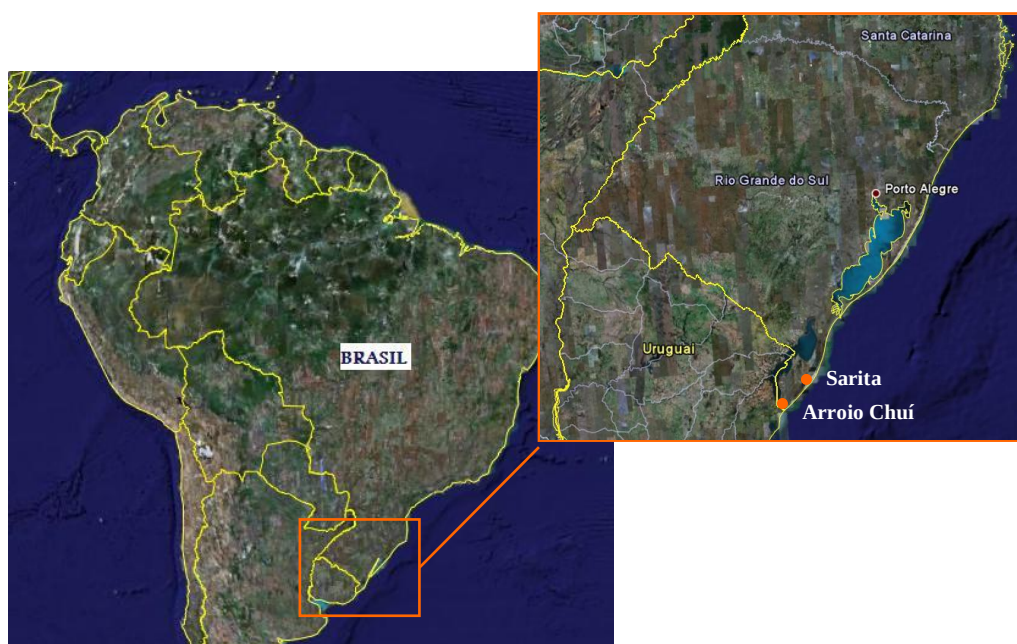


Figura 1.2 - Localização da costa do Rio Grande do Sul.

Nas proximidades do Hermenegildo e do Arroio Chuí (Fig. 1.3), foram encontradas taxa de retração de costa de aproximadamente 0.5 metros por ano (Calliari et al., 1998) indicando uma zona de erosão acentuada (ZEA) nesta região. No Balneário do Hermenegildo, a erosão costeira levou a completa destruição das dunas frontais e chega a causar sérios problemas a residências e vias públicas. Segundo Calliari et al. (1998), a descontinuidade apresentada pela erosão neste local frente ao comportamento estável do resto da costa indica que o fenômeno encontra-se intimamente associado ao processo de refração, à urbanização muito próxima a linha d'água e à ocupação da faixa ativa da praia (Calliari et al., 1998).

Speranski e Calliari (2001) comentaram que as camadas de turfas e de depósitos paleo lagunares em depósitos da praia, já observados por Tomazelli et al. (1995), evidenciam que o prisma de praia tem sido lavado na região. Afirmam que, principalmente ao norte da praia do Hermenegildo, este substrato está constantemente exposto, significando a erosão completa da praia. Outra característica da seção erodida é o aumento local da concentração de mineral pesado opaco em forma de lâmina preta densa, em torno de 10 a 40% em peso na pós-praia de Hermenegildo, sendo que os valores normais de 1 a 5% são encontrados em outros setores da Costa Gaúcha (Siegle, 1996). Enfatizam que, nessa região, as tempestades de alta intensidade têm a condição de remover a cobertura de areia e erodir o substrato de turfa. Destacam que a ocorrência de focos, na mesma região, para uma faixa de períodos e direções de ondas, proporciona a formação de um "foco estável", favorecendo o fenômeno da erosão (Speranski e Calliari, 2000; Healy, 1987).



Figura 1.3 - Fotos aérea da costa na região do Hermenegildo.

A costa do RS é, em toda a sua extensão, francamente dominada por ação de ondas que provém do quadrante SE. Por outro lado, são escassos os registros de ondas na Costa do Rio Grande do Sul. Podem-se citar os dados obtidos através de ondógrafos para esta região que resultam de campanhas realizadas em Tramandaí de 1962 a 1963 e em 2007 e em Rio

Grande de 1996 a 1997. Entre outubro de 1962 e setembro de 1963 (12 meses), foram coletados dados de ondas em Tramandaí usando um ondógrafo não-direcional, fundeado a 17,5m de profundidade (Motta, 1963). Em Rio Grande foi usado um ondógrafo direcional do tipo Waverider, com aquisição digital de sinal na isóbata de 15m, próximo aos molhes da Barra de Rio Grande, no período de outubro de 1996 a agosto de 1997 (16 meses) (Strauch, 1998). Mais recentemente, dados das ondas foram adquiridos através de um ondógrafo direcional do tipo Waverider de janeiro a setembro de 2007 nas proximidades de Tramandaí a 17m de profundidade (Perotto, 2010).

Outros dados também são usados por alguns pesquisadores para a análise do clima de ondas da região. Entre eles as observações registradas a partir de navios de oportunidade entre 1946 e 1979, a profundidades menores que 35m. Tais dados, embora sejam resultados de estimativas, são bastante abrangentes, correspondendo às águas costeiras e oceânicas e a um extenso tempo de registro (30 anos). Também os dados altimétricos do satélite Topex/Poseidon (Coli, 1994) são usados para a análise do clima de ondas no Rio Grande do Sul.

Os registros obtidos pelo ondógrafo em Tramandaí foram analisados por Motta (1963) e, mais tarde, por Pitombeira (1975). Motta (1963) observa a presença de vagas (*sea*) com direção de incidência mais freqüente de leste, entre 95° e 100°, e as ondulações (*swell*) de sudeste (125°). O período significativo de maior freqüência foi de 8s com distribuição normal em torno deste valor de 5s a 17s. Pitombeira (1975) constatou que o valor mais freqüente entre os períodos incidentes é de 6s, seguidos por 7 e 5s. As alturas significativas encontradas ficam em torno de 1,3m. Utilizando o ábaco universal de refração, o autor constatou que, à profundidade infinita, o maior número de ondas incidentes provém das direções 100° e 85°.

Os dados obtidos pelo ondógrafo fundeado em Rio Grande foram analisados por Strauch (1998) e, mais tarde, por Coli (2000) quando faz uma comparação com os dados obtidos pelos navios de oportunidade. Foram observadas duas classes de ondas. A primeira, correspondente às vagas (*sea*), com direção predominante em torno de 100° E, períodos em torno de 8s e altura significativa média de 1,0m. A segunda, denominada de ondulação (*swell*), com direção predominante em torno de 160° SSE, períodos em torno de 12s e altura significativa média de 1,5m. Coli (2000) comenta que nos meses de verão, o pico espectral se posiciona mais na porção das vagas (8 a 10s), enquanto no inverno o pico espectral posiciona-se nos períodos característicos de ondulação (10 a 14s). O outono e primavera são intermediários entre estas estações.

Coli (1994) combinou a análise de dados de altura e direção de ondas obtidos através de navios de oportunidade com os dados altimétricos do satélite Topex/Poseidon. Os resultados mostram que as ondas de inverno são maiores que as de verão. As ondas de nordeste, leste e sudeste possuem maior ocorrência na primavera e verão, enquanto que as de norte, oeste e sudoeste se amplificam no outono e inverno. Os valores mais expressivos de altura média correspondem à direção sudoeste e, secundariamente às direções sul, oeste e norte. Quanto à média anual, os dados demonstraram uma ocorrência principal de ondas de nordeste (22%), seguidas pelas ondulações do sul (16%).

Mais tarde, Coli (2000) analisou as diferenças entre os registros obtidos pelo ondógrafo em Rio Grande e os dados registrados a partir de navios de oportunidade. A frequência de ocorrência da direção sudeste foi a responsável pela maior discordância dos dois arquivos de dados. No arquivo instrumental (ondógrafo) esta direção é a direção predominante (58%), porém não possui estas características nos resultados do arquivo histórico (navios de oportunidade) com frequência de apenas 12%. Observa-se que as ondas medidas pelo ondógrafo referem-se a 15m de profundidade, portanto, neste caso, as ondas devem ter sofrido o efeito de refração devido ao relevo da plataforma interna.

Fontoura (2004) em seu estudo sobre a hidrodinâmica costeira e o transporte de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da Barra do Rio Grande (RS) utilizou dados diários de altura significativa de onda e períodos modelados pelo CPTEC/INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil), através do modelo WAVEWATCH III (Tolman, 1999) a partir dos campos de vento preditos pelo modelo atmosférico global (MCGA) para as coordenadas 32° 0' 0" S e 48° 45' 0" W.

Dentre os dados obtidos foram selecionados os registros de setembro a dezembro de 2001. Estes dados foram validados com medições concomitantes realizadas para a mesma região por um ondógrafo não direcional pertencente ao projeto PNBóia e fundeado nas coordenadas 32° 54' 40" S e 50° 43' 13" W.

O modelo apresentou uma frequência de ocorrência de altura significativa de 52% para a faixa de 1.5 a 2.0m (maior frequência). Os períodos mais frequentes (60%) estão entre 6.0 e 8.0s e as direções de incidência de ondas mais frequentes (35%) são as de NE, seguida das ondas de Sul com 22%.

Uma das primeiras simulações que trata do estudo da refração das ondas na costa do RS foi apresentada por Siegle (1996). O modelo de construção de raios de onda foi usado para análise da refração das ondas entre as regiões do Farol da Conceição e do Chuí. As simulações foram realizadas em quatro direções: Sul (180°) com períodos de 9s, 11s e 14s;

Sudeste (135°) com períodos de 9s e 11s; Leste (90°) com períodos de 7s, 9s e 11s e Nordeste (45°) com período de 9s. Nesse estudo, os diagramas não apontaram concentrações de energia de ondas para a região do Farol do Sarita, embora muitos dos diagramas não tenham coberto essa região, ficando um espaço neste trecho da costa sem informação. Para o Farolete Verga não foram verificadas concentrações significativas de energia de onda, entretanto ocorreram concentrações de raios de onda na região entre o Albardão e o Farolete Verga para períodos de 9s, 11s e 14 s com direção Sul e 9s e 11 s com direção Sudeste. Para ondas provenientes de Leste, o campo de ondas demonstrou-se uniforme nesta região. Na região do Albardão, foi observada uma concentração de energia de ondas para ondas de Leste com 9s e 11 s e pequena concentração com as ondas de 7s. Outras direções de incidência de onda não apresentaram nenhuma concentração significativa. A região do Hermenegildo apresentou concentração de energia para ondas provenientes de Leste (90°) com período de 11s e Nordeste (45°) com período de 9s.

Pimenta (1999) apresentou um estudo de refração de ondas na costa do Rio Grande do Sul utilizando um modelo monocromático unidirecional desenvolvido por Speranski (1998) e baseado nas equações da teoria de propagação de ondas proposto por Griswold (1963). Pimenta utiliza os registros de ondas obtidos pelos ondógrafos fundeados em Tramandaí e Rio Grande. O estudo de refração em cada região da costa do Rio Grande do Sul é realizado com períodos de 6s, 9s e 12s e ângulos de incidência entre 40° e 250° com intervalo de 10° . O autor analisa os resultados baseado nos diagramas para ondas de período de 12s, acompanhando as mudanças dos raios de onda à medida que o ângulo de incidência da onda diminui. Destacam-se abaixo as principais mudanças observadas nos raios de onda próximos à costa.

- a) Foco 1: foco de grande estabilidade que atua na região entre Hermenegildo e Arroio Chuí para as ondas de incidência 245° a 195° e mais próximo do Arroio Chuí para as incidências de 190° a 165° . Para ângulos de incidência menores, este foco migra para a costa uruguaia.
- b) Foco 2: foco que começa com as ondas de 240° atuando na região entre o Farol do Sarita e o Farolete Verga. Para ondas com menores ângulos de incidência, o foco vai se dispersando um pouco e se desloca por cerca de 50km de linha de costa até o Farol do Albardão. Para ângulos entre 195° e 175° este foco ganha intensidade e se estabiliza entre o Farolete Verga e o Farol do Albardão. Para ângulos de incidência menores, ocorre a migração do foco 2 para o sul da costa, perdendo força e se dispersando mais ao sul do Arroio Chuí na incidência de 80° .

- c) Divergência estável: ocorre entre o norte de Hermenegildo e o sul do Albardão para os ângulos de incidência das ondas entre 240° e 170° .
- d) Foco 2A: foco que aparece para ondas de incidência de 205° a 190° sofrendo uma migração do Albardão para regiões ao sul deste. Para ângulos de incidência menores, o foco dispersa bastante, praticamente desaparecendo.
- e) Foco 2B: foco que aparece para as ondas de incidência de 170° sobre o sul do Albardão. Para ângulos de incidência menores, ocorre uma migração do foco para o sul da costa, ficando estável para incidências entre 140° e 110° na região entre Hermenegildo e Arroio Chuí. Este foco soma-se ao foco 2 a partir da incidência de 105° na região do Hermenegildo. À medida que os ângulos de incidência diminuem, os dois focos migram conjuntamente em direção ao sul até o limite de 80° , onde se dispersam na região ao sul do Arroio Chuí.
- f) Foco 3: forma-se ao sul da Lagoa Mangueira para o ângulo de 80° e também inicia sua migração até o Hermenegildo, onde se mantém até o ângulo de 70° . A partir de 65° até 40° inicia-se o processo de grande divergência de raios sobre a região entre o Hermenegildo e o Chuí.

Após a identificação destas variações dos raios de onda próximos à costa, o autor conclui resumidamente o seguinte:

- a) Na região entre o Hermenegildo e o Chuí ocorre um foco em um grande intervalo de ângulos de incidência de ondas (cerca de 180°), caracterizando uma concentração de energia estável na região.
- b) O comportamento dos raios ao norte da região do Hermenegildo até o Farol do Albardão apresenta maior dinâmica dos raios (menor estabilidade), pois a medida que ela permanece dentro de uma região de grande rarefação de energia por um intervalo de ângulos (entre aproximadamente 245° e 180°), experimenta também a passagem rápida dos focos migrando em direção ao sul ao longo da costa com a diminuição do ângulo de incidência da onda.
- c) A região entre o norte do Farolete Verga e o Farol do Albardão também apresentou um grande setor na ocorrência da focalização dos raios, entre 240° e 160° .
- d) A região delimitada pelo sul da Lagoa Mangueira e o Arroio Chuí, foi onde ocorreu o maior intervalo em ângulos de incidência de ondas com concentração de raios para toda região de estudo.
- e) Para as ondas de curtos períodos (6s), ocorre o menor intervalo de ocorrência de focalização de raios para o quadrante sudoeste, entre 190° e 210° . As ondas de

período de 9s demonstram uma transição na ocorrência de focos entre as ondas de curtos períodos e as ondas de longos períodos, apresentando no setor sudeste-sul a propagação uniforme de ondas (raios paralelos) intercalada com ângulos que apresentam a formação de focos. A divergência das ondas para o setor nordeste ocorre para todos os períodos, entre 40° e 60°.

1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

O objetivo geral deste trabalho é verificar possíveis relações da erosão local com fenômenos associados à concentração de energia das ondas propagando-se sobre a batimetria complexa da plataforma interna e ante-praia, uma vez que a modelagem numérica considera os quatro processos de transformação das ondas em águas intermediárias e rasas. Pretende-se detalhar e adicionar mais elementos para o entendimento do mecanismo de erosão que comprovadamente existe na região, variando-se ângulo de incidência médio (θ), o período de pico (T) e a altura significativa (H), auxiliado pelo modelo numérico REFDIF_S (Kirby e Ozkan, 1994), o qual considera os efeitos de difração e refração simultaneamente e que leva em conta a presença do espectro de ondas, fazendo assim um estudo do clima de ondas ao longo da costa do RS entre o Arroio Chuí e Sarita.

Como objetivos específicos buscam-se com o presente estudo, possíveis respostas as seguintes questões:

- A diferenciação geomorfológica do relevo submarino estaria condicionando, ao longo da região de estudo, diferentes regimes de refração de ondas?
- A erosão ocorrente no Hermenegildo-Chuí pode estar relacionada a um condicionamento específico do regime de refração para esta região de complexa batimetria?

As principais justificativas para a realização deste trabalho são:

- Necessidade do uso da modelagem numérica para caracterizar os principais processos de propagação de ondas, devido à carência de informações sobre o clima de ondas ao longo da Costa do RS.
- A escassez de resultados no RS de transformação de ondas de águas profundas para águas rasas que englobem efeitos de difração, refração, empolamento (*shoaling*) e perda de energia por fricção simultaneamente e que leva em conta a presença do espectro de ondas. Pela necessidade de se modelar um domínio de grande largura e pelo fato de não haver o

espectro real de ondas incidentes na região, optou-se pelo uso do REFDIF_S, que é um modelo espectral e usa o espectro de energia TMA (Hughes, 1984) e o espectro direcional de Borgman (1984). Além disso, tem-se agora, uma malha batimétrica mais detalhada, com menor espaçamento. A aplicação desta modelagem mais completa pode fornecer novos resultados ou corroborar estudos anteriores feitos na área usando ondas monocromáticas e programas mais simples anteriores na área (Speransky e Calliari, 2001, Pimenta, 1999).

- O conhecimento da propagação de ondas da Região de estudo permitirá entender a influência da batimetria na variação da energia de ondas na região de estudo.

1.2 CONTEÚDO DO PRESENTE TRABALHO

As características dos Poços e Bancos da região de estudo estão detalhadas no Capítulo 2, onde foram feitos perfis longitudinais e perpendiculares aos mesmos bem como ampliação (zoom) em 3 dimensões (3D) para quatro localidades (Hermenegildo, Fronteira Aberta, Albardão e Farol Verga) para melhor detalhar as características batimétricas existentes na região.

A metodologia, constituída das etapas da simulação numérica realizada, assim como uma descrição e características dos programas SPRING e REFDIF_S e a implementação desta metodologia para a região em estudo, faz parte do Capítulo 3.

O Capítulo 4 trata da discussão, comparação e dos resultados das simulações efetuadas, considerando-se duas linhas de investigação: estudo da refração-difração de ondas e a influência da complexa batimetria vigente na região na propagação da onda.

As conclusões, considerações gerais e sugestões para trabalhos futuros constam do Capítulo 5.

2. CARACTERÍSTICAS DOS BANCOS E POÇOS DA REGIÃO DE ESTUDO

Neste capítulo, apresentam-se as feições submarinas entre Arroio Chuí e Sarita (Fig. 1.1). Para visualizar melhor os perfis de praia da região foram realizados cortes perpendiculares a costa nas regiões de Hermenegildo, Fronteira Aberta, Albardão e Farol Verga (Fig. 2.1). Através da Figura 2.2 é possível notar que na plataforma interna (profundidade em torno de 50m) o perfil do Farol Verga, Albardão e Fronteira Aberta possuem depressões bruscas, enquanto que o Hermenegildo praticamente mantém sua inclinação. Já na antepraia (profundidade até 10m) os quatro perfis estão com uma declividade elevada até a costa.

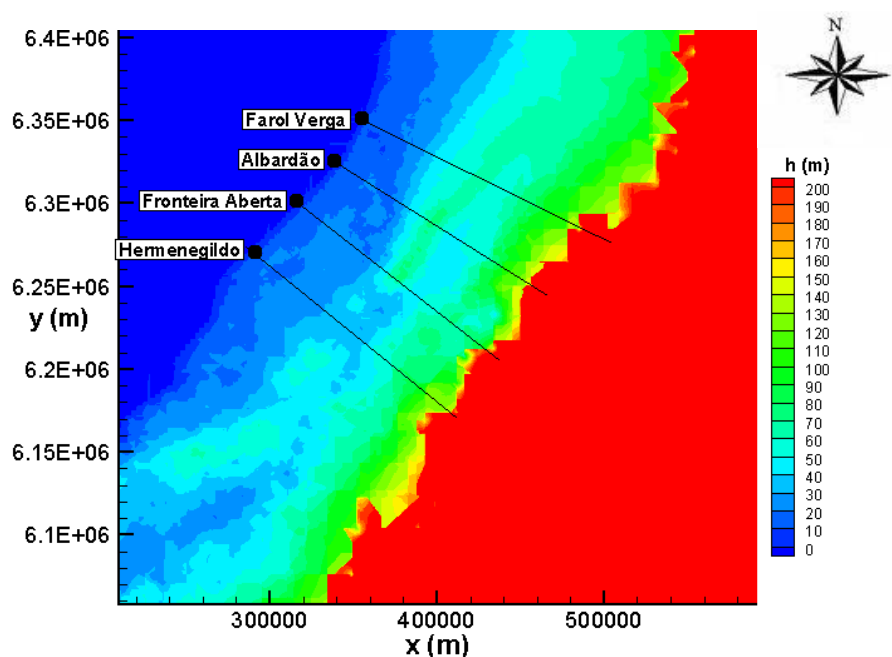


Figura 2.1 - Perfis batimétricos perpendicular à costa.

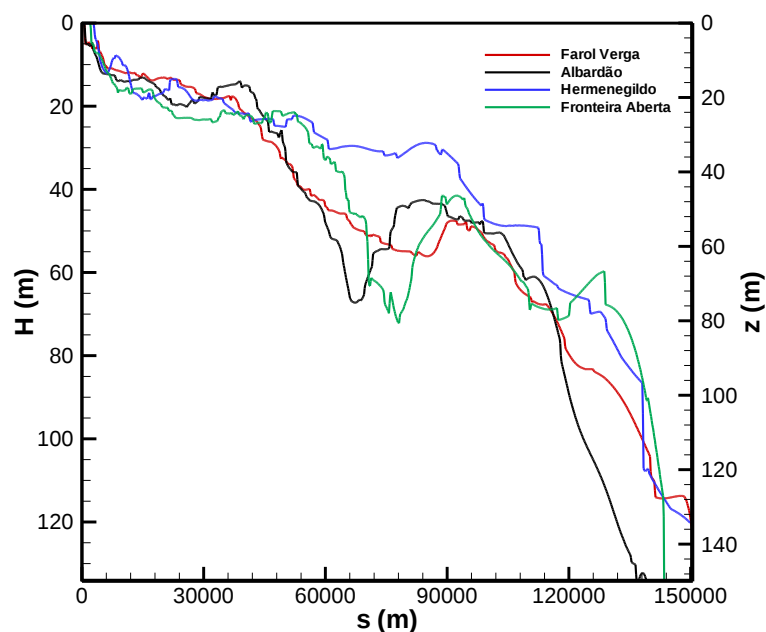


Figura 2.2 - Perfil da batimetria nas localidades do Farol Verga, Albardão, Hermenegildo e Fronteira Aberta.

A seguir, descrevem-se os acidentes topográficos existentes a frente da região de estudo, apresentando-se cortes e vistas tridimensionais para melhor entendimento de cada um.

- a) O “Banco do Albardão” localiza-se entre as batimétricas de 5 a 20 metros a cerca de 10km da costa, possui aproximadamente 15km de extensão e 10km de largura (Fig. 2.3 e 2.4).

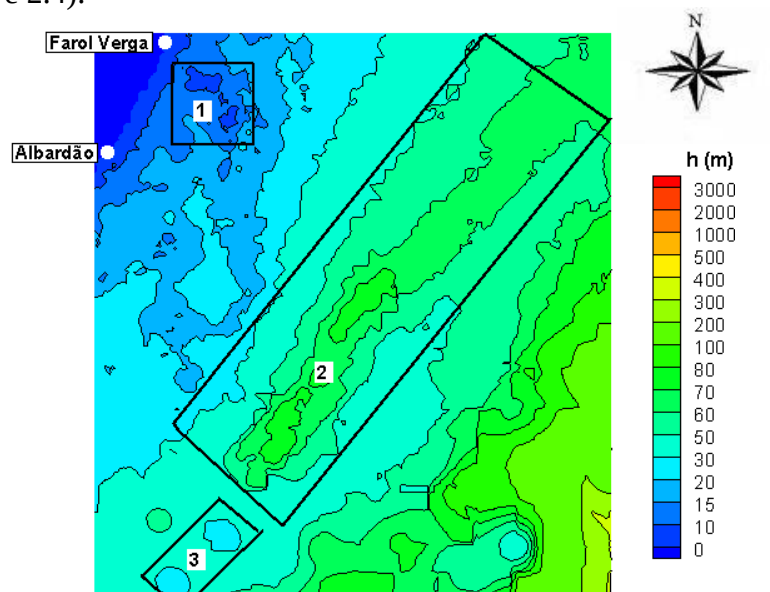


Figura 2.3 - Detalhes do Banco do Albardão (1), Poço do Albardão (2), Banco Hermenegildo-Chuí (3).

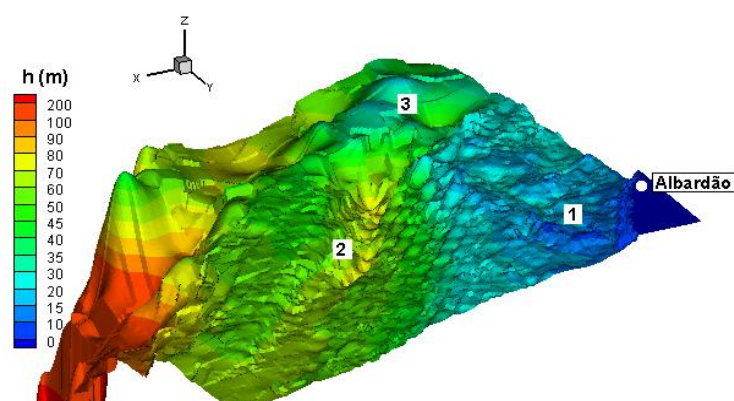


Figura 2.4 - Detalhes do Banco do Albardão (1), Poço do Albardão (2), Banco Hermenegildo-Chuí (3) em 3D.

Alguns cortes, representados na Figura 2.5, esclarecem as feições deste banco. No corte AB, aproximadamente transversal à costa (Fig. 2.6), nota-se uma brusca variação da profundidade (de 18m para 9m) caracterizando a presença do banco. Os cortes CD e EF (Fig. 2.7 e 2.8, respectivamente), aproximadamente na direção da costa, mostram protuberâncias de alturas entre 6m e 8m referentes ao banco.

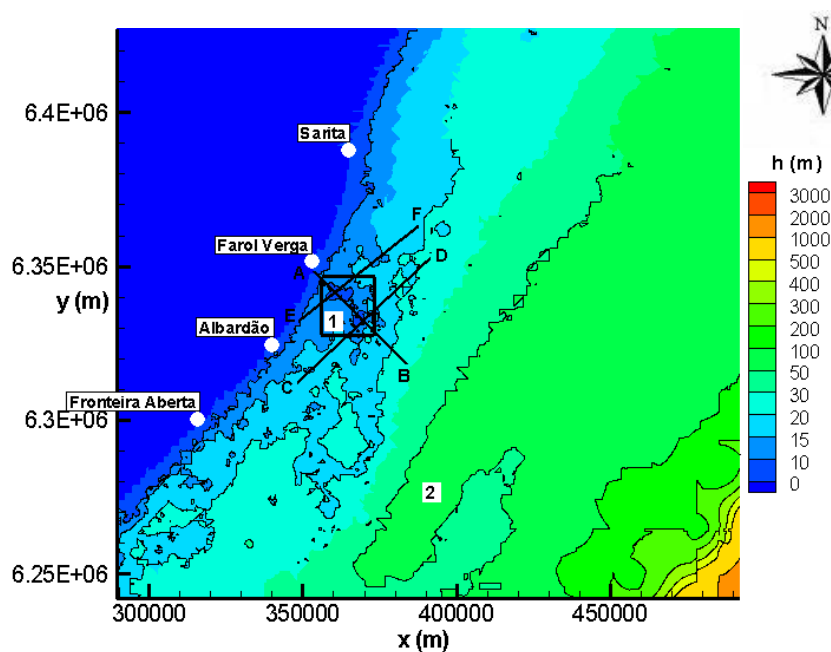


Figura 2.5 - Cortes na região do Banco do Albardão (1).

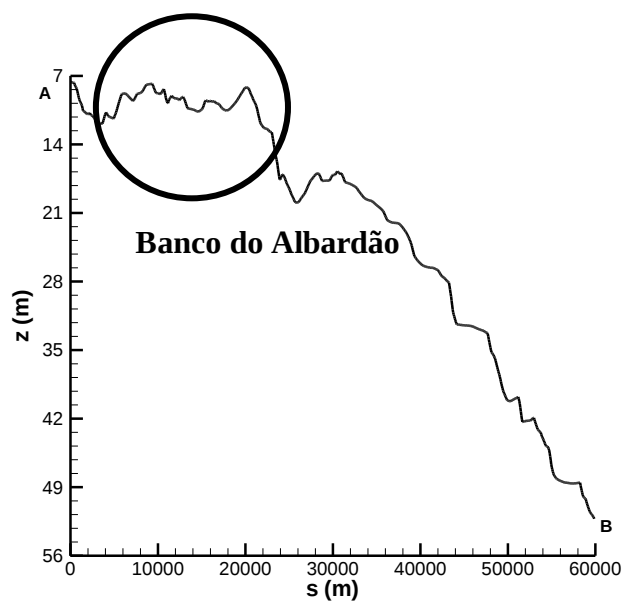


Figura 2.6 - Corte AB representado na Figura 2.5.

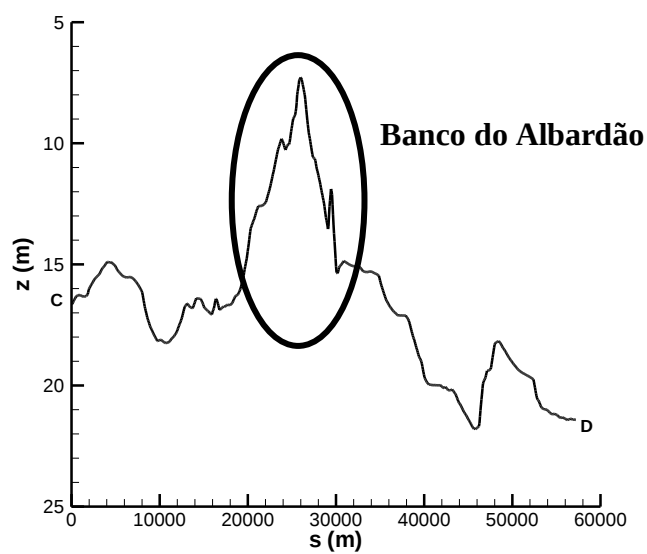


Figura 2.7 - Corte CD perpendicular ao corte AB (ver Figura 2.5).

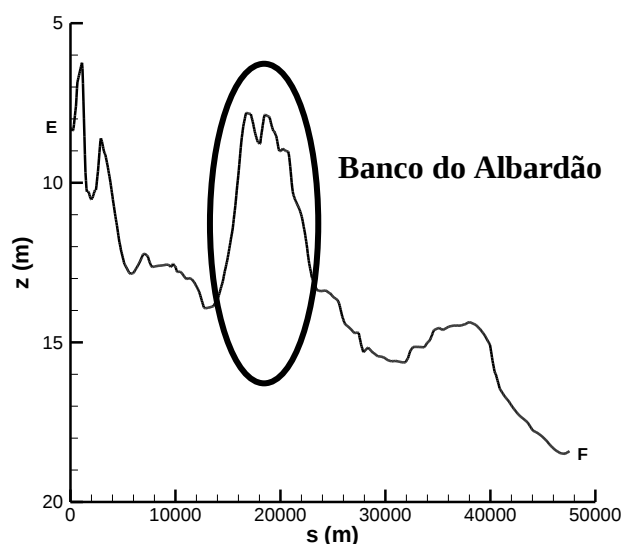


Figura 2.8 - Corte EF perpendicular ao corte AB (ver Figura 2.5).

- b) O “Poço do Albardão” está localizado entre as batimétricas de 50m e 70m a aproximadamente 75km da costa e tem cerca de 30km de largura e 120km de extensão (Fig. 2.3 e 2.4). A Figura 2.9 apresenta alguns cortes que caracterizam com mais detalhes este poço. O corte AD, aproximadamente paralelo a costa (Fig. 2.10), mostra o Poço do Albardão entre os pontos CD a uma profundidade média em torno de 65m. Ao lado, existe o Banco Hermenegildo-Chuí, descrito a seguir. Os cortes GH, IJ e LM são aproximadamente perpendiculares a costa, mostram com mais clareza as feições do Poço do Albardão. Nota-se que a profundidade chega a variar de 40m para em torno de 85m no corte IJ.

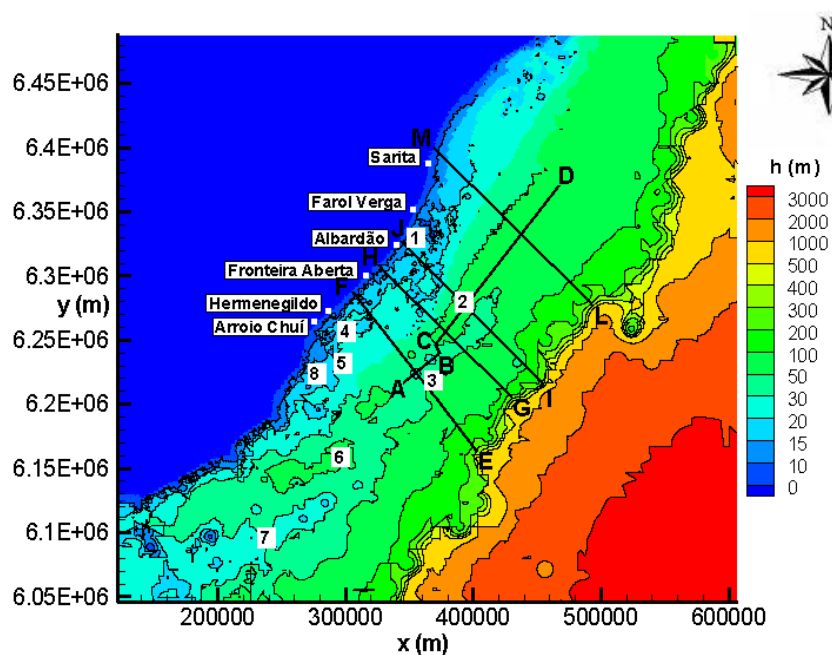


Figura 2.9 - Cortes na região do Poço do Albardão (2) e do Banco Hermenegildo-Chuí (3).

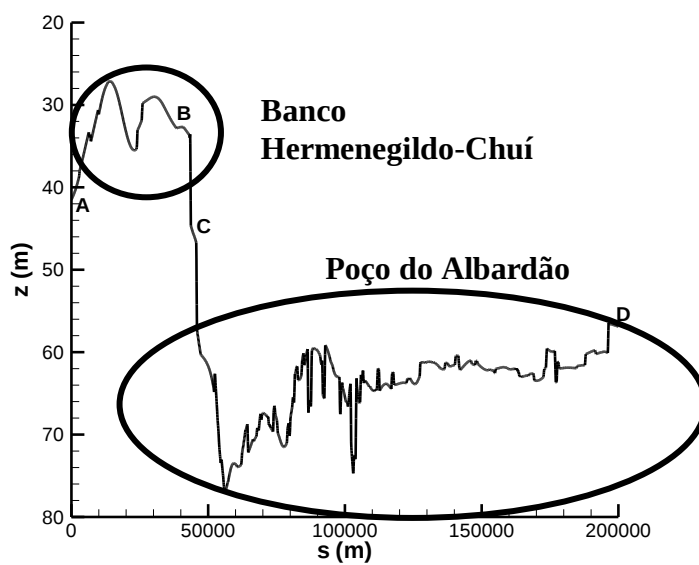


Figura 2.10 - Corte AD que passa pelo Poço do Albardão e pelo Banco Hermenegildo-Chuí.

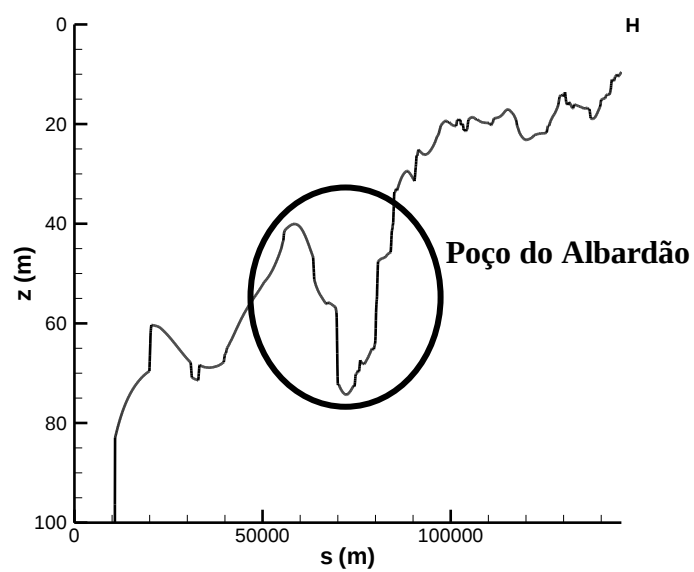


Figura 2.11 - Corte GH representado na Figura 2.9.

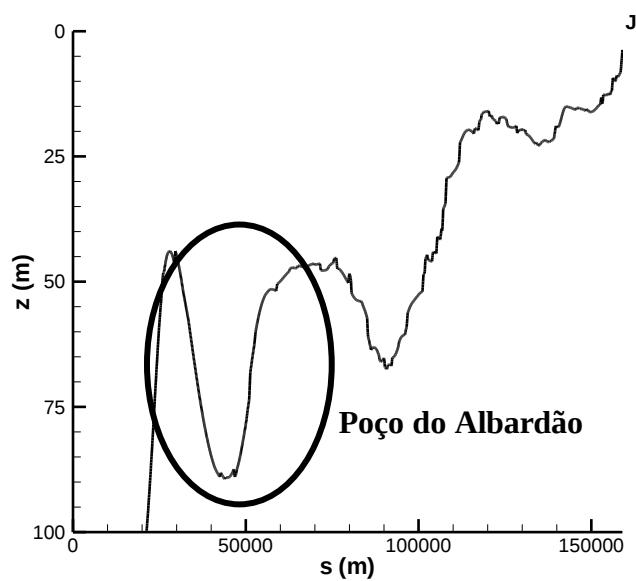


Figura 2.12 – Corte IJ perpendicular ao AD (ver Figura 2.9).

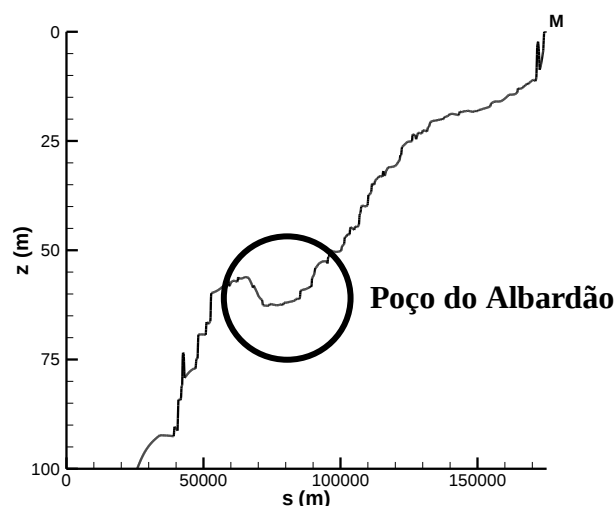


Figura 2.13 - Corte LM perpendicular ao AD (ver Figura 2.9).

- c) O “Banco Hermenegildo-Chuí” encontra-se afastado da costa, a cerca de 100km ao largo do Hermenegildo Chuí entre as batimétricas de 20m e 30m com uma extensão de 25km e largura de 15km aproximadamente (Fig. 2.3 e 2.4). Os cortes AD e EF, mostrados na Figura 2.9, permite uma visualização mais detalhada do banco. A Figura 2.10 mostra o corte AD que passa pelo Banco e pelo Poço do Albardão. Este corte mostra a grande variação de profundidade entre as extremidades do poço e do banco, em torno de 45m (de 30m para 75m). O corte EF (Fig.2.14) mostra a protuberância que caracteriza o banco e logo a frente, em direção à costa, tem-se um poço.

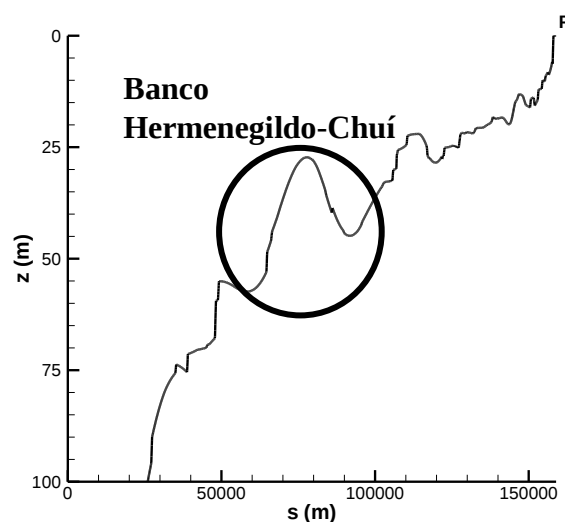


Figura 2.14 - Corte EF perpendicular ao AD (ver Figura 2.9).

- d) O “Banco Hermenegildo Interno” está localizado próximo à costa do Balneário do Hermenegildo, a cerca de 2km da linha da praia. Situa-se entre as batimétricas de 5 e 10 metros e com dimensões de aproximadamente 10km de extensão por 5km de largura (Fig. 2.15 e 2.16). A Figura 2.17 mostra a posição dos cortes representados nas Figuras 2.18 a 2.21. O corte da Figura 2.18, ao longo do comprimento do banco, mostra a sua extensão. As Figuras 2.19 a 2.21 mostram os cortes CD, EF e GH, respectivamente. Neles, é possível ver a largura do banco ao longo de seu comprimento.

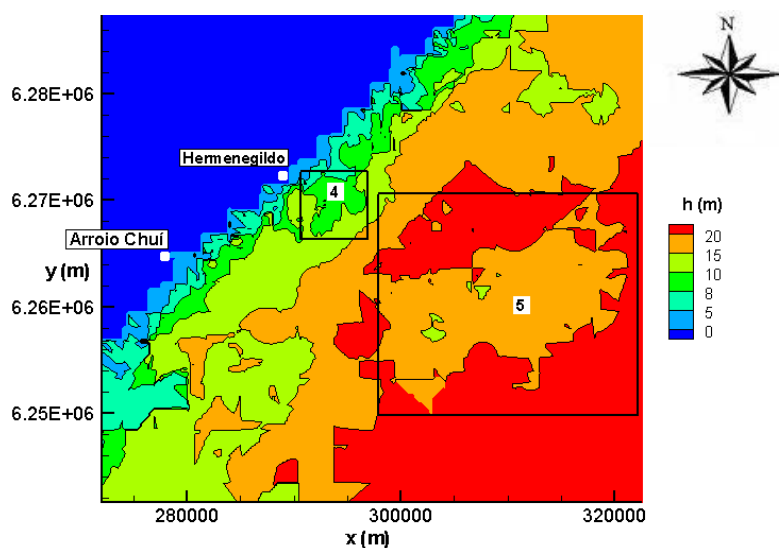


Figura 2.15 - Detalhes do Banco Hermenegildo Interno (4) e do Hermenegildo Externo (5).

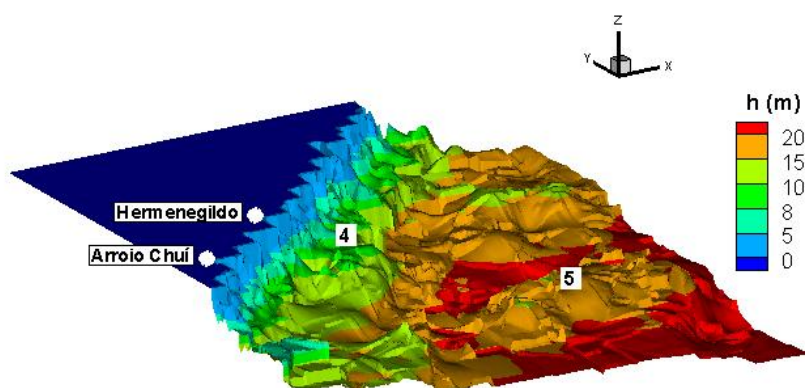


Figura 2.16 - Detalhes do Banco Hermenegildo Interno (4) e do Hermenegildo Externo (5) em 3D.

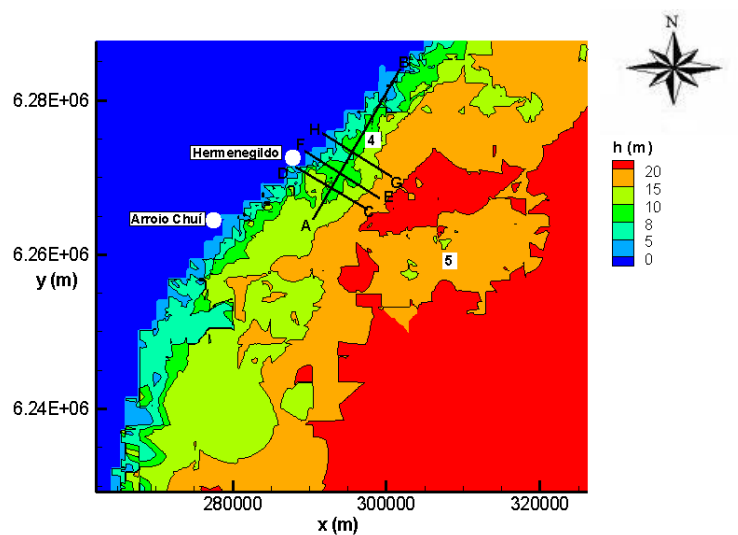


Figura 2.17 – Cortes na região do Banco Hermenegildo Interno (4).

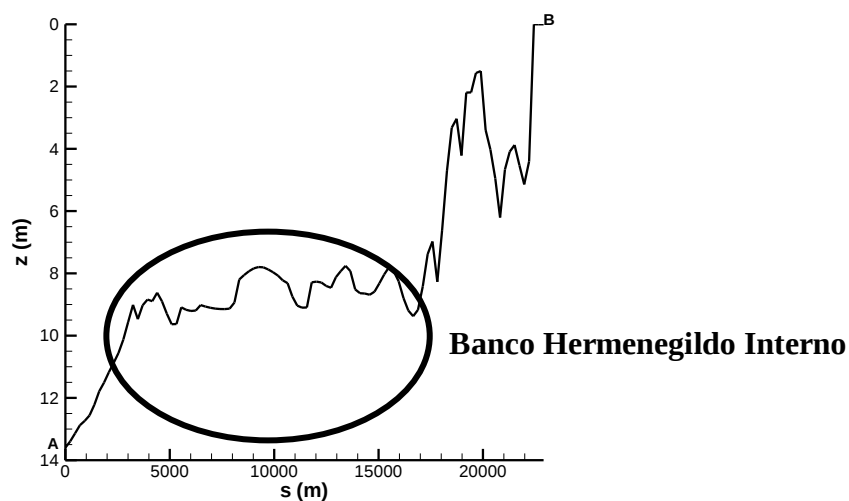


Figura 2.18 - Corte AB representado na Figura 2.17.

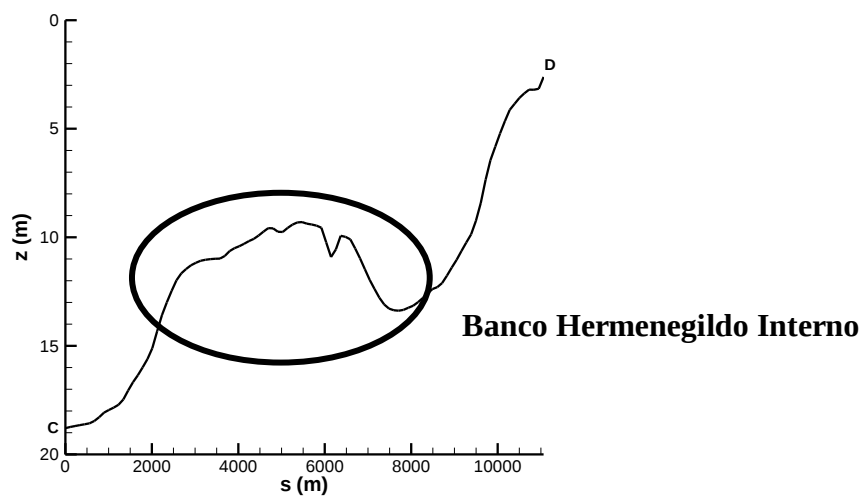


Figura 2.19 - Corte CD perpendicular ao AB (ver Figura 2.17).

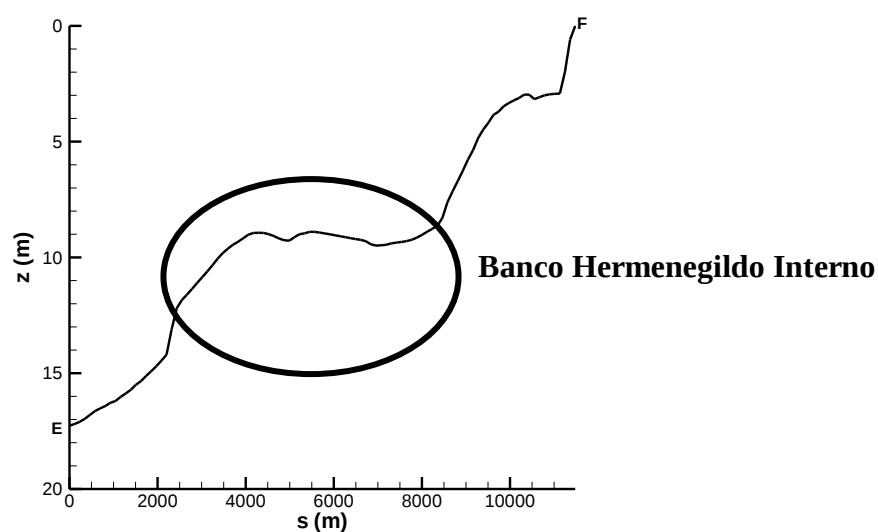


Figura 2.20 - Corte EF perpendicular ao AB (ver Figura 2.17).

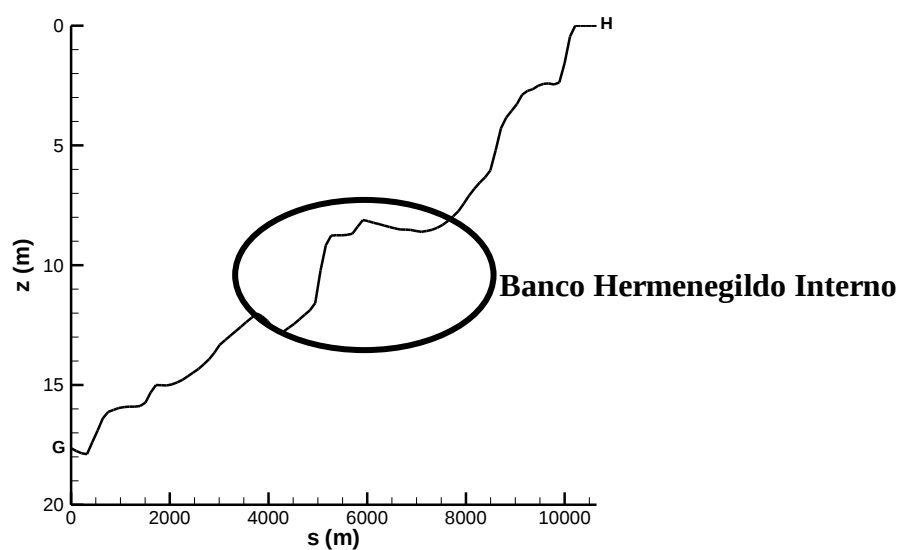


Figura 2.21 - Corte GH perpendicular ao AB (ver Figura 2.17).

- e) O “Banco Hermenegildo Externo” é um banco também próximo à costa, localizado aproximadamente a 20km ao largo do Balneário do Hermenegildo e possui cerca de 30km de extensão e 10km de largura, situado entre as batimétricas de 15 e 20 metros (Fig. 2.15 e 2.16). A Figura 2.22 mostra a posição dos cortes na região do banco. Os cortes AB, ao longo do seu comprimento, CD, EF e GF, são mostrados nas Figuras 2.23 à 2.26, respectivamente.

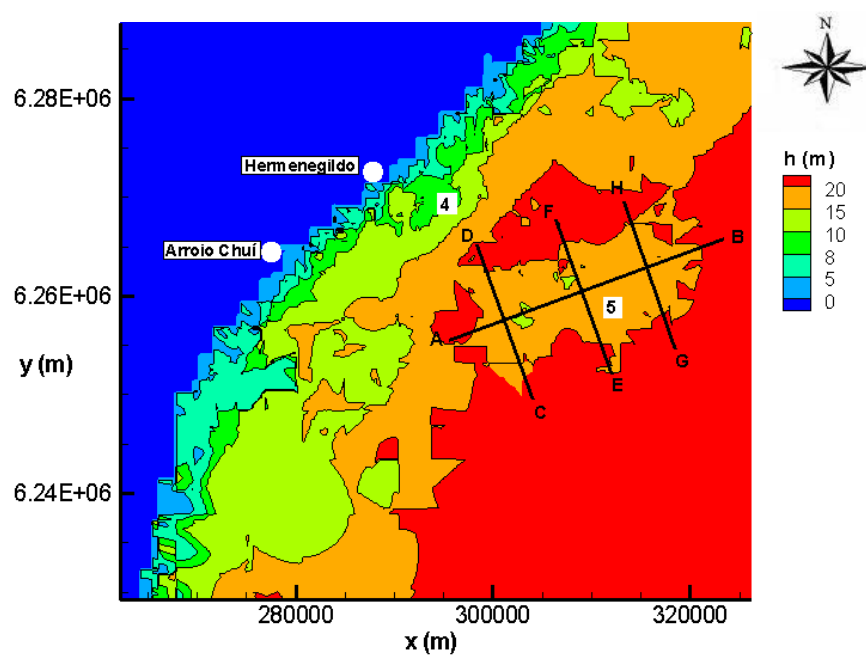


Figura 2.22 - Cortes na região do Banco Hermenegildo Externo (5).

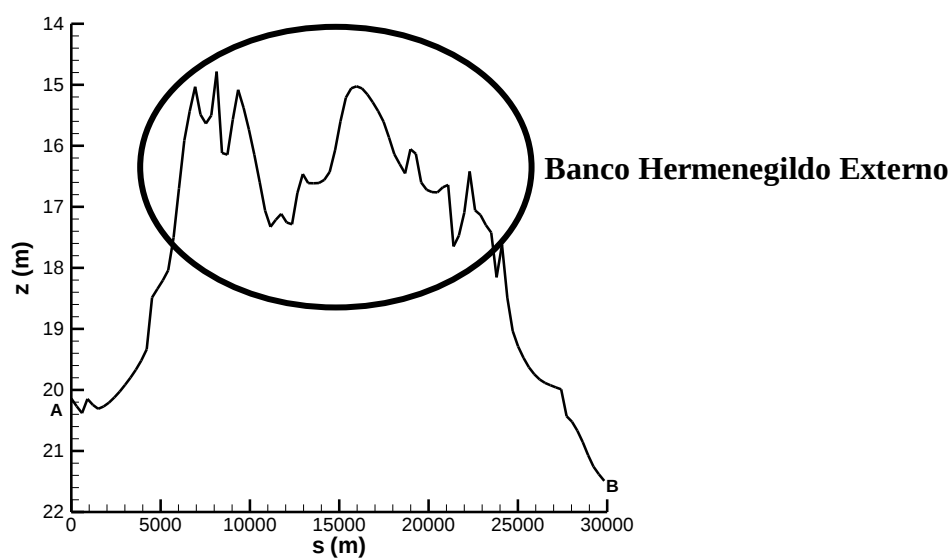


Figura 2.23 - Corte AB representado na Figura 2.22.

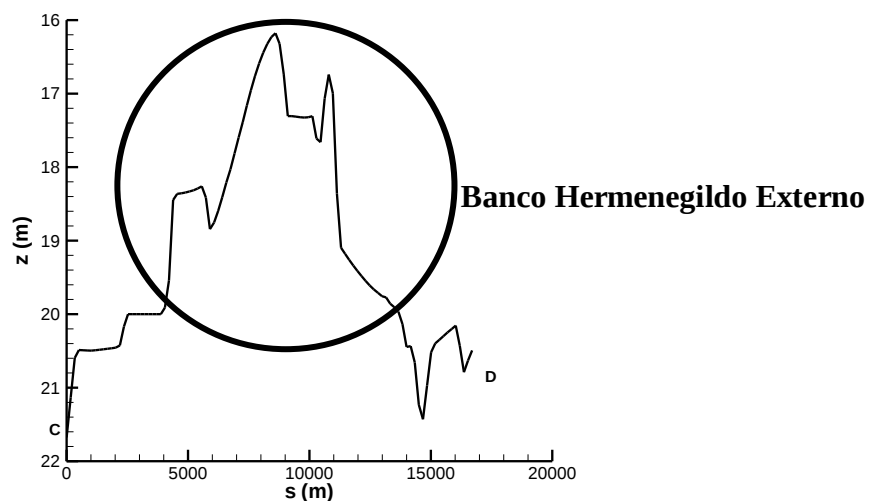


Figura 2.24 - Corte CD perpendicular ao corte AB (ver Figura 2.22).

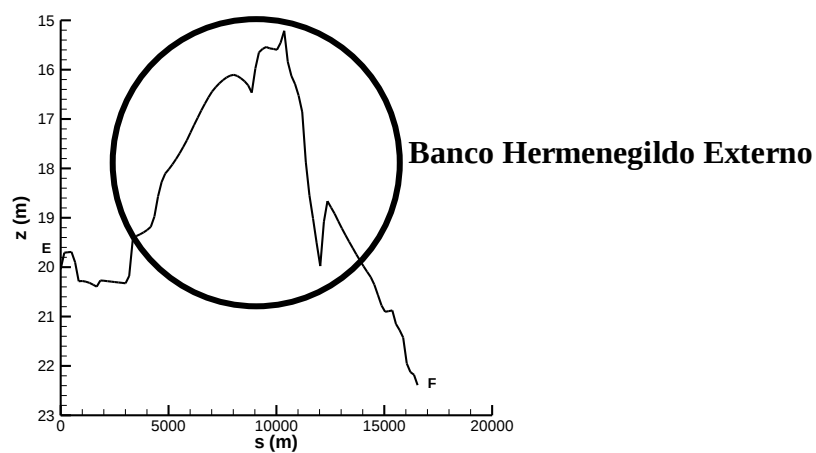


Figura 2.25 - Corte EF perpendicular ao corte AB (ver Figura 2.22).

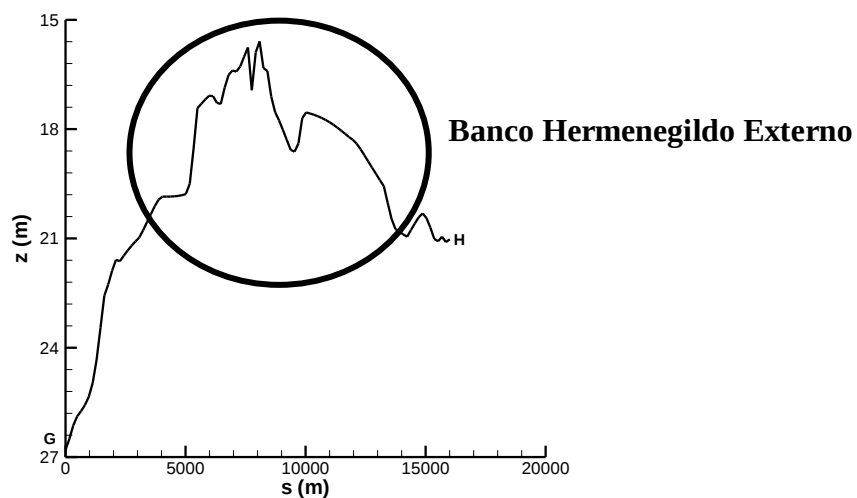


Figura 2.26 - Corte G_H perpendicular ao corte longitudinal A_B (ver Figura 2.22).

- f) O “Poço entre as batimétricas de 40m e 50m” está localizado à 80km da costa ao sul do Arroio Chuí. A sua importância para a refração que existe na região de estudo foi identificada ao longo deste estudo.

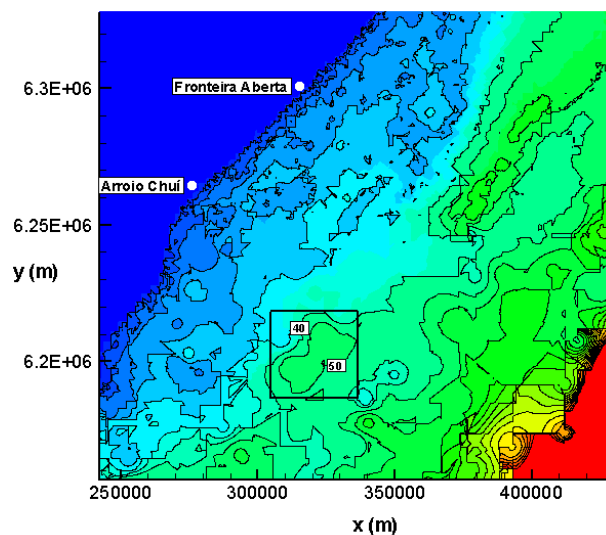


Figura 2.27 – Poço localizado entre as batimétricas de 40m e 50m.

- g) O “Poço na batimétrica de 20m” está localizado entre as regiões de Fronteira Aberta e Albardão à 40km da costa. Sua influência sobre a transformação das ondas na região foi percebida ao longo deste estudo.

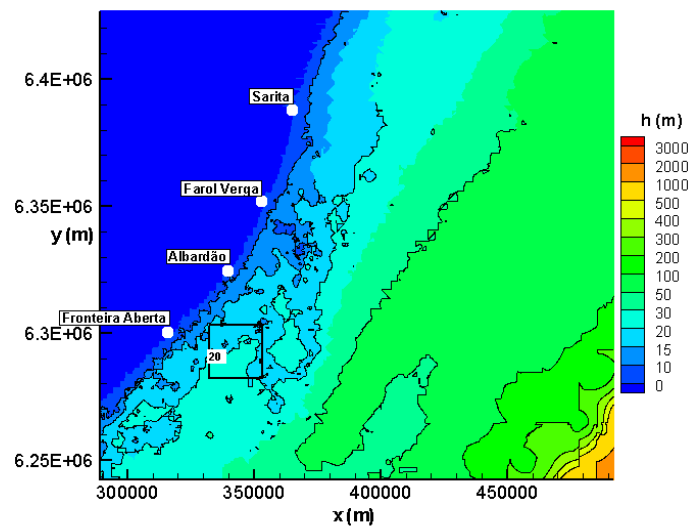


Figura 2.28 – Poço localizado na batimétrica de 20m.

3. METODOLOGIA

A modelagem numérica da propagação das ondas na região entre Arroio Chuí e Sarita, na costa do RS, passa pelas três fases existentes em qualquer simulação numérica, a de pré-processamento, a de processamento e a de pós-processamento (Fig. 3.1). A fase de pré-processamento tem início pelo processo de digitalização de cartas náuticas (Fig. 3.3), obtendo-se, então, um arquivo contendo a batimetria da região em pontos referenciados no sistema de coordenadas geográficas. Para o presente trabalho, usa-se o arquivo digitalizado por Pimenta (1999). No software SPRING (2002), gera-se uma grade retangular xy baseada no sistema de projeção UTM (do inglês Universal Transverse Mercator), a partir do arquivo resultante da digitalização. É necessário, para tal fim, informações das longitudes e latitudes limites da região em estudo, da escala da carta e do elipsóide de referência adotado. Deve-se, também, escolher o método de interpolação mais adequado e o espaçamento (dx , dy) da grade gerada, permitindo, assim, a reprodução da topografia de fundo, de forma mais fiel possível com a realidade. Observa-se que o tamanho desse espaçamento é inversamente proporcional ao tempo de processamento e intimamente relacionado à capacidade do hardware utilizado para tal fim. Torna-se imprescindível o equilíbrio entre esses fatores, sob pena de dificultar, ou até mesmo impossibilitar a solução numérica do domínio em estudo. O programa SPRING-REFDIF (Szewczyk, 2004; da Silva, 2008), gera uma nova grade retangular a ser utilizada pelo REFDIF_S a partir da grade obtida do SPRING.

A fase de processamento é executada através do programa REFDIF_S (Kirby e Ozkan, 1994) e, já na fase de pós-processamento, o programa REFDIF_TEC tem a tarefa de adequar os arquivos de saída do REFDIF_S para um arquivo que contenha os resultados da simulação. A visualização da distribuição da altura de onda, batimétricas, alturas significativas ao longo das batimétricas e alturas ao longo de perfis transversais à costa são realizadas através do aplicativo TECPLOT (1998), completando a fase de pós-processamento.

A grade utilizada pelo REFDIF_S está referenciada ao sistema de coordenadas x_r, y_r . Esse sistema é obtido pela rotação e translação dos eixos xy (x apontado para o leste e y para o norte na grade do SPRING). A rotação permite que o eixo x_r tenha a direção aproximada ou igual àquela predominante de propagação da onda. O novo espaçamento dx_r , dy_r , utilizado para a nova grade, não apresenta vínculo com o espaçamento adotado pela grade gerada pelo SPRING, que foi escolhido de acordo com a topografia do fundo.

Os dados batimétricos de cada ponto da nova grade são obtidos pelo processo de interpolação dos valores da grade do SPRING. Essa etapa é realizada pelo programa SPRING-REFDIF (Szewczyk, 2004) e tem por início a transformação das coordenadas dos pontos da grade do REFDIF_S, que estão referenciadas no sistema $x_r y_r$, em coordenadas do sistema xy (Fig. 3.2).

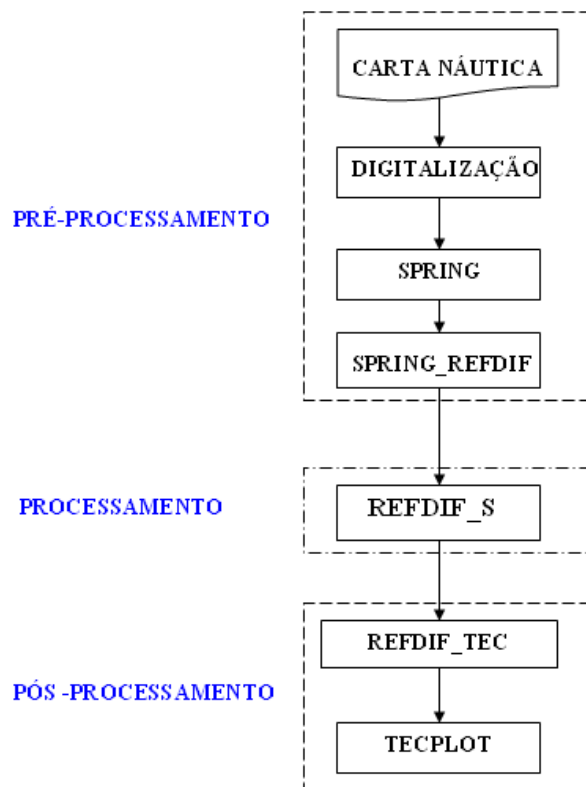


Figura 3.1 - Etapas da simulação numérica utilizadas neste trabalho.

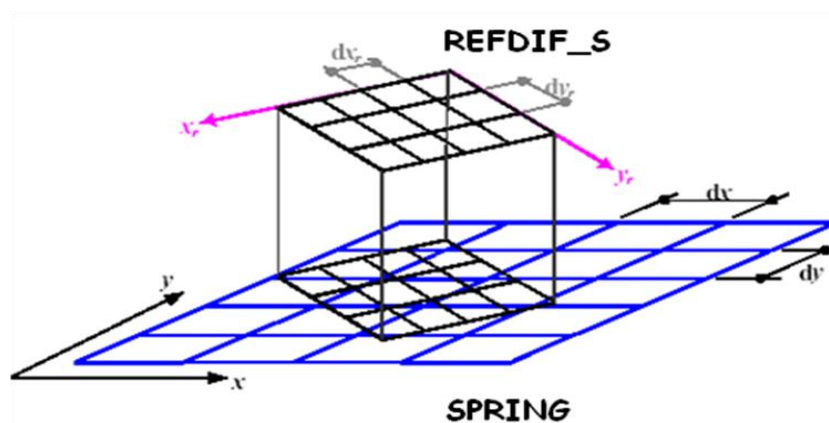


Figura 3.2 - Orientação dos sistemas coordenados dos programas REFDIF_S e SPRING e interpolação entre as grades do REFDIF_S e SPRING (Szewczyk, 2004).

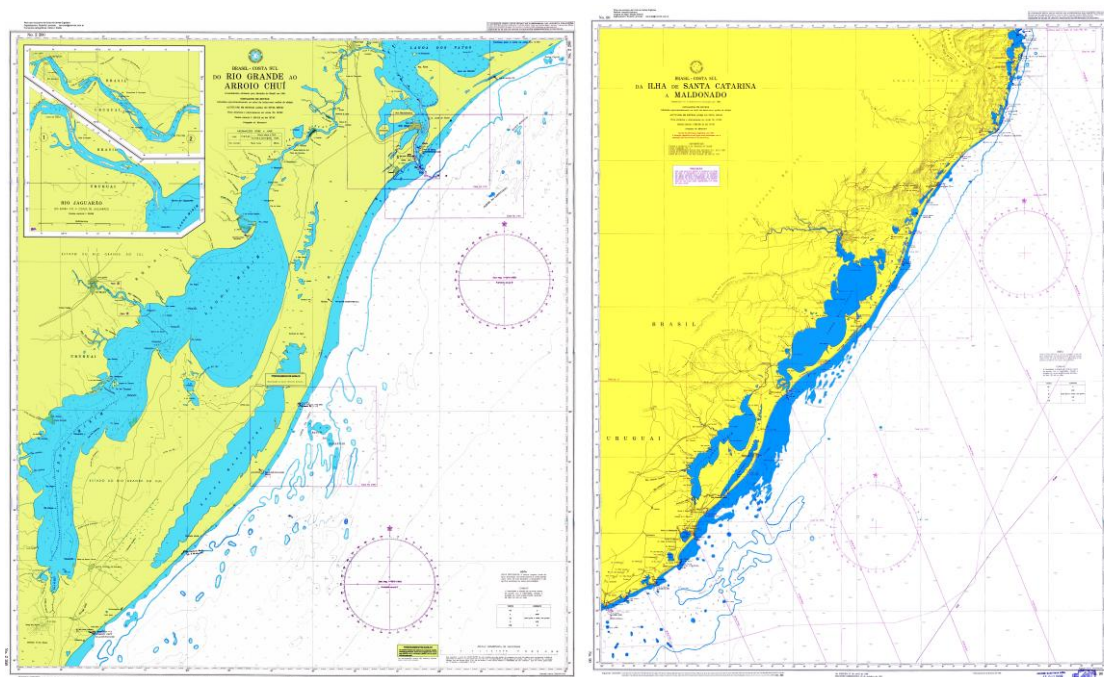


Figura 3.3 - Cartas náuticas, B 2200 e B 90.

3.1 O PROGRAMA SPRING

O software SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas) é um banco de dados geográfico de 2ª geração, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/DPI – Divisão de Processamento de Imagens). O SPRING é um Sistema de Informações Georeferenciadas – SIG - no “estado de arte”, que pode operar em ambientes UNIX e Windows. É dotado com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais. Desenvolvido com o uso de técnicas avançadas de programação, o SPRING combina interface altamente interativa, usando o “X Windows System” e padrão de apresentação OSF/MOTIF.

Como suas principais características, salientam-se: suporta grande volume de informações, sem limitações de escala, projeção ou fuso, mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo o banco; administra tanto dados vetoriais quanto matriciais; uso de algoritmos para indexação espacial; segmentação de imagens e geração de grades retangulares e triangulares (SPRING, 2002).

Para a utilização do SPRING, faz-se necessário o domínio dos seguintes conceitos: banco de dados, projeto, modelo de dados e plano de informação. Todas as informações no

SPRING são organizadas em bancos de dados que são armazenadas em um diretório com o mesmo nome dado ao banco. Neste banco, as informações gráficas são agrupadas por área geográfica, constituindo projetos.

Para inserir qualquer dado no SPRING é necessário criar/definir o Modelo de Dados do Banco de Dados ativo, pois cada mapa deverá pertencer a uma Categoria. Para grades retangulares, o modelo de dados deve ser o Numérico. É necessário escolher, também, o tipo de projeção cartográfica. O SPRING disponibiliza vários tipos de modelos e projeções cartográficas. Dentre as oferecidas, escolheu-se a projeção UTM por ser a mais indicada no mapeamento básico em escalas médias e grandes, além de preservar ângulos. Apresenta os paralelos como retas horizontais e os meridianos como retas verticais. Há alteração de áreas, mas as distorções não ultrapassam 0,5%.

Um conjunto de objetos que tem características básicas em comum forma um plano de informação (PI). Em um projeto, cada PI está associado a uma categoria e conseqüentemente, refere-se a um único modelo de dados. Por exemplo, um PI de categoria numérica pode ter como representações: amostras (pontos ou linhas), grade regular ou quadrangular, grade triangular (TIN, do inglês Triangular Irregular Network) ou isolinhas. A categoria do modelo numérico de terreno, MNT, refere-se a dados que possuem variação contínua de seus valores numéricos em função de sua posição na superfície. No SPRING, um MNT é criado na forma de uma grade de pontos retangular (regular) ou triangular (irregular).

Neste trabalho, o SPRING é usado para a construção de uma grade retangular, contendo os dados batimétricos da região interpolado de dados amostrados utilizando a técnica da média ponderada cota quadrante. A grade, que possui uma resolução de 200m x 200m, é gerada pelo programa SPRING. Esse programa também é responsável pela conversão das coordenadas geográficas em UTM, adotando-se, para isso, o elipsóide SAD69.

3.2 O PROGRAMA REFDIF_S

O modelo REFDIF_S permite o estudo da propagação e deformação de ondas irregulares, tanto em direção quanto em frequência, em zonas de profundidade variável. O modelo é baseado na equação de declive suave (EDS), que foi desenvolvida por Berkhoff (1972) na sua forma parabólica, e governa o problema da propagação de ondas superficiais de gravidade de pequena amplitude sobre um fundo com inclinação suave e inclui os efeitos da

difração, refração, dissipação e empolamento. Segundo essa equação, as ondas se comportam localmente como se sua propagação fosse sobre um fundo horizontal. Isto é possível desde que a variação do fundo ocorra em distâncias que são longas em comparação com o comprimento da onda.

O modelo REFDIF_S usa o método das diferenças finitas para a discretização da equação parabólica de declive suave e o método implícito de Crank-Nicolson para o cálculo das amplitudes.

Admitindo um determinado espectro direcional incidente, o modelo: a) calcula as componentes espectrais em que se divide esse espectro pelo método equienergético; b) efetua a propagação de cada componente (onda monocromática) utilizando o modelo REFDIF de ondas regulares; c) efetua a sobreposição linear dos resultados de REFDIF correspondentes às várias componentes, obtendo-se a propagação de uma onda irregular. Com mais detalhe, este modelo é constituído pelos seguintes módulos:

- SPECGEN - Calcula as componentes espectrais (frequência e direção) em que se divide o espectro incidente e que correspondem às ondas monocromáticas a propagar, para as características definidas *a priori* da função de distribuição em direção e do espectro em frequência. Nesse trabalho utiliza-se o espectro de energia TMA (Hughes, 1984) e o espectro direcional de Borgman (1984).
- REFDIF_S - Efetua a propagação de cada componente espectral definida anteriormente no domínio em estudo e combina os resultados correspondentes às várias componentes.

Os dados a fornecer ao modelo REFDIF_S são as: a) características do espectro (período de pico, direção média, frequência máxima, altura de onda significativa à entrada do domínio de cálculo, nível de maré, profundidade de água na fronteira de entrada do domínio e os parâmetros γ e σ , que são o espalhamento espectral em frequência e o espalhamento espectral em direção, respectivamente) e o número desejado de componentes em frequência e direção (N_f e N_θ) em que se pretende dividir o espectro; b) as características da malha de diferenças finitas; c) a batimetria no domínio de cálculo. O modelo calcula a altura de onda significativa, H , e θ , a amplitude complexa, A , e a elevação da superfície, η , em cada ponto da malha de diferenças finitas.

O modelo REFDIF_S considera apenas a difração de ondas na direção transversal à direção de propagação de ondas e, por isso, não deve ser utilizado em zonas abrigadas por obstáculos. Outra limitação desse modelo é o fato de ser parabólico, o que o impede de ser

aplicado a zonas onde os efeitos da reflexão sejam importantes, pois a componente de onda refletida é desprezada. Além disso, como se trata de um modelo baseado no método da sobreposição linear, o REFDIF_S não permite transferências de energia entre componentes espectrais, nem a geração de componentes de baixa frequência.

Observa-se que o modelo REFDIF_S só pode ser aplicado a domínios discretizados por apenas uma malha de diferenças finitas. Este fato condiciona a sua utilização em zonas de grande extensão, que é o caso do presente estudo.

Em função das informações disponíveis das características das ondas que incidem sobre o trecho da costa de interesse desse trabalho, revisadas no Capítulo 1, foram estabelecidas as características das ondas simuladas. Considerou-se que a erosão sobre essa zona deve ser causada por ondas de energia representativa. Assim, as ondas vindas do quadrante leste-sul são as que preenchem esses requisitos nessa região. Portanto, realizaram-se ensaios para ondas vindas de sul (180°), sudeste-sul (157°), sudeste (135°), sudeste-leste (112°) e leste (90°). Também, quanto aos períodos de pico e alturas significativas de ondas que transportam uma quantidade de energia considerável para causar os efeitos de erosão na região, foram adotadas ondas com as seguintes características: (a) ondas com maior frequência de $T=10s$ e $H=2m$; (b) ondas de tempestade de ocorrência média anual de $T=12s$ e $H=4m$; (c) ondas extremas de $T=16s$ e $H=4.8m$.

Para definir o espectro angular e de frequência utilizou-se a pesquisa realizada por Barletta (2006). Nessa pesquisa, usaram-se os parâmetros $\gamma = 10$ no espectro de frequência e $\sigma = 5$ no de direção; o espectro de energia TMA (Hughes, 1984) e o espectro direcional de Borgman (1984) foram usados na fase de pré-processamento do REFDIF_S.

A Tabela 1 resume os dados de entrada para o REFDIF_S para cada onda descrita neste trabalho. O número de componentes em frequência (N_f) e direção (N_θ) é igual a 10 para todos os casos.

Tabela 3.1 – Dados de entrada para o REFDIF_S para cada onda descrita neste trabalho.

Ondas	mr	nr	fpeak	fmax	γ	Nf	σ	N θ	h_0	Grade REFDIF_S	dxr e dyr
T = 10s, H = 2m e $\theta = 90^\circ$	7722	7168	0.1	0.2	10	10	5	10	78	200°	25
T = 10s, H = 2m e $\theta = 112^\circ$	6934	7228	0.1	0.2	10	10	5	10	78	222°	25
T = 10s, H = 2m e $\theta = 135^\circ$	7005	7166	0.1	0.2	10	10	5	10	78	225°	25
T = 10s, H = 2m e $\theta = 157^\circ$	7253	7959	0.1	0.2	10	10	5	10	78	227°	25
T = 10s, H = 2m e $\theta = 180^\circ$	10684	6529	0.1	0.2	10	10	5	10	78	247°	25
T = 12s, H = 4m e $\theta = 90^\circ$	7612	6073	0.08333333	0.2	10	10	5	10	112,5	200°	30
T = 12s, H = 4m e $\theta = 112^\circ$	5819	6029	0.08333333	0.2	10	10	5	10	112,5	222°	30
T = 12s, H = 4m e $\theta = 135^\circ$	6472	6566	0.08333333	0.2	10	10	5	10	112,5	225°	30
T = 12s, H = 4m e $\theta = 157^\circ$	6851	6674	0.08333333	0.2	10	10	5	10	112,5	227°	30
T = 12s, H = 4m e $\theta = 180^\circ$	9450	5245	0.08333333	0.2	10	10	5	10	112,5	247°	30
T = 16s, H = 4,8m e $\theta = 90^\circ$	6447	4396	0.0625	0.2	10	10	5	10	200	200°	40
T = 16s, H = 4,8m e $\theta = 112^\circ$	4944	4571	0.0625	0.2	10	10	5	10	200	222°	40
T = 16s, H = 4,8m e $\theta = 135^\circ$	5578	4885	0.0625	0.2	10	10	5	10	200	225°	40
T = 16s, H = 4,8m e $\theta = 157^\circ$	5766	5022	0.0625	0.2	10	10	5	10	200	227°	40
T = 16s, H = 4,8m e $\theta = 180^\circ$	8035	5408	0.0625	0.2	10	10	5	10	200	247°	40

No REFDIF_S existem diferentes modelos de relações de dispersão disponíveis: o modelo linear, o modelo não linear de Stokes-Hedges e o modelo de Stokes. Pela sua validade em faixas maiores de profundidade e de altura de onda, foi usado nas simulações o modelo

híbrido não linear de Stokes-Hedges (Kirby, J. T. e Dalrymple, R. A., 1986, “An approximate model for nonlinear dispersion in monochromatic wave propagation models”, *Coast. Eng.*, 9, 545-56). Como condição de contorno nos contornos laterais do domínio, optou-se uma condição de contorno aberto ou de radiação (*open boundaries*), para minimizar os efeitos de reflexão.

O modelo REFDIF_S dispõe da inclusão de algumas formas de dissipação de energia, pela adição de um termo de dissipação na equação (Booij, 1981), expandido por Dalrymple et al. (1984). Assim, o modelo permite tratar as perdas por fricção no fundo devido a rugosidade, porosidade ou viscosidade e a filmes de superfície. Nas simulações deste trabalho, foi considerada uma camada limite turbulenta no fundo, cuja formulação da dissipação de energia correspondente é descrita em Dean e Dalrymple (1984).

A dissipação de energia devido a rebentação é contemplada no REFDIF_S pelo uso do modelo de rebentação de Thornton e Guza (1983).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Constam das seções 4.1 a 4.3, os resultados das simulações feitas, ilustradas por figuras, assim como as respectivas discussões a respeito da influência da batimetria na transformação da onda para períodos de pico de 10s, 12s e 16s, respectivamente, com as incidências médias de Sul, Sudeste-sul, Sudeste, Sudeste-leste e Leste. Para simplificar a redação a partir deste Capítulo, o período de pico e o ângulo de incidência médio serão denominados apenas de período e ângulo de incidência.

Em cada seção, as discussões também são realizadas mais detalhadamente para os trechos entre Arroio Chuí e Hermenegildo, entre Hermenegildo e Fronteira Aberta, entre Fronteira Aberta e Albardão, entre Albardão e Farol Verga e entre os Faróis Verga e Sarita.

Para entender melhor a influência dos acidentes do fundo na propagação das ondas, nas seções 4.4 e 4.5 apresentam-se simulações para uma onda de $T=12s$ e direção sudeste eliminando a presença do Poço do Albardão e do Banco do Hermenegildo-Chuí.

4.1 PERÍODO DE 10s E ALTURA SIGNIFICATIVA DE 2m.

As Figuras 4.1 a 4.5 mostram as distribuições de alturas significativas no domínio e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° .

Ao longo da propagação das ondas em direção à costa, os primeiros acidentes topográficos causadores de transformações são, fundamentalmente, o Banco do Hermenegildo-Chuí (20 a 30m de profundidade) que tem logo a sua frente um poço importante nas transformações de ondas que ocorrem nessa região, o poço localizado entre as batimétricas de 40m e 50m (ao sul deste) e o Poço do Albardão (50m a 70m de profundidade). O Banco Hermenegildo-Chuí provoca picos de convergência e de divergência na direção frontal do Hermenegildo em todas as direções de onda. Com exceção da onda com incidência de 180° , observou-se a influência do Poço entre as batimétricas de 40m e 50m, o qual provoca convergências e divergências próximas às causadas pelo Banco Hermenegildo-Chuí e, portanto, em direção ao trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo. Na direção desta região, ao

longo da batimétrica de 30m, percebe-se uma maior energia de onda chegando à costa para as incidências de 157°, 135° e 112°. Com exceção para as ondas de 180°, observou-se a forte influência das irregularidades do poço do Albardão na transformação das ondas. Especificamente, o lado sul deste Poço causa convergências nas ondas, que se soma à influência do Banco Hermenegildo-Chuí. A onda vinda de 90° tem uma intensidade menor em torno da batimétrica de 30m, devido à refração mais acentuada. Observa-se, neste caso, uma leve divergência de Sarita para o Hermenegildo. Ressalta-se que a mudança de inclinação da costa a partir de Farol Verga influencia na refração citada.

Ao chegar próximo à costa, os Bancos de Hermenegildo Interno e Externo e do Albardão passam a influenciar na transformação das ondas. O primeiro está localizado em frente ao Hermenegildo a profundidades de 5m a 10m, o segundo está em frente do Arroio Chuí a uma profundidade entre 15m e 20m, enquanto que o terceiro está entre o Albardão e Farol Verga a 5m a 20m de profundidade.

O Banco de Hermenegildo Interno provoca convergência na região próxima ao Hermenegildo em todas as direções de onda, com maior intensidade para as direções de 157° e 135°. O Banco Hermenegildo Externo causa convergência na região entre o Arroio Chuí e Hermenegildo. Para a incidência 112°, as alturas de ondas são menores, enquanto que, para a incidência de 180°, esta convergência está deslocada mais ao norte da região do Hermenegildo e para a incidência de 90° esta convergência ocorre em menor escala e mais espraçada.

O Banco do Albardão influencia na transformação das ondas de direções de 157° até 90°, causando convergências e divergências próximas ao Farol Verga.

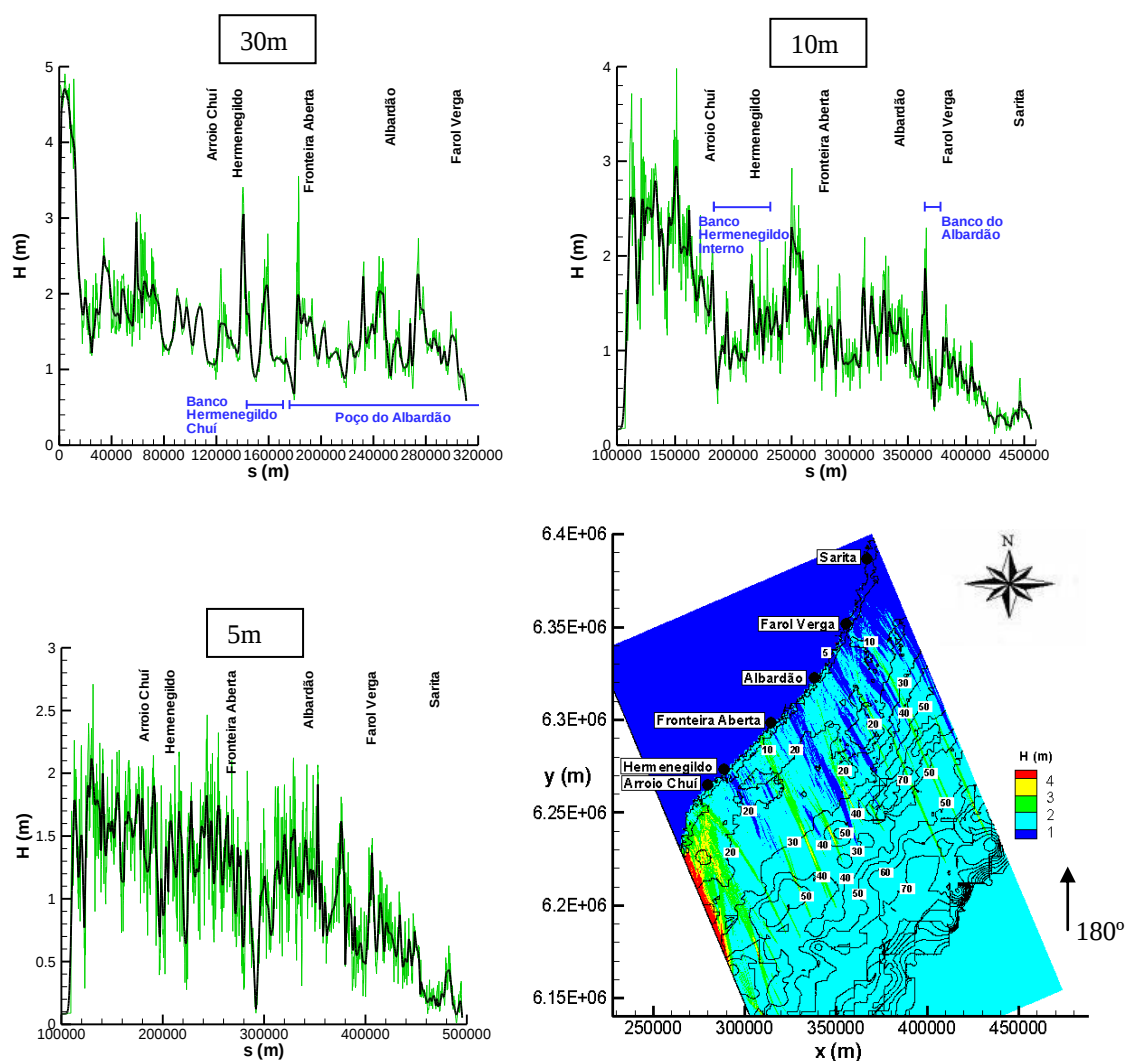


Figura 4.1 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$.

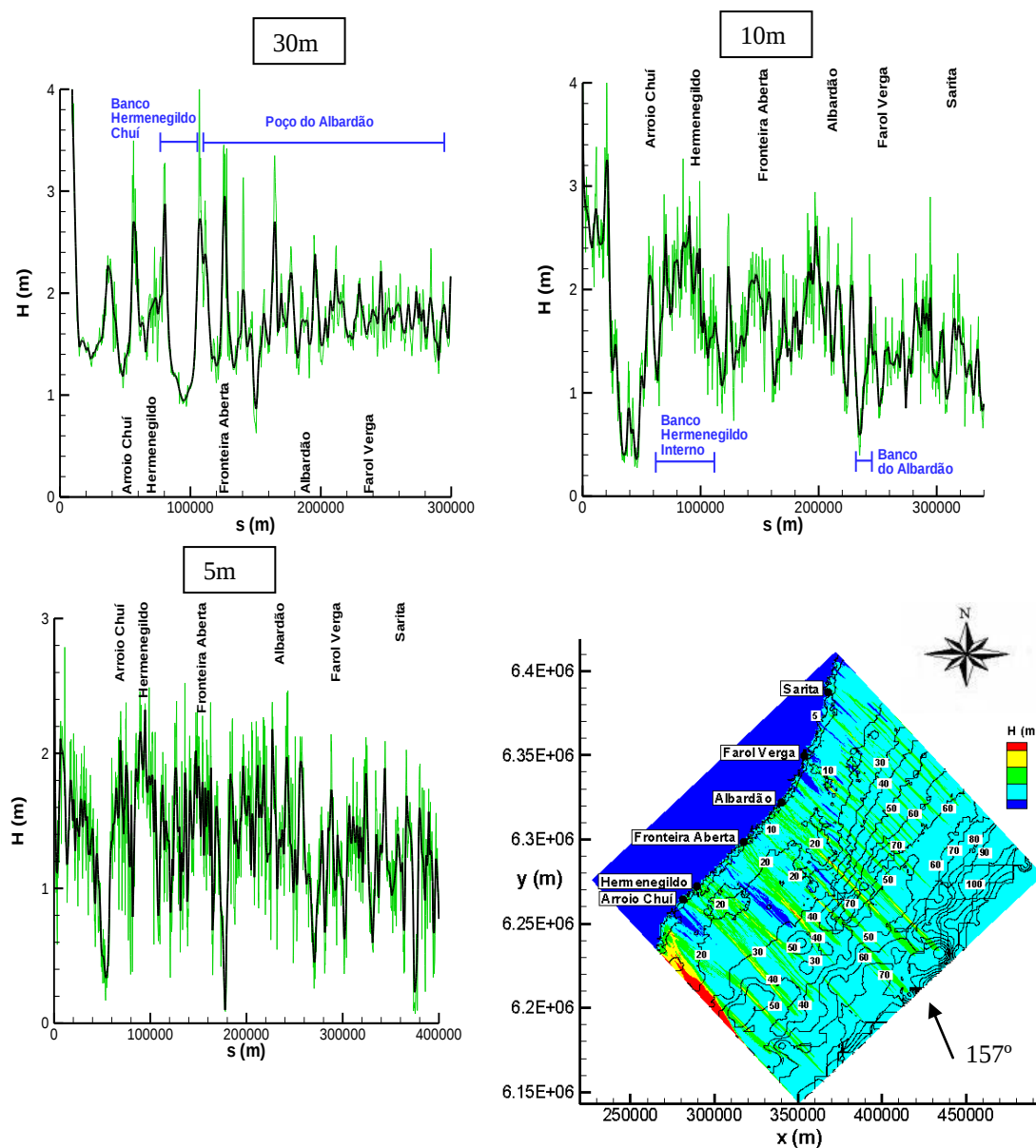


Figura 4.2 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$.

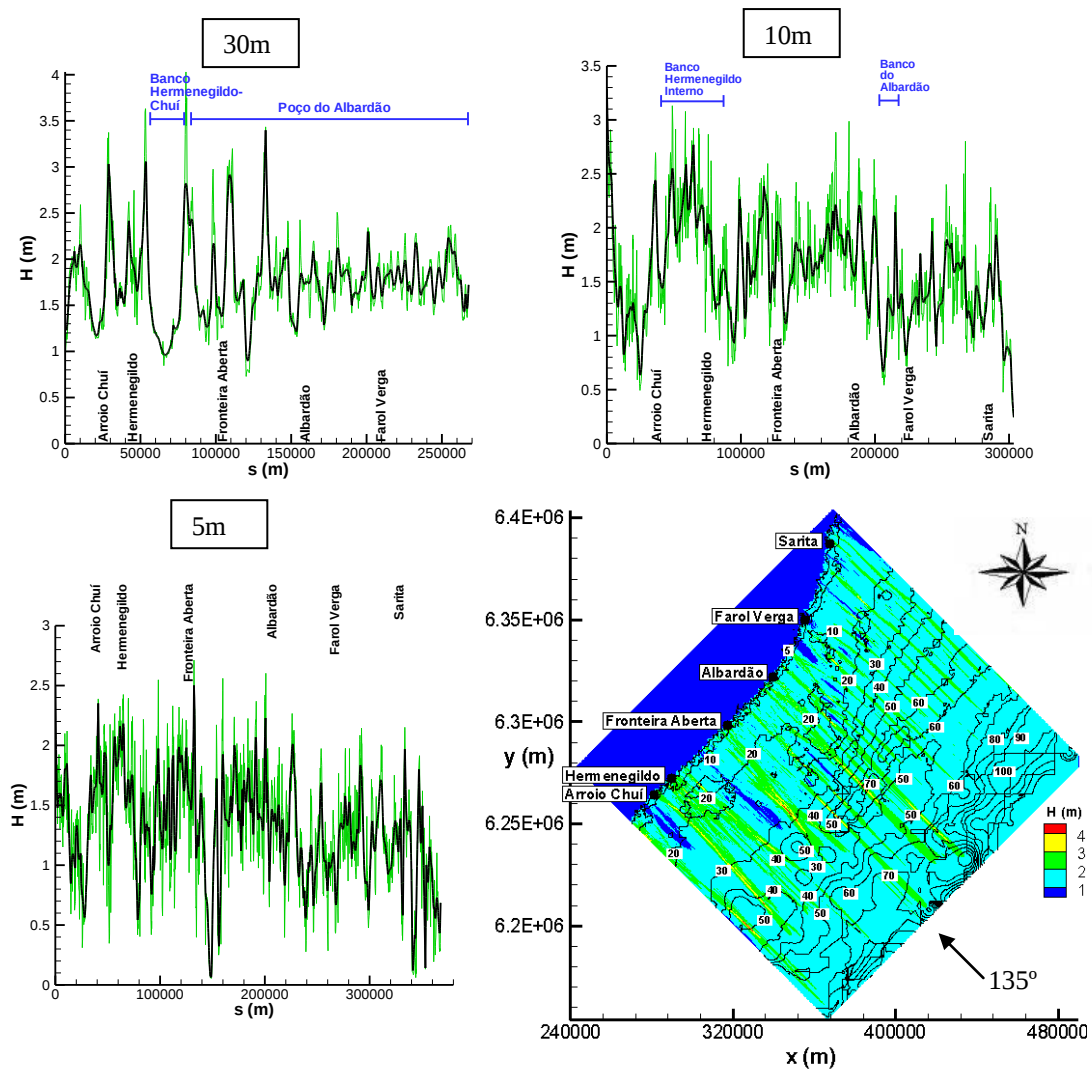


Figura 4.3 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$.

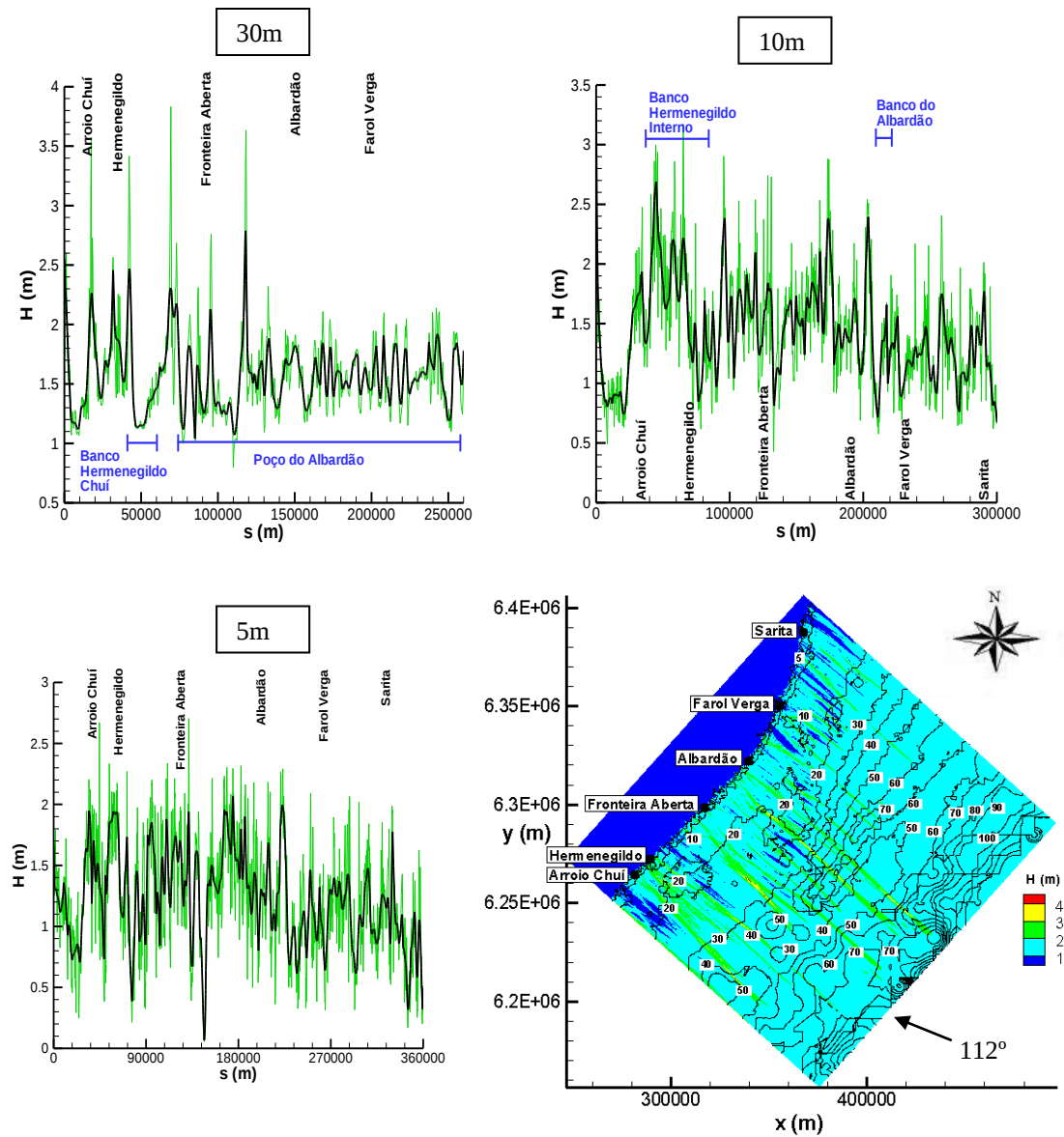


Figura 4.4 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$.

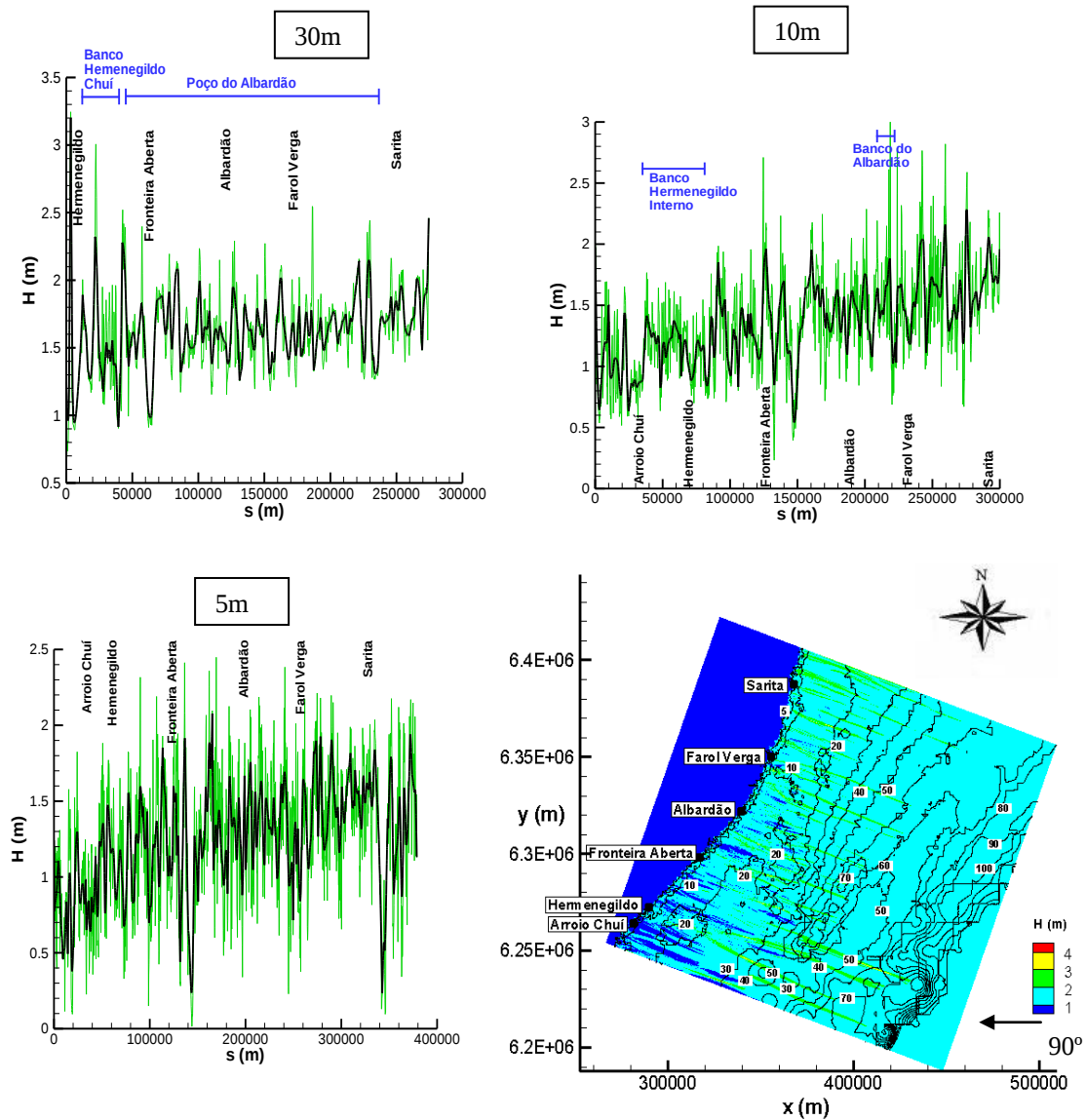


Figura 4.5 Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$.

4.1.1 Trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo

As Figuras 4.6 a 4.10 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Arroio Chuí a Hermenegildo e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° .

As transformações das ondas neste trecho são influenciadas, principalmente, pelo poço entre as batimétricas 40m e 50m, Banco do Hermenegildo Interno, Banco do Hermenegildo-Chuí e pelo poço do Albardão. Cada acidente topográfico tem a sua importância conforme o ângulo de incidência das ondas.

Para a onda de incidência de 180° , percebe-se no detalhe da distribuição das alturas das ondas, que entre essas duas regiões ocorre uma divergência que vem ocorrendo desde a batimétrica de 30m com forte influência do poço localizado entre as batimétricas de 40m e 50m. Na batimétrica de 10m observa-se que o Banco do Hermenegildo Interno acentua a divergência que chega às proximidades do Hermenegildo. Já mais próximo à costa, na batimétrica de 5m, encontra-se alturas de onda entre 0,5m e 2m.

Para as ondas de incidência de 157° e 135° , o poço entre as batimétricas de 40m e 50m e o Banco do Hermenegildo-Chuí causam convergência em praticamente todo o trecho. Na batimétrica de 30m, localizada entre estes acidentes topográficos e a linha da costa, observa-se convergências na direção do Arroio Chuí e do Hermenegildo (ambas com alturas próximas a 3m e com mais de 5km de extensão), seguido de divergências adjacentes ao sul do Arroio Chuí e próximo ao Banco Hermenegildo-Chuí (ambas com extensão e altura de aproximadamente 20km e 1m, respectivamente). Na batimétrica de 10m ocorre um empolamento de 40km a 50km de extensão com alturas próximas a 3m, acentuada pela influência do Banco Hermenegildo Interno. Já na batimétrica de 5m, percebe-se uma altura de onda entre 0,5m e 2,5m, com ondas de alturas 2,5m na frente das regiões do Arroio Chuí e Hermenegildo.

Para onda de incidência de 112° , o poço entre as batimétricas de 40m e 50m provoca uma forte divergência ao sul do Arroio Chuí, enquanto que o Banco do Hermenegildo-Chuí provoca divergência ao norte de Hermenegildo. Ambas as divergências acentuam a convergência que chega a costa entre as duas regiões. Na batimétrica de 30m, nota-se uma divergência a frente do Banco Hermenegildo-Chuí e observam-se ainda outras divergências com aproximadamente 1,5m de altura de onda entre essas duas regiões. Na batimétrica de 10m ocorre um forte empolamento de quase 50km de extensão com alturas próximas a 3m, acentuada pela influência do Banco Hermenegildo Interno. Já na batimétrica de 5m, percebe-se uma altura de onda está entre 0,5m e 2m, possivelmente causada pelas rebentações parciais que já estão presentes.

Para um ângulo de incidência de onda de 90° , observa-se novamente uma convergência no Hermenegildo, principalmente pelas presenças do Banco do Hermenegildo-Chuí e do lado sul do Poço do Albardão. Pode-se afirmar que essa influência não é maior por

causa da atenuação da onda devido à refração ao sul da região. Na batimétrica de 10m nota-se que há uma convergência a frente do Banco Hermenegildo-Chuí de 2m de altura de onda seguida de divergências com alturas próximas a 1m. Na batimétrica de 5m, observa-se que as alturas de onda estão entre 0,5m e 1,5m, possivelmente pelas rebentações parciais que já estão presentes. Nota-se ainda que nessa incidência não foi possível visualizar a batimétrica de 30m devido a inclinação da grade.

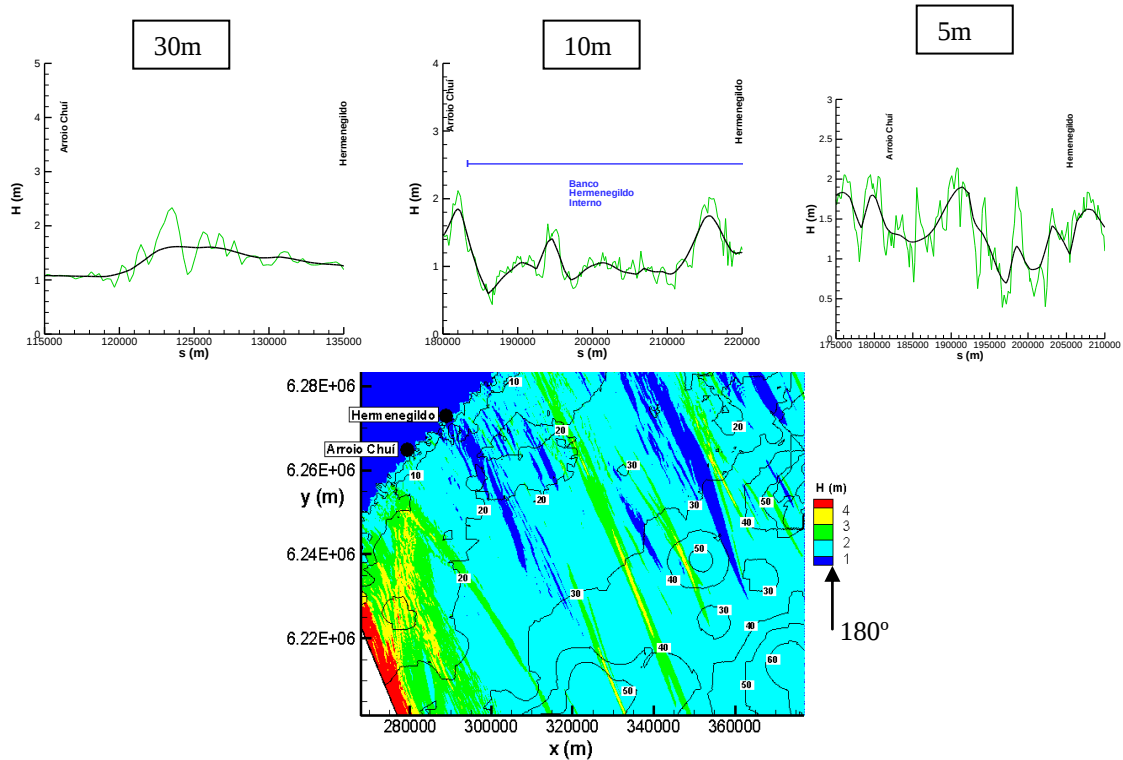
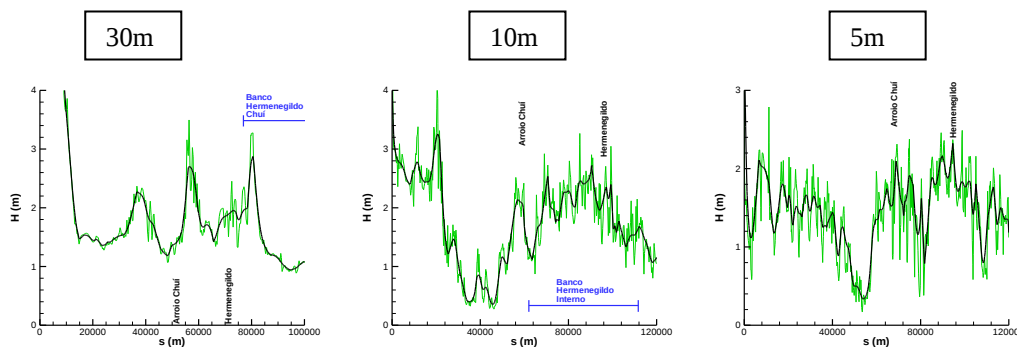


Figura 4.6 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$.



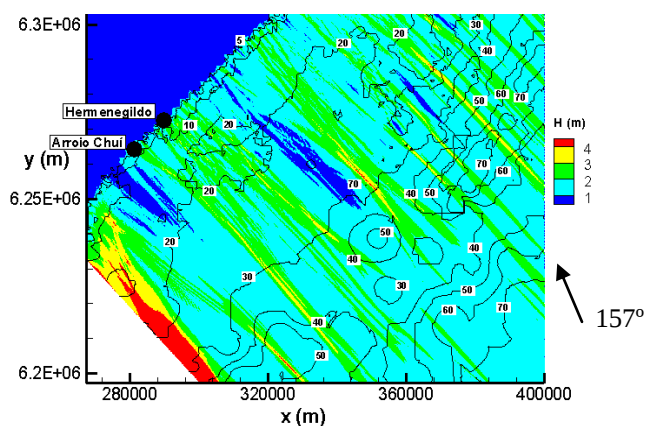


Figura 4.7 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$.

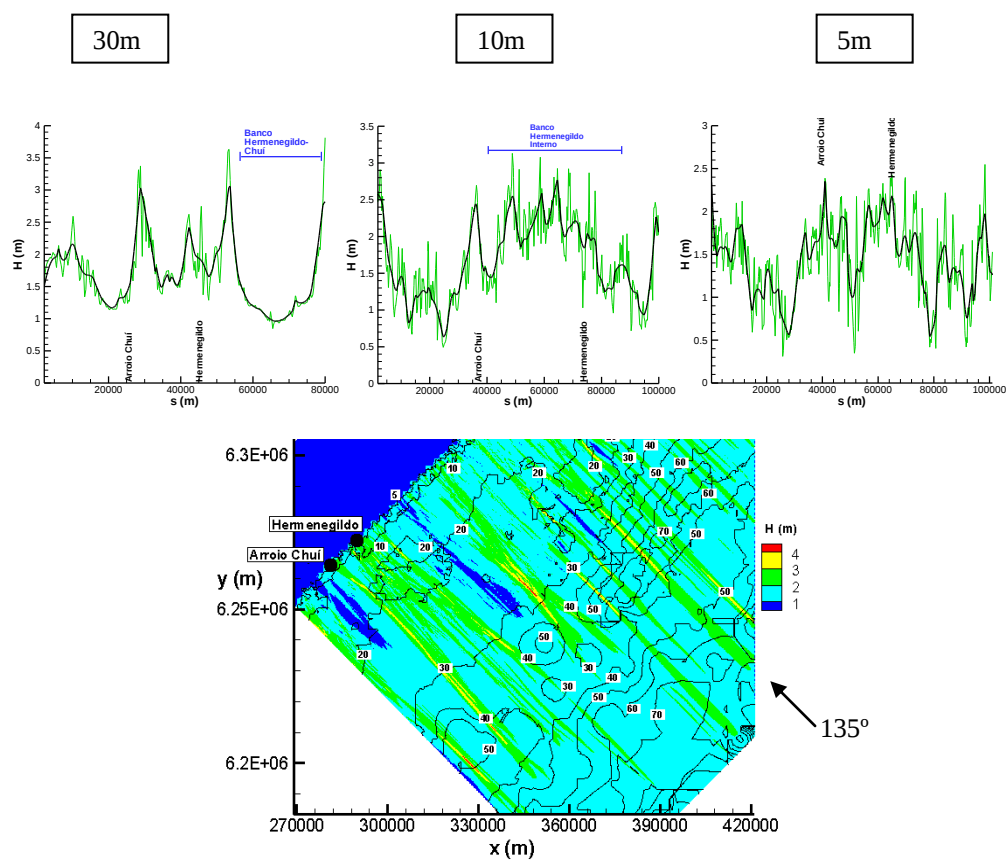


Figura 4.8 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$.

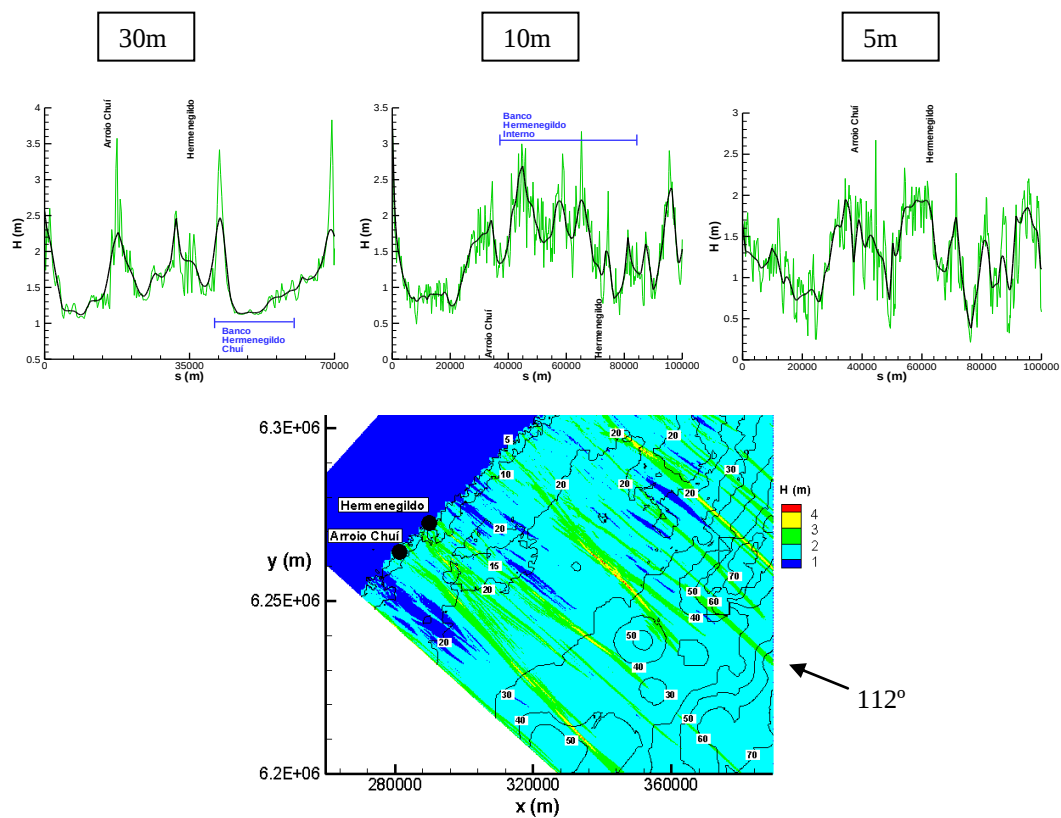
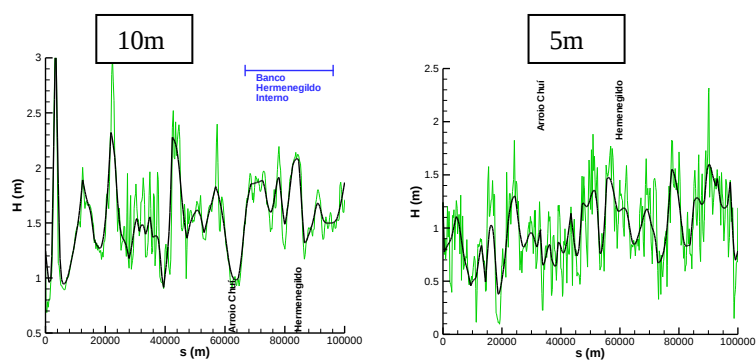


Figura 4.9 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$.



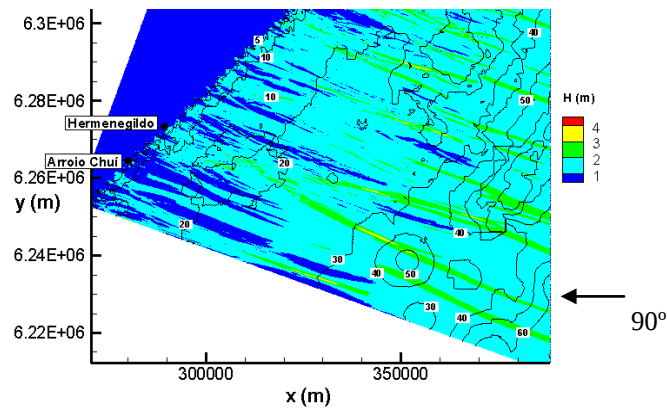
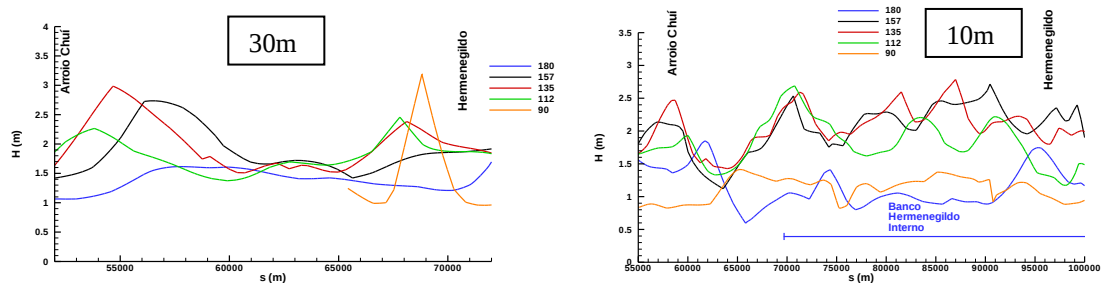


Figura 4.10 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimétricas de 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.11 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas. De forma geral, observa-se na batimétrica de 30m que, para todas as direções, existem convergências nas direções do Arroio Chuí e Hermenegildo com aproximadamente 4km de extensão, com maior intensidade da onda de incidência de 135° . Na batimétrica de 10m, a distribuição das alturas é mais homogênea para todas as incidências. As ondas de incidência de 157° e 135° mostram um nível de energia maior, principalmente em relação as ondas de 180° e 90° . Na batimétrica de 5m, observa-se que o nível de energia das ondas de incidência de 157° , 135° e 112° é maior nas regiões próximas ao Hermenegildo e Arroio Chuí. A onda de 180° apresenta um nível de energia um pouco abaixo das ondas citadas anteriormente no Arroio Chuí, mas no Hermenegildo o nível fica mais baixo. Já a onda de 90° o nível de energia está bem abaixo da energia apresentada pelas outras ondas.



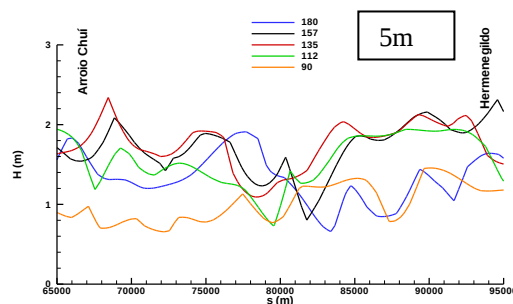


Figura 4.11 - Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo para onda de $T=10s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.12 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil do Hermenegildo para onda de $T=10s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade de 10m. Portanto, seguramente as alturas observadas na batimétrica de 5m já representam a de ondas sob rebentação. Portanto, os casos em que foram encontradas alturas significativas elevadas mesmo após a rebentação, identificadas na batimétrica de 5m, apresentam um *set up* mais importante na região. Assim, a água tende a inundar a praia com mais intensidade atingindo as dunas frontais e as escarpas. Estes fenômenos, associados aos ventos de tempestades sul-sudeste, produzem um efeito erosivo mais intenso sobre a costa.

Na incidência de sul, percebe-se que a onda vem sofrendo rebentações parciais e sofre um empolamento no Banco Hermenegildo Interno com altura de onda de aproximadamente 1,5m. Para onda de incidência 157° , constata-se que, após o Banco Hermenegildo Externo, a energia de onda diminui e a seguir ocorre um empolamento no Banco do Hermenegildo Interno com quase 3,5m de altura. O mesmo nota-se para as incidências de 135° e 112° . Na incidência de 135° , as alturas de ondas são maiores antes do Banco Hermenegildo Externo com mais de 3m e menores no Banco do Hermenegildo Interno com menos de 3m de altura e na incidência de 112° a redução da altura é de aproximadamente 1m e o aumento de altura atinge quase 3m. Na incidência de 90° , verificam-se alturas de ondas bem menores comparadas com as incidências citadas anteriormente.

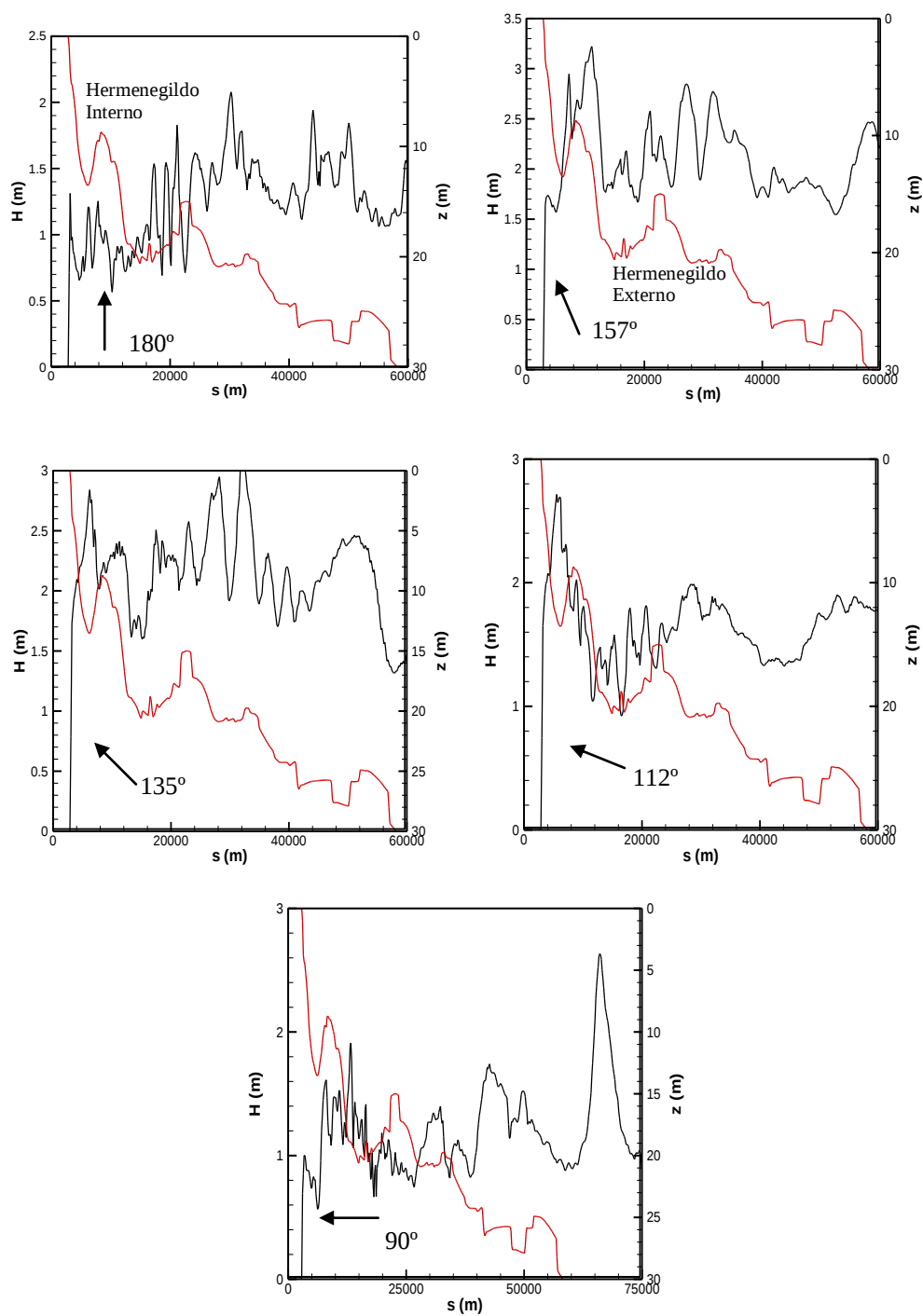


Figura 4.12 - Altura significativa ao longo do perfil Hermenegildo para onda $T=10$ s.

4.1.2 Trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta

As Figuras 4.13 a 4.17 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Hermenegildo a Fronteira Aberta e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° . As transformações das ondas neste trecho são influenciadas, principalmente, pelo Banco do Hermenegildo Interno, pelo Banco do Hermenegildo-Chuí, pelo Poço localizado nas batimétricas de 40m e 50m e pelo Poço do Albardão.

Para a onda de incidência 180° , observa-se que o Banco Hermenegildo-Chuí causa fortes convergências nas laterais com alturas de ondas próximas a 3,5m nas proximidades do Hermenegildo com cerca de 8km de extensão. Também é possível perceber que a convergência que ocorre nas proximidades da Fronteira Aberta, com alturas de onda próximas de 3m e numa extensão de 5km, é influenciada pelo poço localizado nas batimétricas de 40m e 50m, pelo Banco Hermenegildo-Chuí e pela refração da onda, como pode ser visto na batimétrica de 30m. Percebe-se também que o poço localizado nas batimétricas de 40m e 50m provoca uma divergência na região do Hermenegildo, acentuando a convergência citada anteriormente. Observa-se ainda que próximo à costa, na região do Hermenegildo, a onda ganha mais energia, possivelmente causada pela presença do Banco Hermenegildo Interno, nitidamente visto na batimétrica de 10m e de 5m. Na região da Fronteira Aberta, mais ao norte da mesma, ocorre uma divergência que está sendo influenciada pelo Banco Hermenegildo-Chuí e pelo Poço do Albardão, acentuando a convergência já mencionada que também é percebida nessa região.

Os efeitos do Banco Hermenegildo-Chuí também são percebidos nas incidências 112° , 135° e 157° , porém incidem sobre a região de Hermenegildo a Fronteira Aberta, diferentemente da onda de 180° em que a forte divergência ocorre ao norte dessa região. É importante salientar que o Poço do Albardão também contribui para esse comportamento da onda juntamente com a refração existente.

Na incidência de 90° nota-se que as convergências e divergências que ocorreram para as incidências mencionadas anteriormente estão mais espalhadas e com alturas de ondas levemente menores.

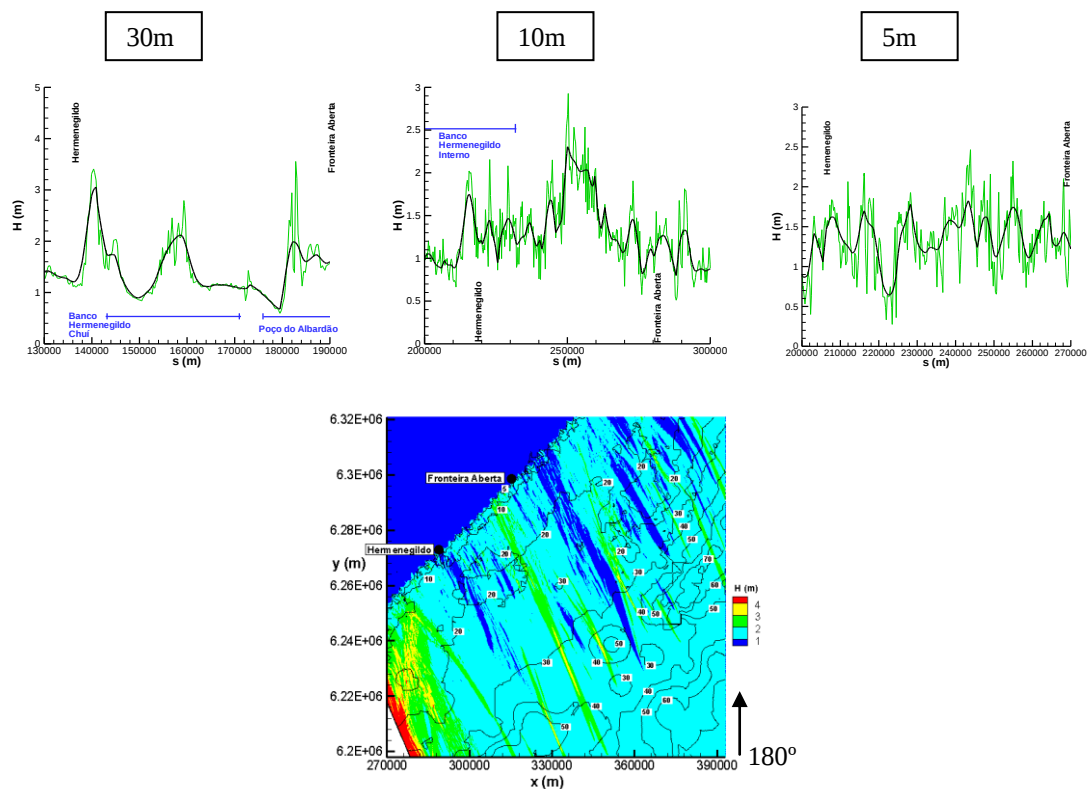
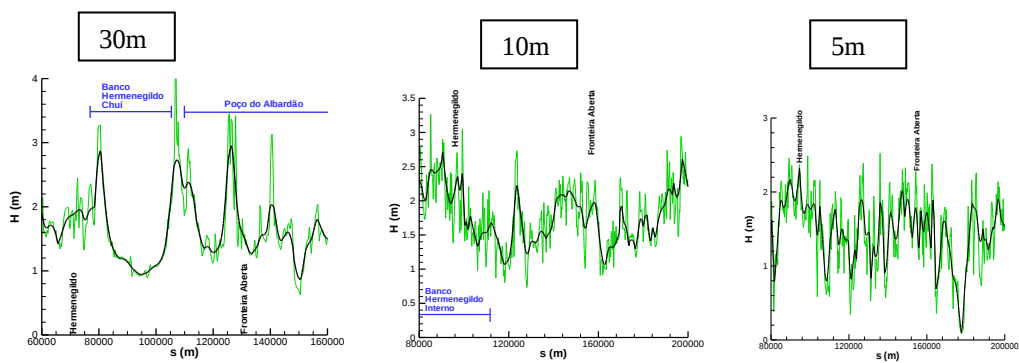


Figura 4.13 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$.



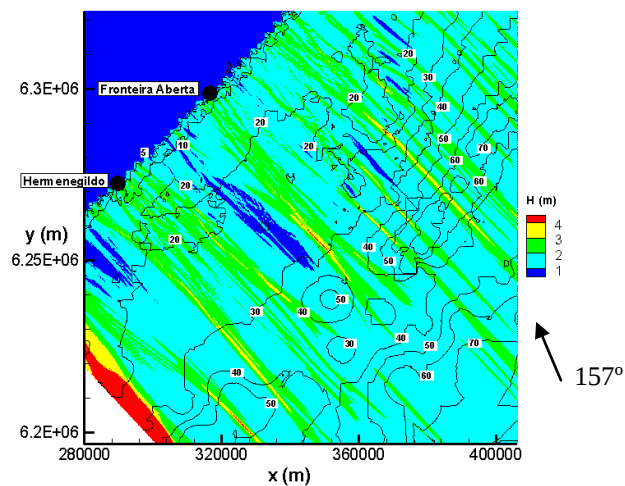


Figura 4.14 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$.

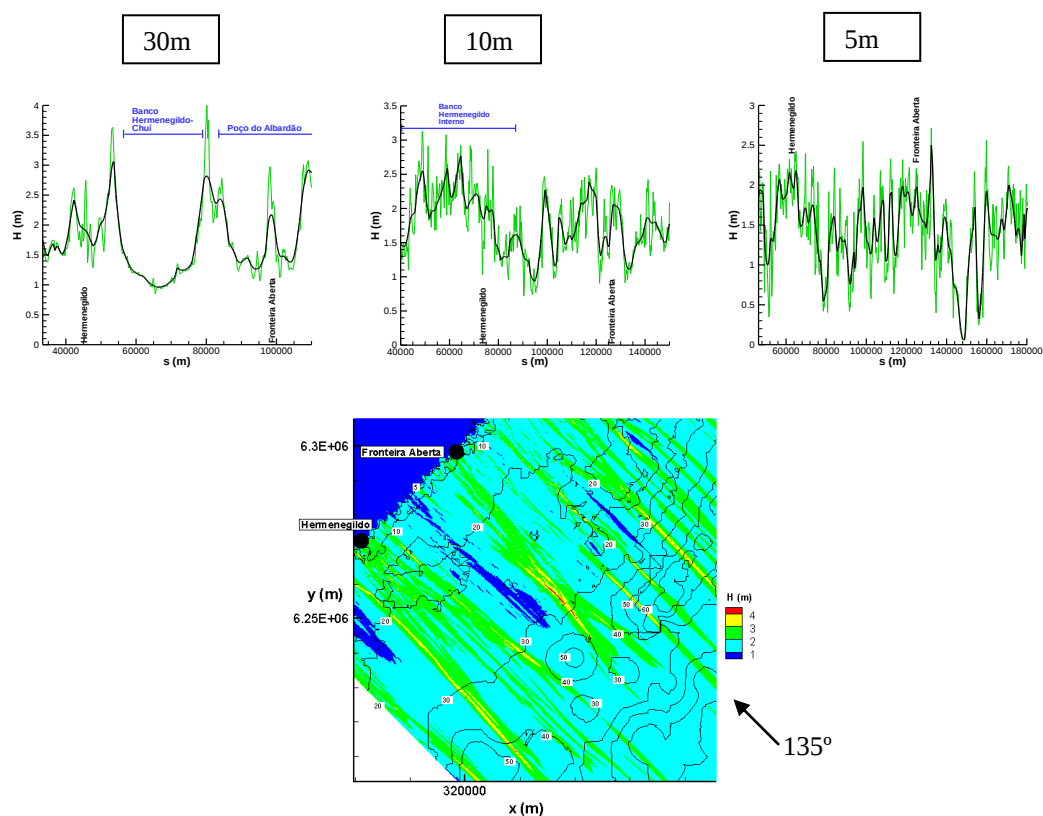


Figura 4.15 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$.

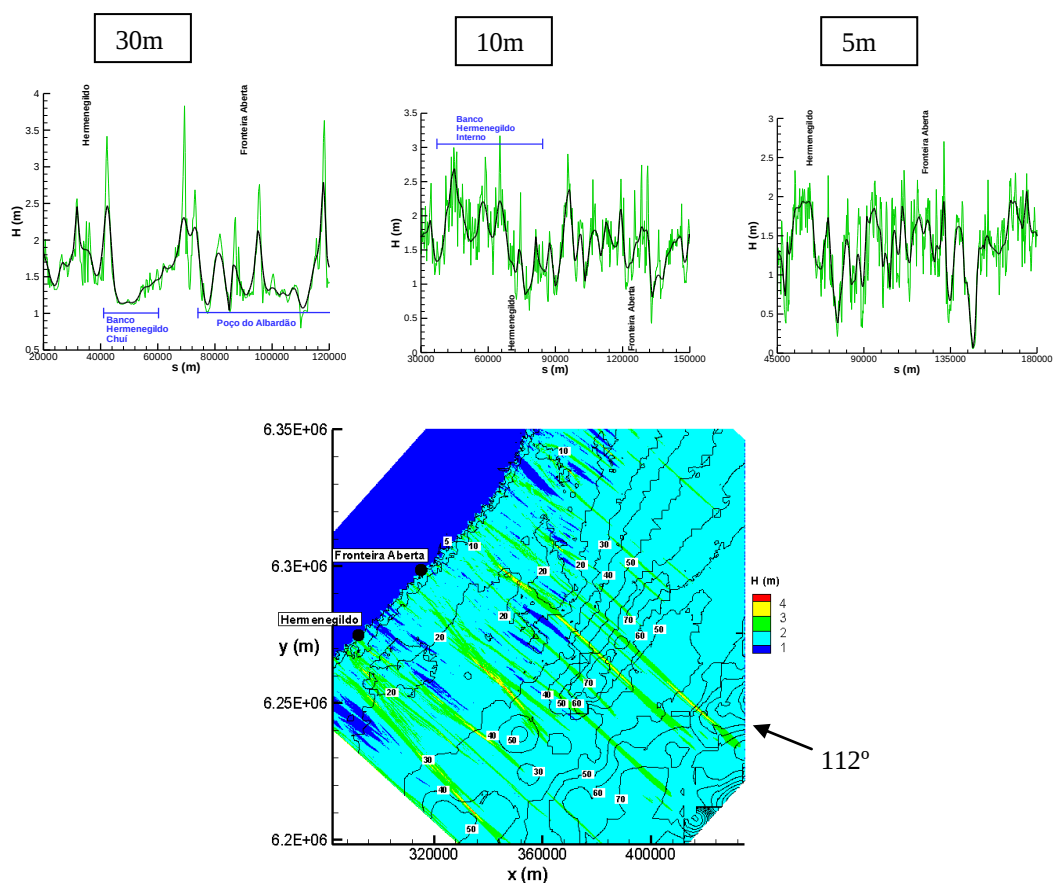
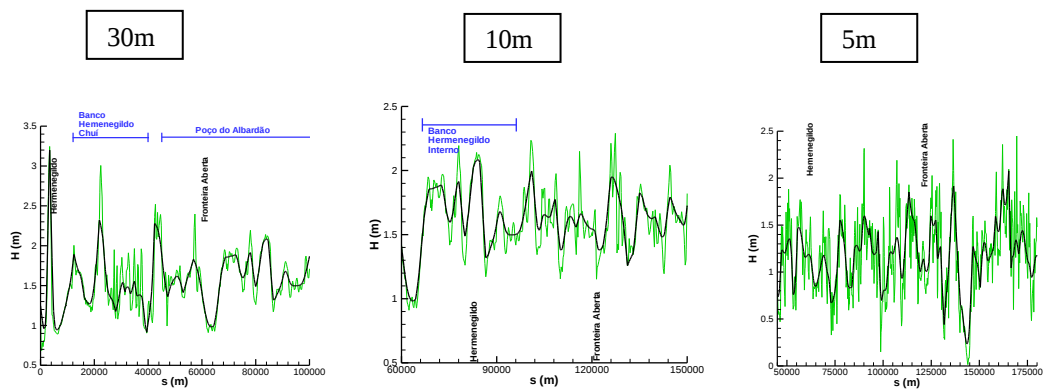


Figura 4.16 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$.



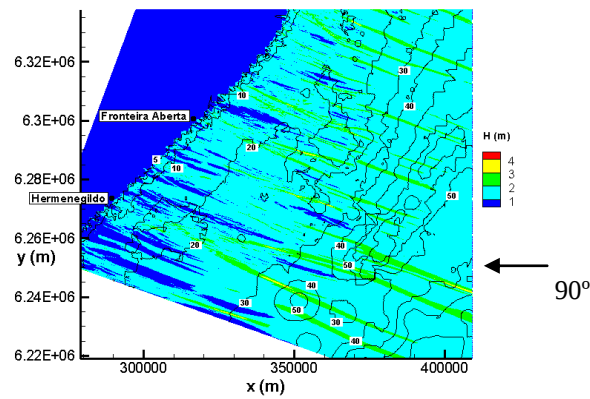


Figura 4.17 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.18 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas. Na batimétrica de 30m, observam-se comportamentos semelhantes das ondas em todas as incidências, com exceção da onda de 180° , ou seja, convergências um pouco ao norte de Hermenegildo e ao sul de Fronteira Aberta. Observa-se uma forte convergência na região de Fronteira Aberta para a onda de 157° . Para as batimétricas de 10m e 5m, para todas incidências, as alturas das ondas não sofrem tanta variação; as ondas de incidências de 157° , 135° e 112° mostram leve convergência no Hermenegildo.

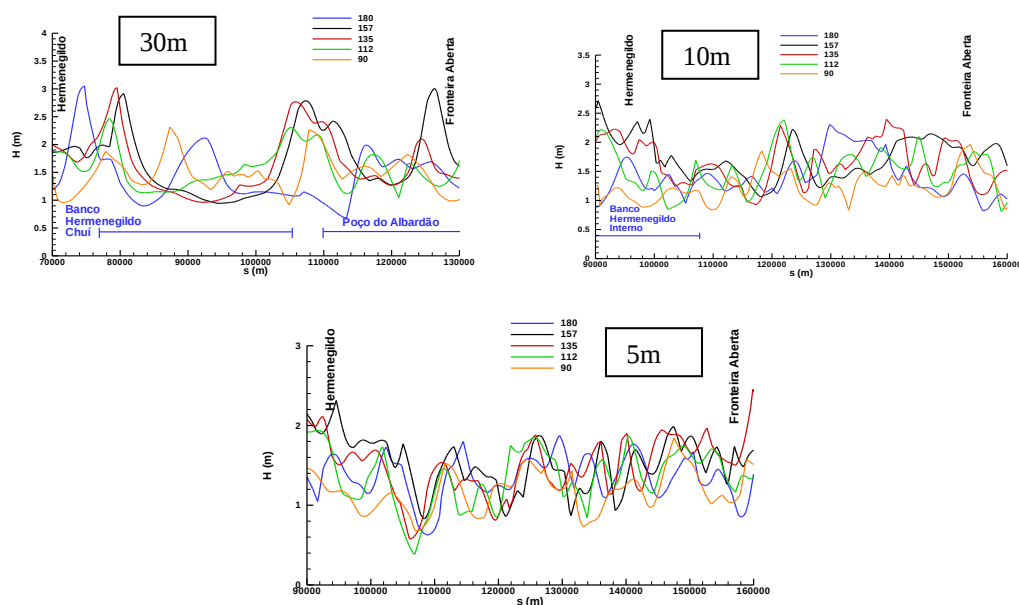


Figura 4.18 - Altura significativa de onda ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta para onda de $T=10s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.19 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil da Fronteira Aberta para onda de $T=10s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade de aproximadamente de 8m. Na direção sul, observa-se que a onda sofre um empolamento de aproximadamente 4m de altura de onda após o poço seguido de uma queda de energia com alturas em torno de 1m. Para as incidências 157° e 135° , também percebe-se esse empolamento com alturas próximas a 3,5m na incidência de 157° e 2,5m na incidência de sudeste. Já para as incidências de 112° e de leste também é possível perceber esse empolamento com alturas de onda de aproximadamente 3m, porém antes ocorre uma forte queda na altura de onda que chega a 1m em quase 20km de extensão.

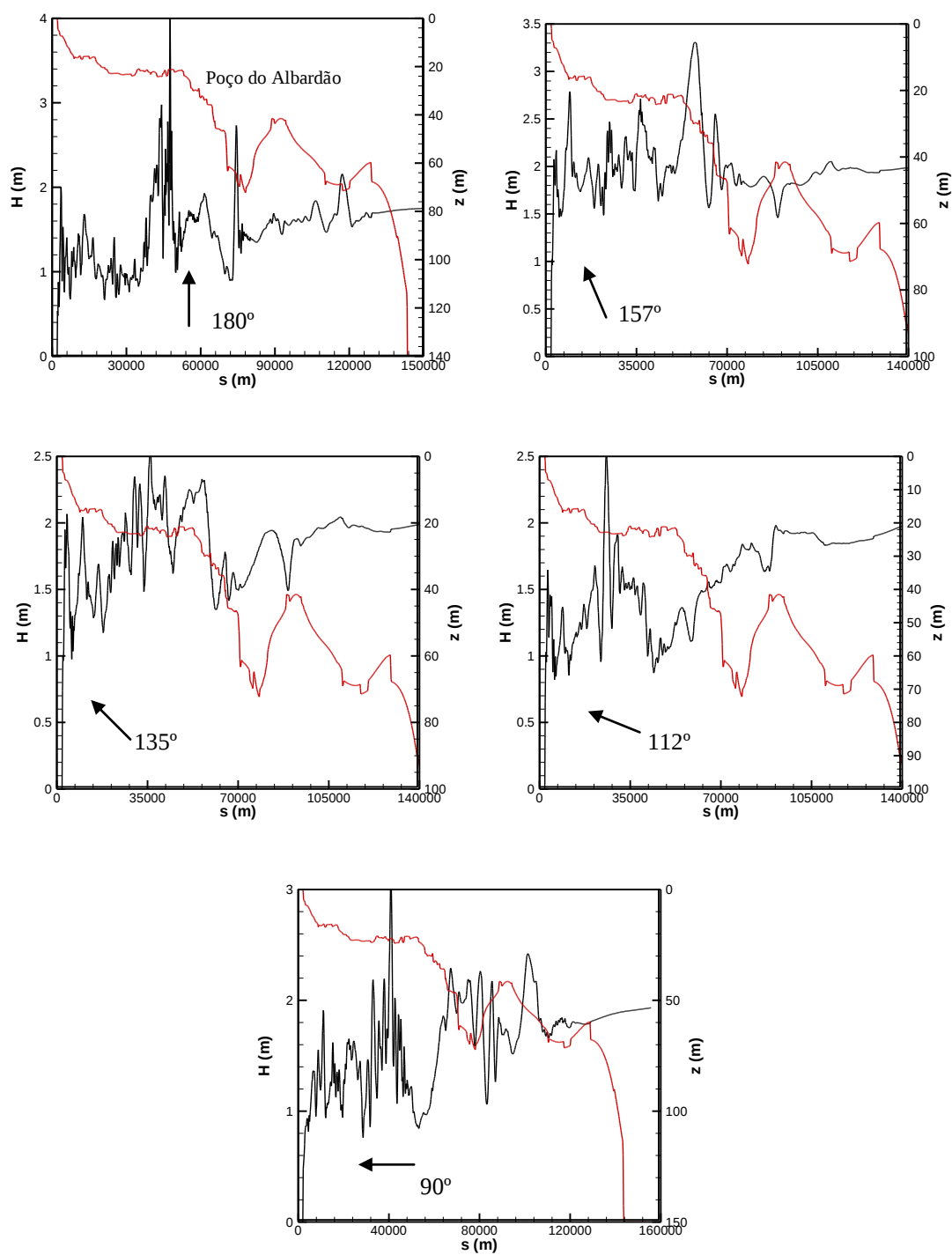


Figura 4.19 - Altura significativa ao longo do perfil Fonteira Aberta para onda $T=10$ s.

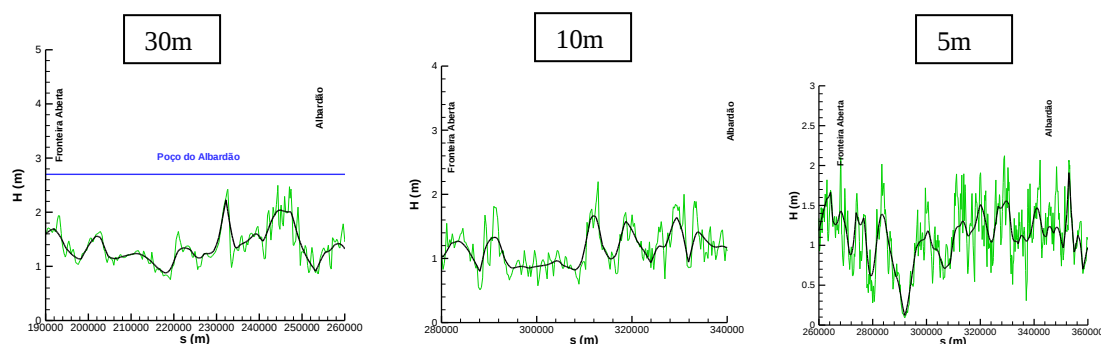
4.1.3 Trecho entre Fronteira Aberta e Albardão

As Figuras 4.20 a 4.24 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° . As transformações das ondas neste trecho são influenciadas, principalmente, Banco do Hermenegildo-Chuí e pelo Poço do Albardão.

Para a incidência de 180° observa-se, nas batimétricas de 30m, 10m e 5m, que a divergência causada pelo Banco Hermenegildo-Chuí e pelo Poço do Albardão, entre as regiões da Fronteira Aberta e do Albardão, gera uma convergência que atinge as proximidades da região do Albardão com alturas de onda de quase 2m.

Já para as incidências de 157° , 135° e 112° não se percebe a divergência que ocorre na incidência de sul. Nota-se que as ondas chegam à costa com uma energia maior em uma extensão que abrange quase todo o trecho entre as regiões citadas, visto nas batimétricas de 10m e 5m. Cabe salientar que o Poço do Albardão não gera uma forte divergência como “esperado”, possivelmente devido a sua batimetria muito irregular e a refração de onda que ocorre posteriormente a esse acidente topográfico.

Para a incidência de 90° , observam-se alturas levemente menores e convergências e divergências mais espalhadas ao longo dessa região. Percebe-se ainda, somente nesta incidência, uma divergência próxima à costa devido a um poço presente na batimétrica de 20m. O que ocorre nessa, deve-se, possivelmente, pelo ângulo de incidência da onda.



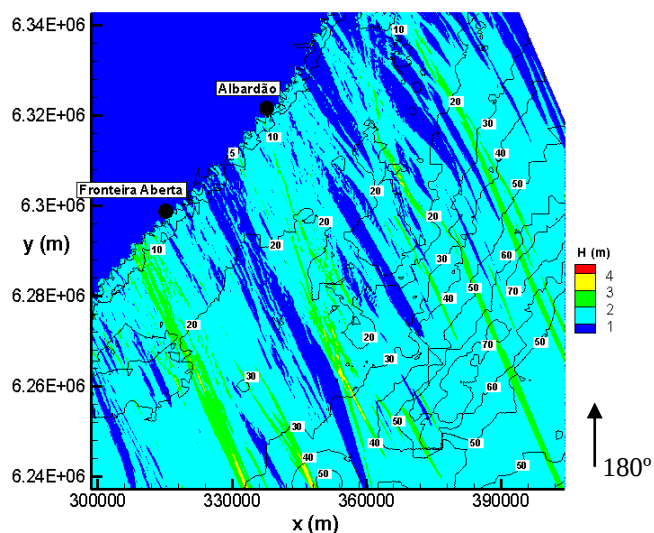


Figura 4.20 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$.

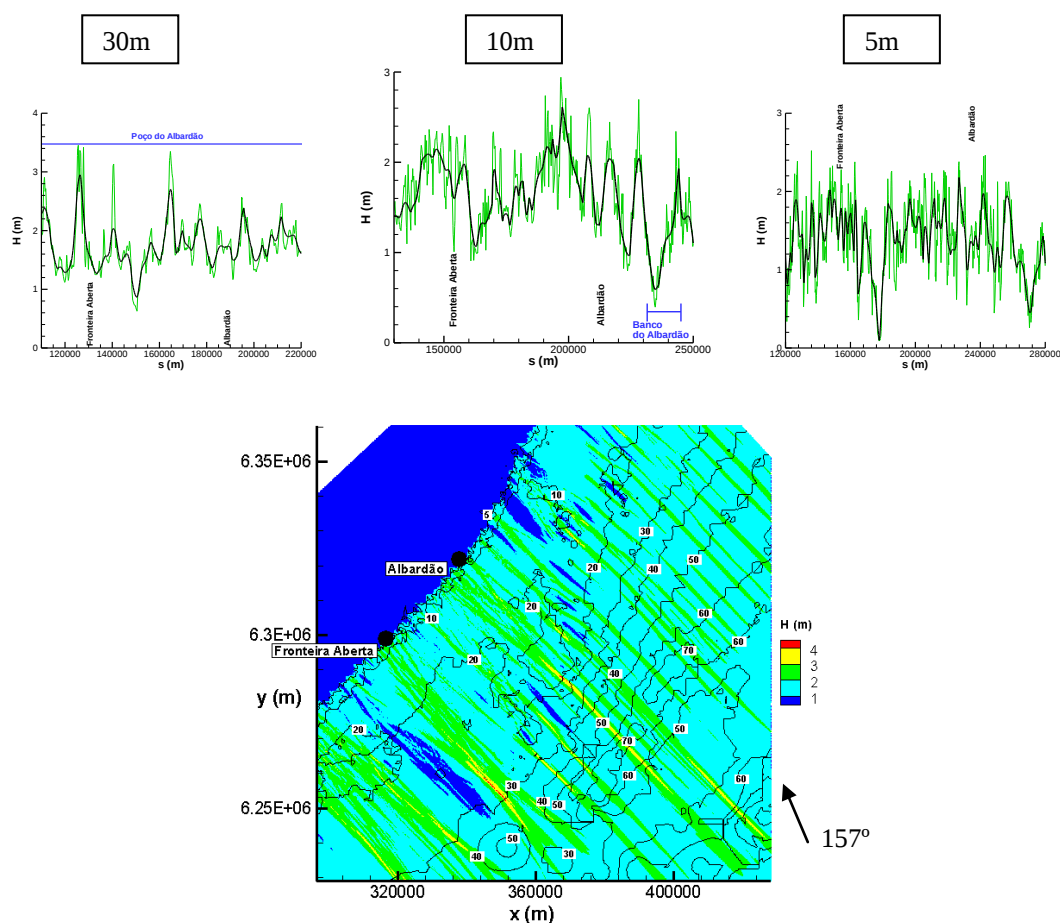


Figura 4.21 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$.

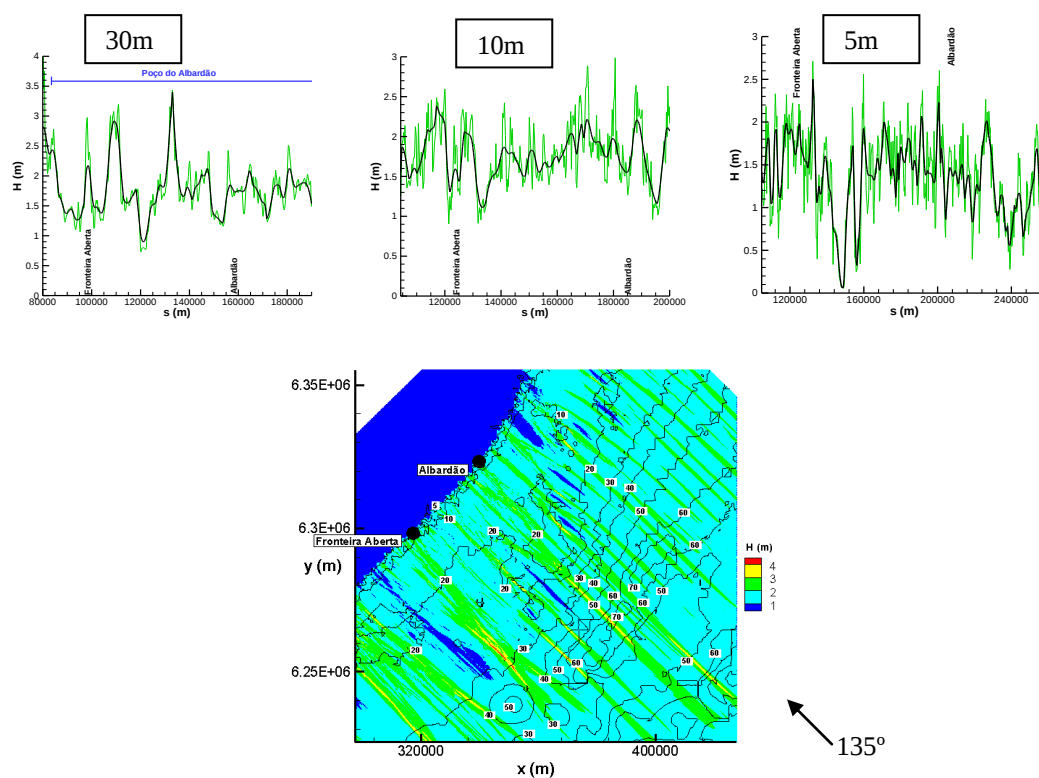


Figura 4.22 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$.

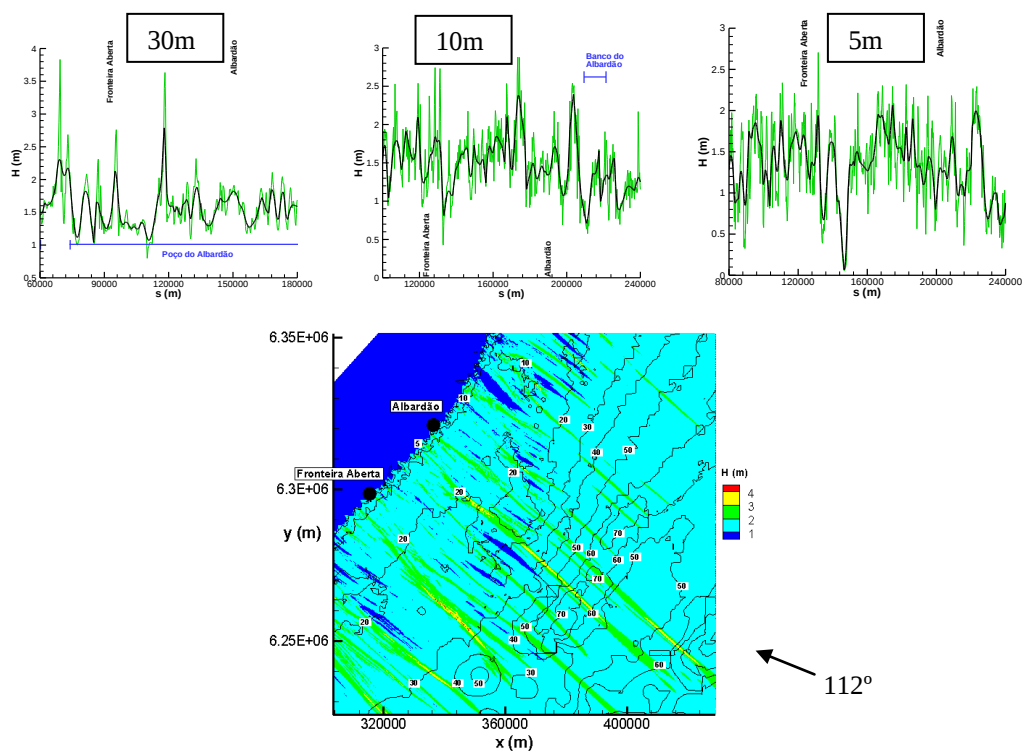


Figura 4.23 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$.

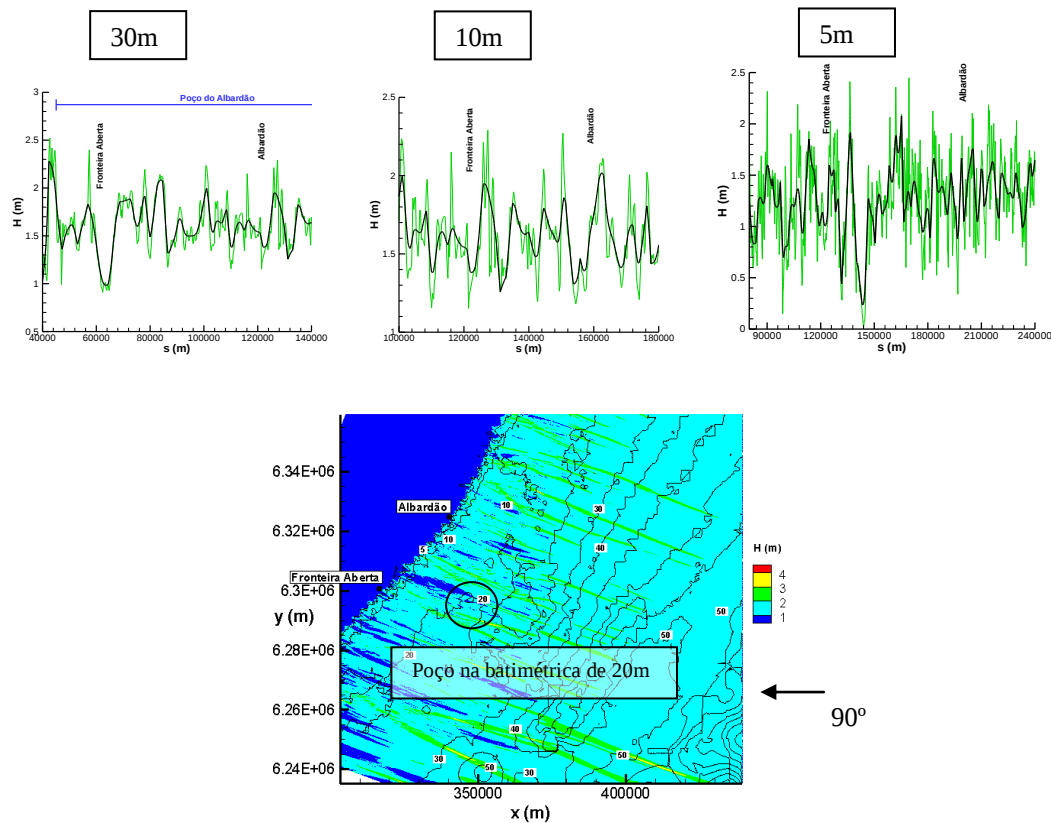


Figura 4.24 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.25 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimetrias. A comparação permite observar que, para a batimétrica de 30m, existe um padrão convergente na zona para as incidências de 157° , 135° e 112° apenas com alguma defasagem. Na batimétrica de 10m, as ondas apresentam um suave aumento de energia ao sul de Albardão, enquanto que, na batimétrica de 5m, as ondas apresentam níveis de energia muito próximos; ressalta-se um padrão divergente ao norte de Fronteira Aberta.

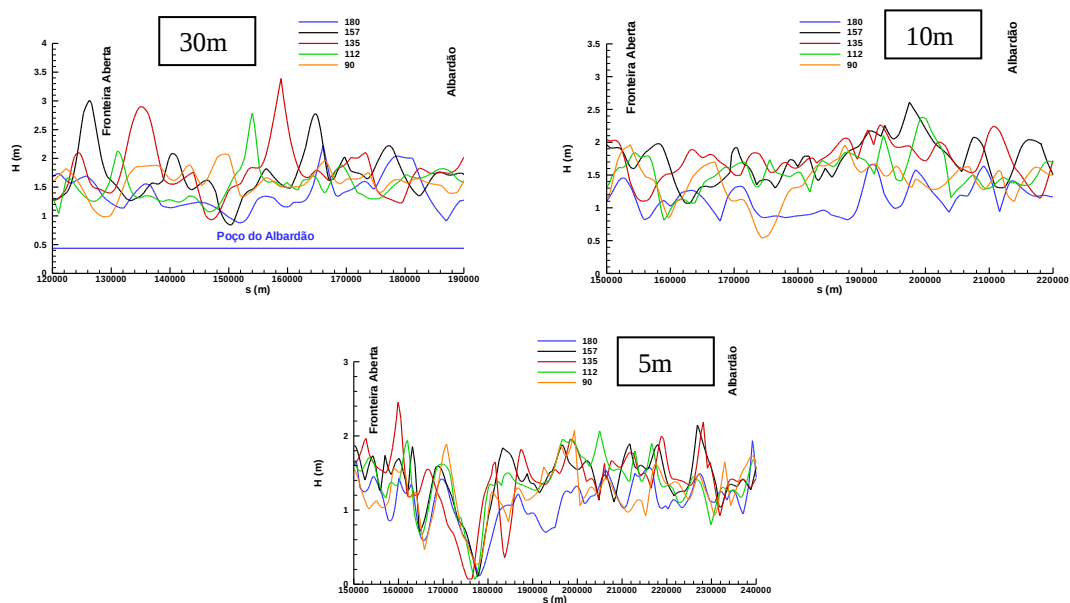


Figura 4.25 - Altura significativa de onda ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão para onda de $T=10s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.26 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil do Albardão para onda de $T=10s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade em torno de 6m. Para todas as incidências averiguam-se que ocorre uma queda na energia da onda logo após o Poço do Albardão seguido de um empolamento de aproximadamente 3m de altura de onda. Já para a incidência de 112° constata-se que a mesma queda na altura da onda já citada também ocorre, porém esta acontece em cima do Poço do Albardão seguida de um empolamento que faz a altura de onda chegar a 2,5m.

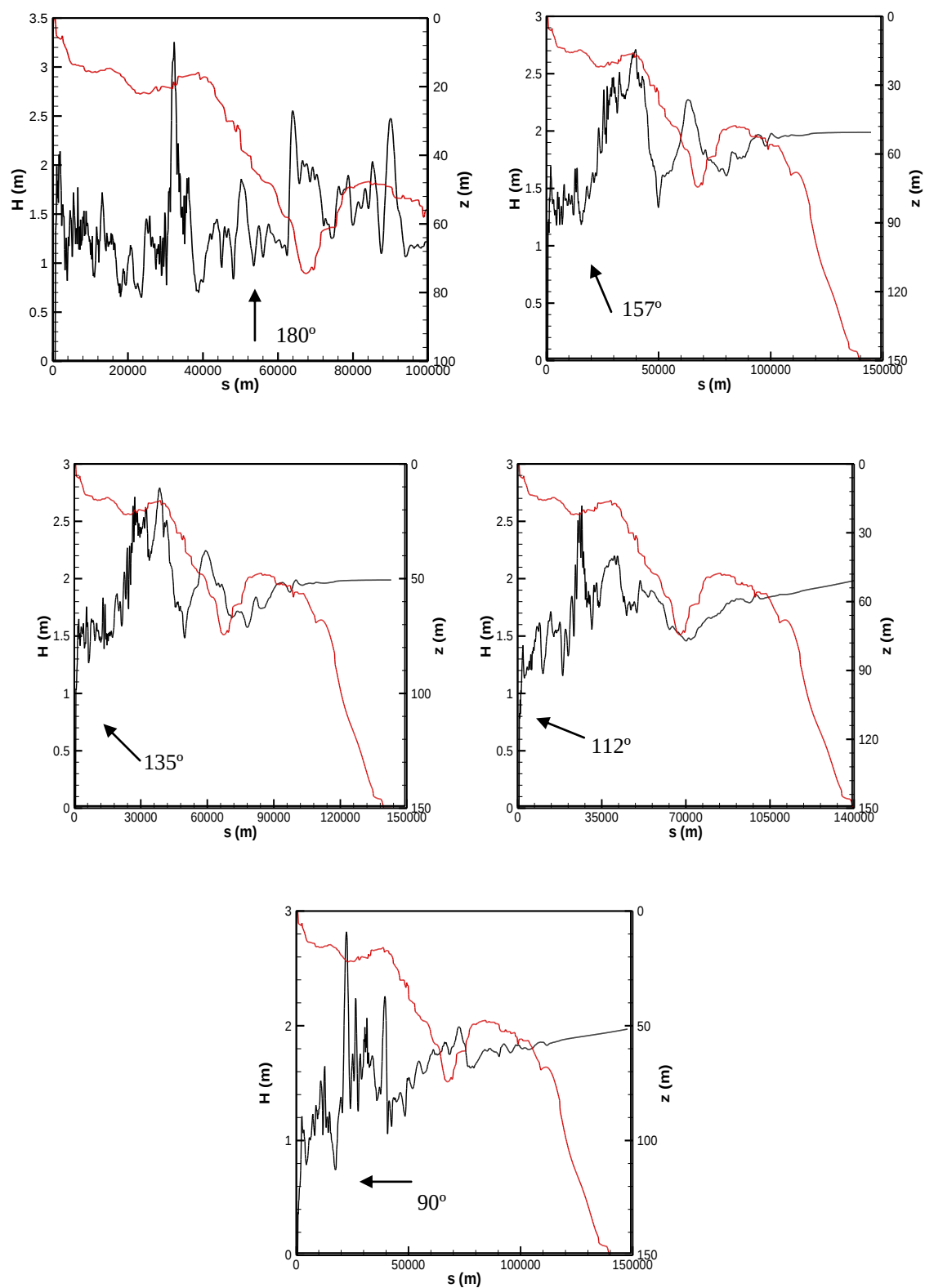


Figura 4.26 - Altura significativa ao longo do perfil Albardão para onda $T=10s$.

4.1.4 Trecho entre Albardão e Farol Verga

As Figuras 4.27 a 4.31 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Albardão a Farol Verga e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° . As transformações das ondas neste trecho são influenciadas, principalmente, pelo Banco do Albardão e pelo Poço do Albardão.

Em análise à incidência de 180° observa-se, nas batimétricas de 30m, 10m e 5m, que as divergências e convergências que chegam à costa estão bem espalhadas o que possivelmente ocorre pela irregularidade do Poço do Albardão. Nota-se também, nas batimétricas de 30m, 10m e 5m, que tal irregularidade pode estar causando um pico de convergência. Já o Banco do Albardão não tem muita influência para essa incidência, pois próximo à costa a onda já sofreu rebentação.

Para as incidências de 157° , 135° e 112° constatam-se um comportamento semelhante das ondas. Percebe-se que chegam à costa com muita intensidade e alturas de ondas de aproximadamente 2,5m como pode ser visto nas batimétricas de 10m e 5m. Vale salientar que tal intensidade é levemente maior nas direções de 157° e 135° . Nota-se ainda, nas distribuições das alturas significativas, que o Banco do Albardão causa uma forte convergência nas proximidades do Farol Verga e a irregularidade do Poço do Albardão causa o mesmo na região do Albardão, para as três incidências citadas.

Observando a incidência de leste, verifica-se que as ondas chegam à costa com vários picos de convergências e alturas próximas a 2m, o que provavelmente é causado pela irregularidade do Poço do Albardão. Nota-se uma baixa energia de onda em toda região em frente ao Banco do Albardão. Embora se esperasse uma convergência de onda pela presença do Banco, observa-se que nessa incidência a onda já sofreu rebentação na batimétrica de 10m onde o Banco está localizado como pode ser visto na Figura 4.33.

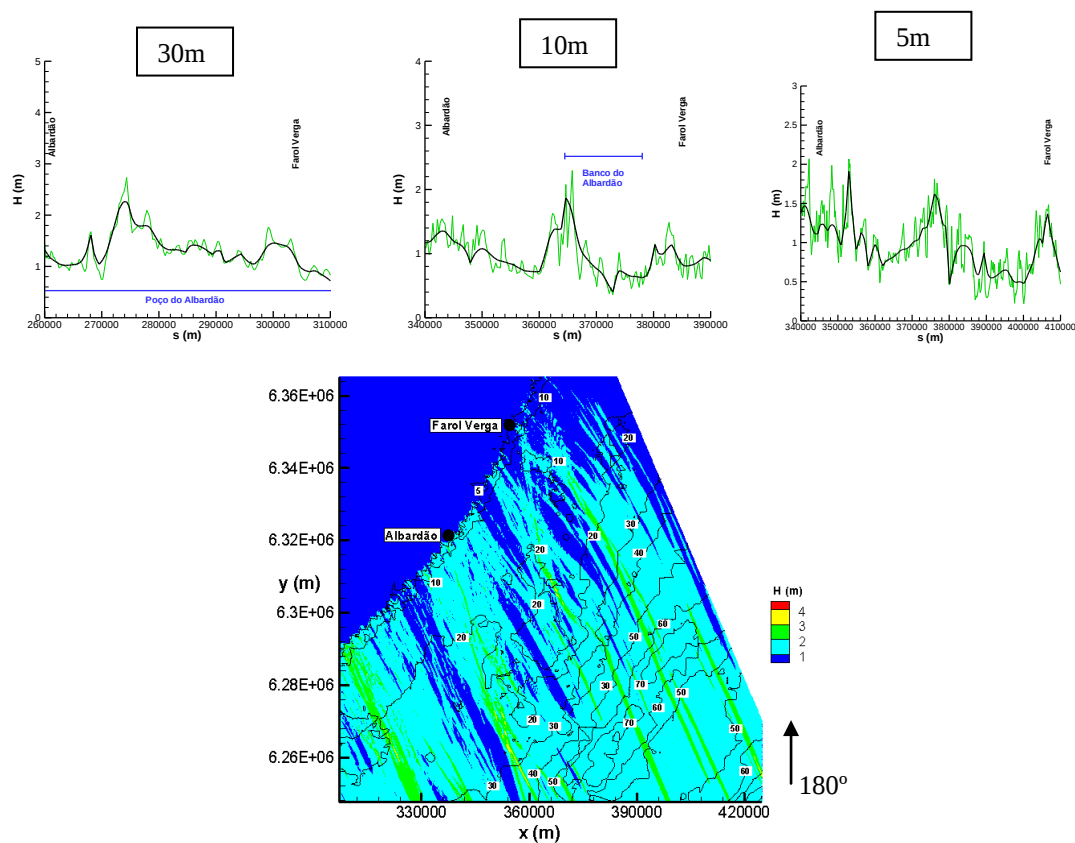
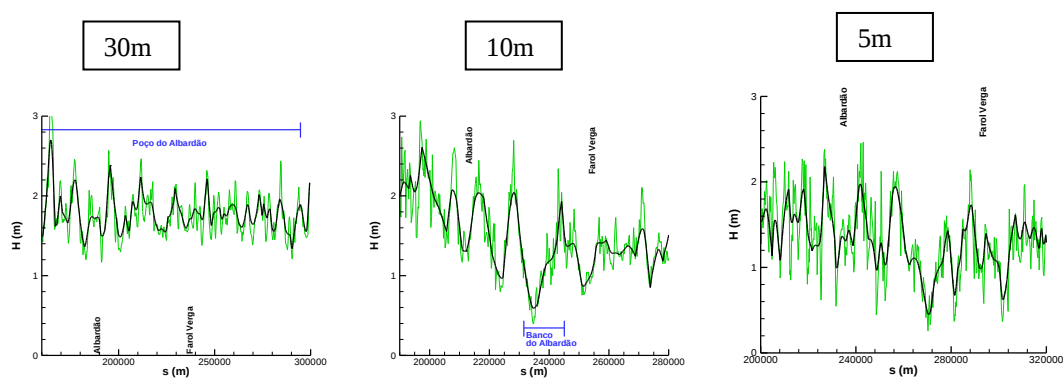


Figura 4.27 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão a Farol Verga e ao longo da batimetria de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$.



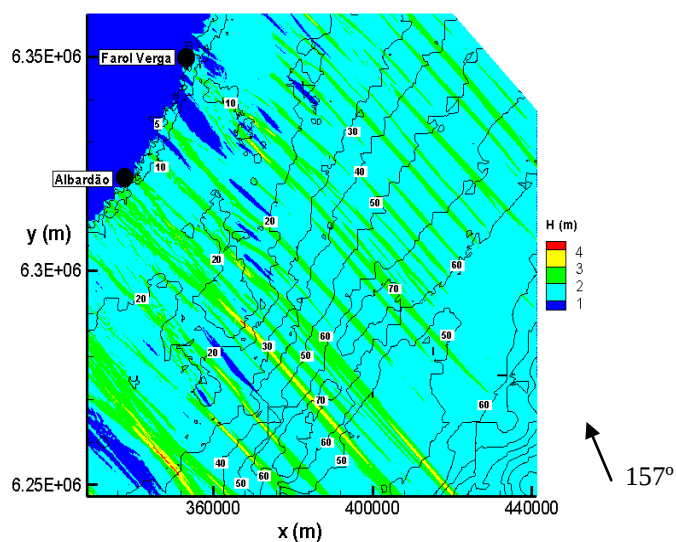


Figura 4.28 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão a Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$.

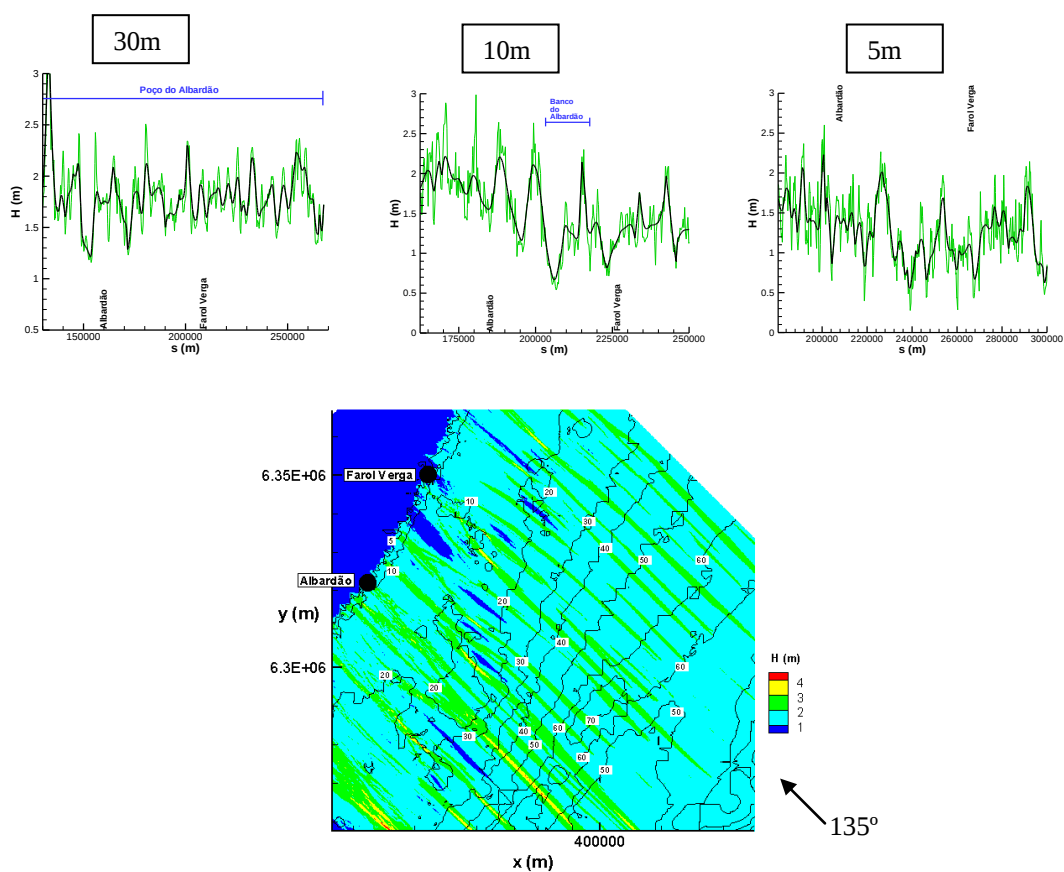


Figura 4.29 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão a Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$.

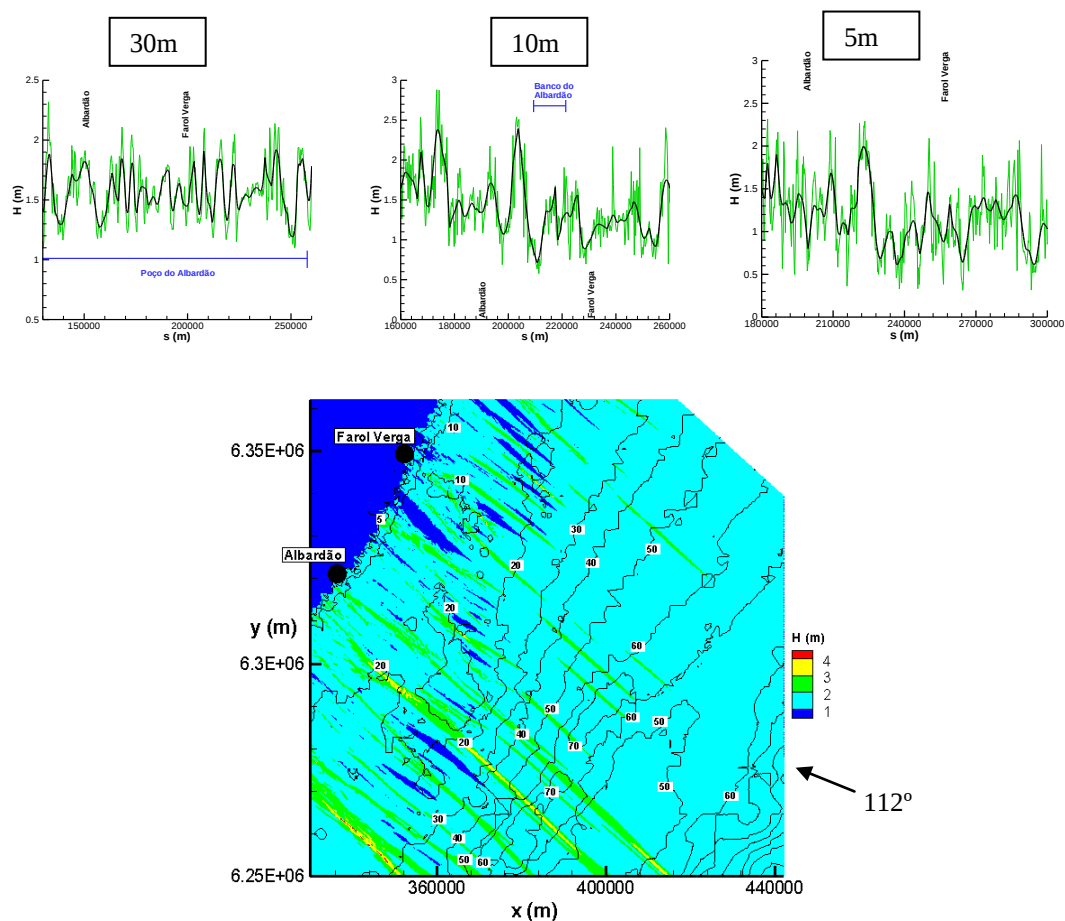
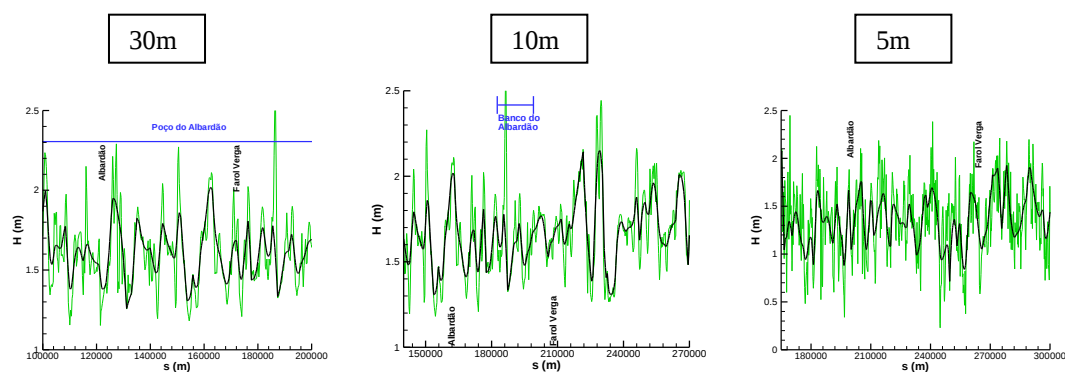


Figura 4.30 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão a Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$.



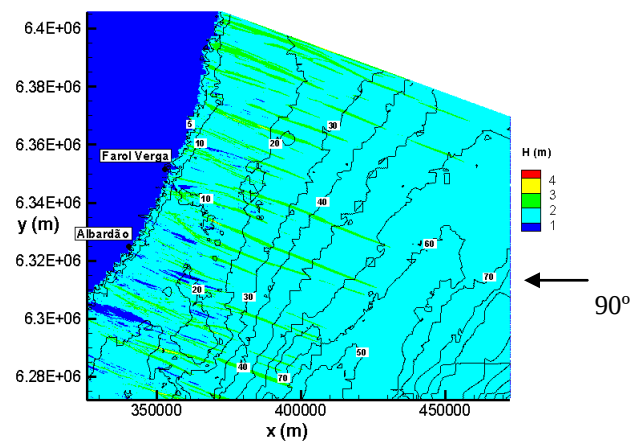


Figura 4.31 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão a Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.32 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas. Observa-se que o comportamento das ondas em todas incidências são bem semelhantes, com exceção da onda de 180° , que apresenta um nível de energia bem mais baixo que o das outras.

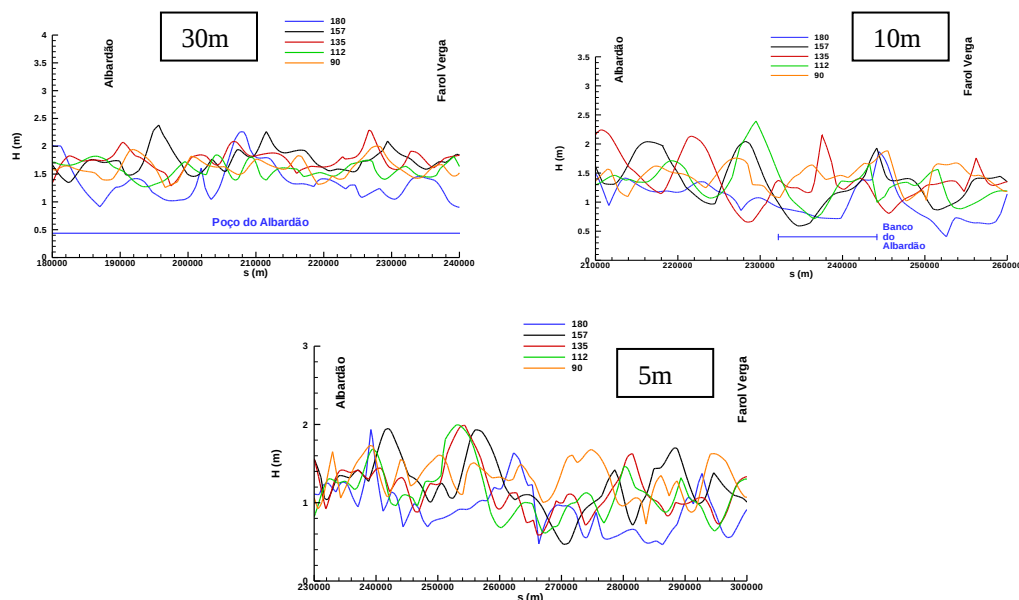


Figura 4.32 - Altura significativa de onda ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Albardão e Farol Verga para onda de $T=10s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.33 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil do Farol Verga para onda de $T=10s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade de 5,5m. Na direção sul observa-se que a onda sofre empolamento e queda nas suas alturas que variam 0,5m. Para as incidências de 157° , 135° e 112° , percebe-se que as ondas vêm sofrendo rebentações parciais gradativamente. Já para a incidência de leste observa-se que após a batimétrica de 30m a onda sofre um empolamento chegando próximo de 2,5m de altura.

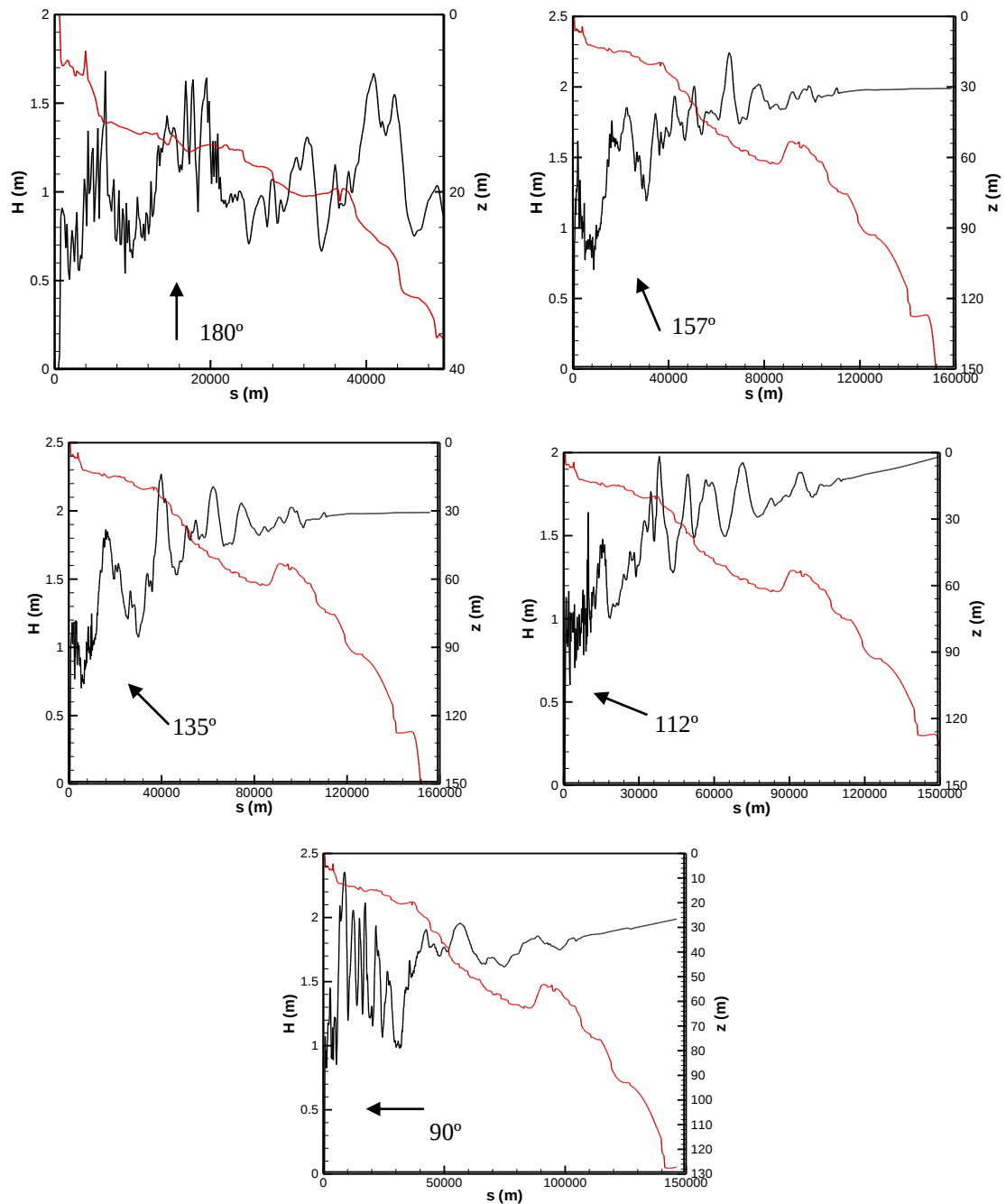


Figura 4.33 - Altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda $T=10s$.

4.1.5 Trecho entre Farol Verga e Sarita

As Figuras 4.34 a 4.38 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Farol Verga a Sarita e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° . As transformações das ondas neste trecho são influenciadas, principalmente, pelo Banco do Albardão.

Para todas as incidências, através da distribuição das alturas significativas, observa-se que o Banco do Albardão causa convergência nas proximidades da região do Farol Verga como mencionado anteriormente, porém para as incidências de 157° , 135° e 112° tal convergência tem uma intensidade maior. Na região de Sarita constata-se que a análise fica prejudicada na incidência de 180° devido à inclinação da grade. Já nas demais incidências percebe-se que não há influência de nenhum acidente topográfico. Notam-se ainda, nas batimétricas e nas sobreposições, que a incidência de 180° tem uma altura de onda menor nesse trecho comparado as outras incidências.

É importante mencionar que nas incidências de 180° , 157° , 135° e 112° não foi possível visualizar a batimétrica de 30m devido à inclinação das grades.

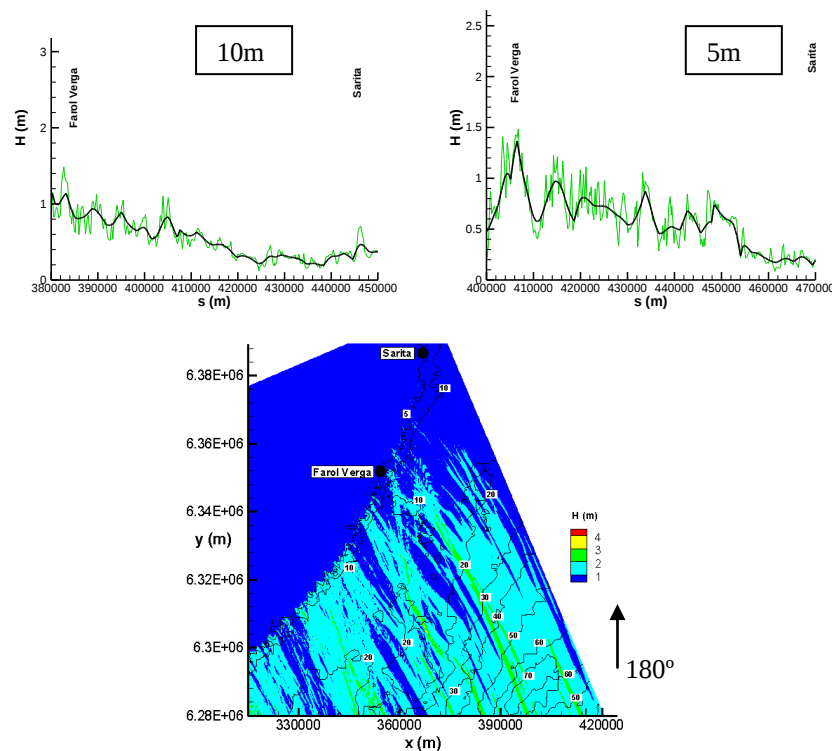


Figura 4.34 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga a Sarita para onda de $T=10s$ e $\theta=180^\circ$.

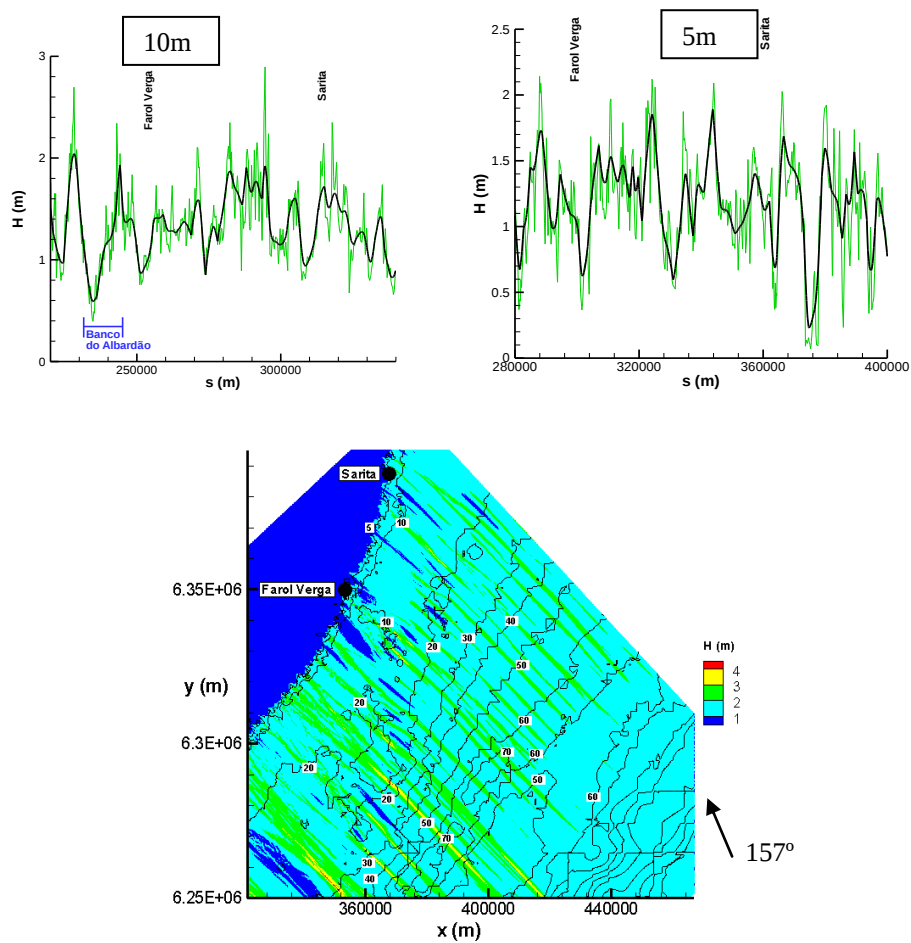
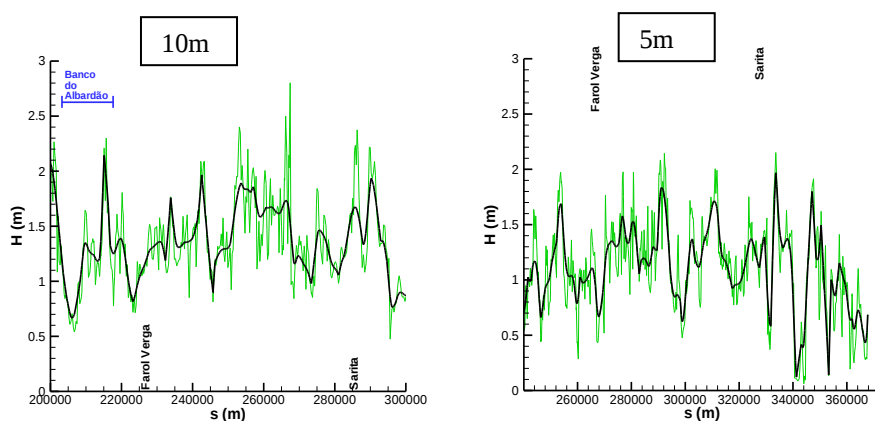


Figura 4.35 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga a Sarita e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=157^\circ$.



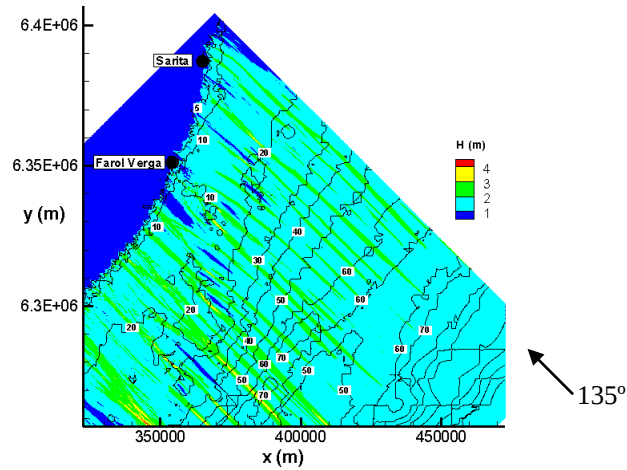


Figura 4.36 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga a Sarita e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=135^\circ$.

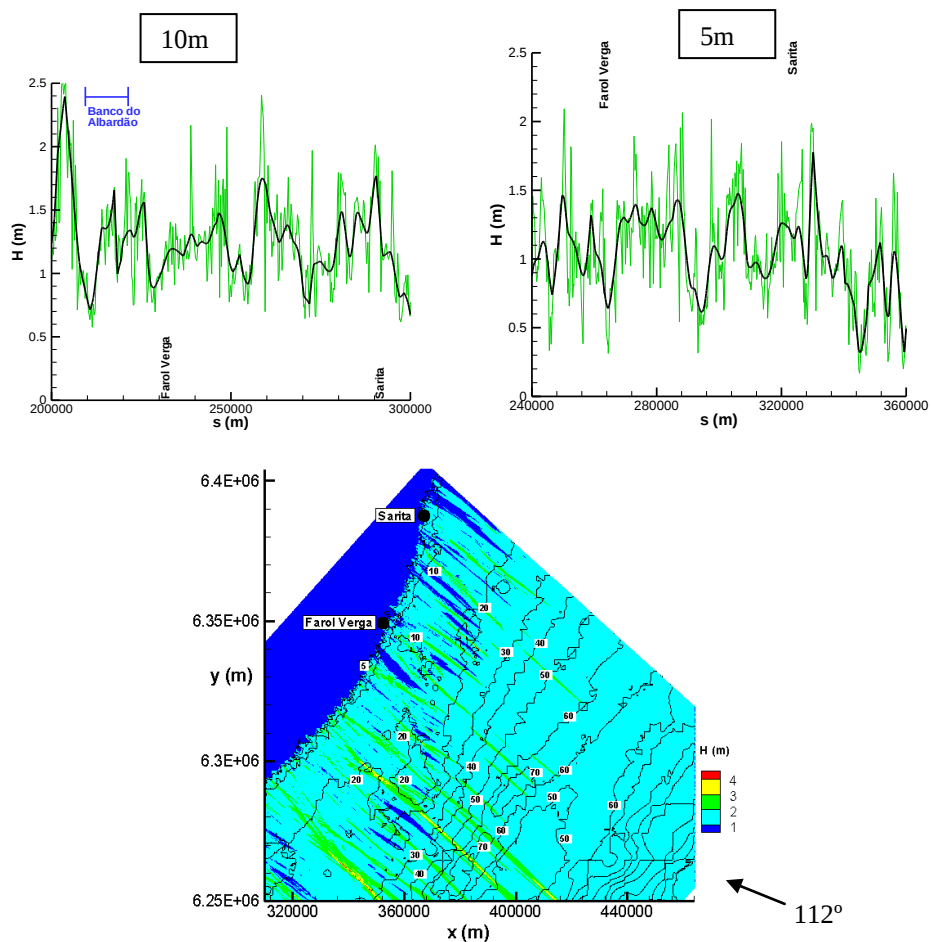


Figura 4.37 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga a Sarita e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=112^\circ$.

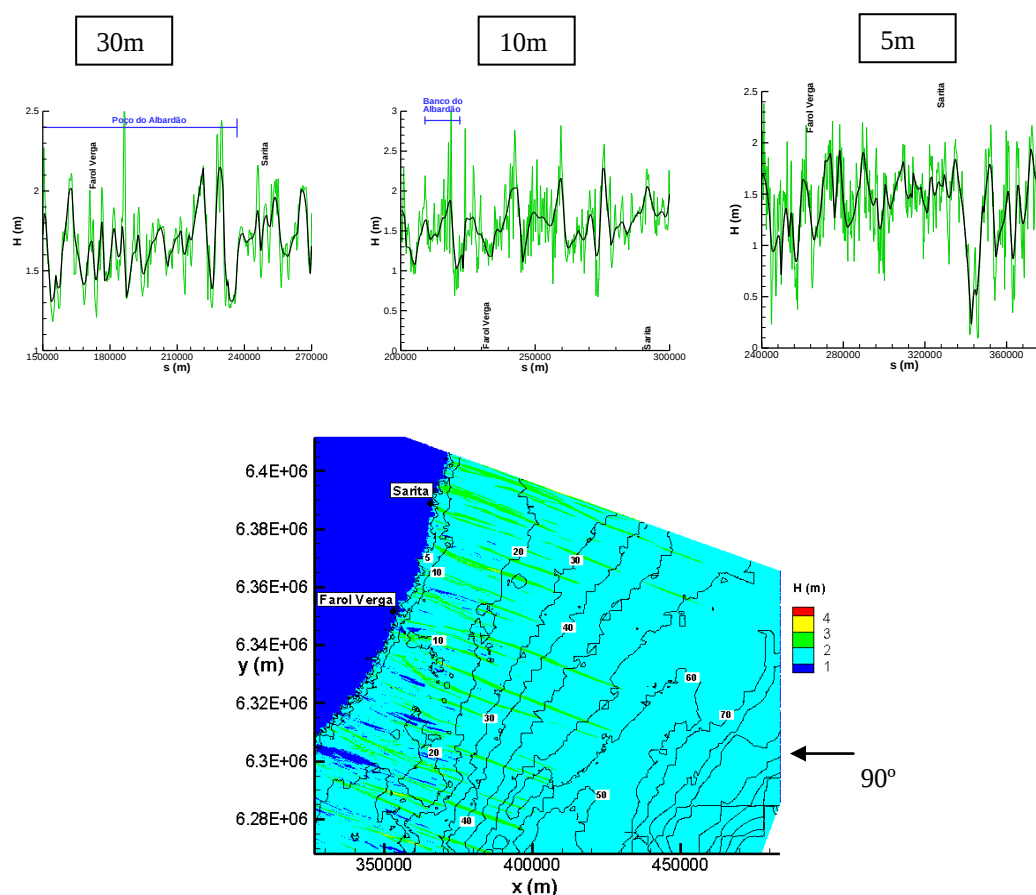


Figura 4.38 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga a Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=10s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.39 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas. Observa-se claramente que em todas incidências as ondas tem comportamento semelhantes, com exceção da onda de 180° , com nível de energia bem menor e decrescente em direção a Sarita.

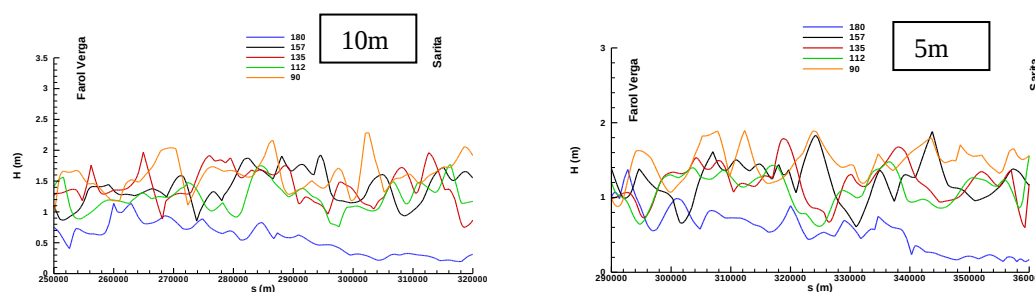
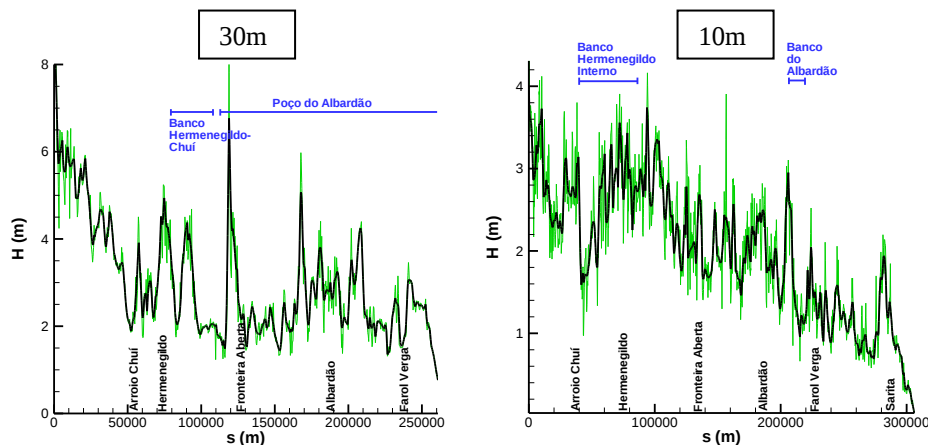


Figura 4.39 - Altura significativa de onda ao longo das batimetrias de 10m e 5m no trecho entre Farol Verga e Sarita para onda de $T=10s$ e para todas incidências analisadas.

4.2 PERÍODO DE 12s E ALTURA SIGNIFICATIVA DE 4m.

As Figuras 4.40 a 4.44 mostram as distribuições de alturas significativas no domínio e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° .

De forma geral pode-se observar que o comportamento das ondas com período de 12s foi similar ao das ondas com período de 10s. A convergência observada no Banco Hermenegildo-Chuí, a maior concentração de energia que chega à costa para as incidências 157° , 135° e 112° na região do Hermenegildo, a convergência na região da Fronteira Aberta, a menor intensidade da incidência de leste na batimétrica de 30m, as convergências causadas pelos Bancos Hermenegildo Interno e Externo entre Arroio Chuí e Hermenegildo e a influência do Banco do Albardão em todas as direções com exceção da onda de sul, que são vistas na onda com período de 10s, também são vistas na onda com 12s, porém com alturas um pouco maiores. Pelo fato de que ocorrem rebentações sucessivas da onda de período de 12s mais intensas em relação à de 10s (ver as figuras que mostram as alturas ao longo dos perfis), a energia da onda próxima à costa para a onda de 12s sofre mais dissipação que a de 10s (vista pela distribuição de alturas na batimétrica de 5m).



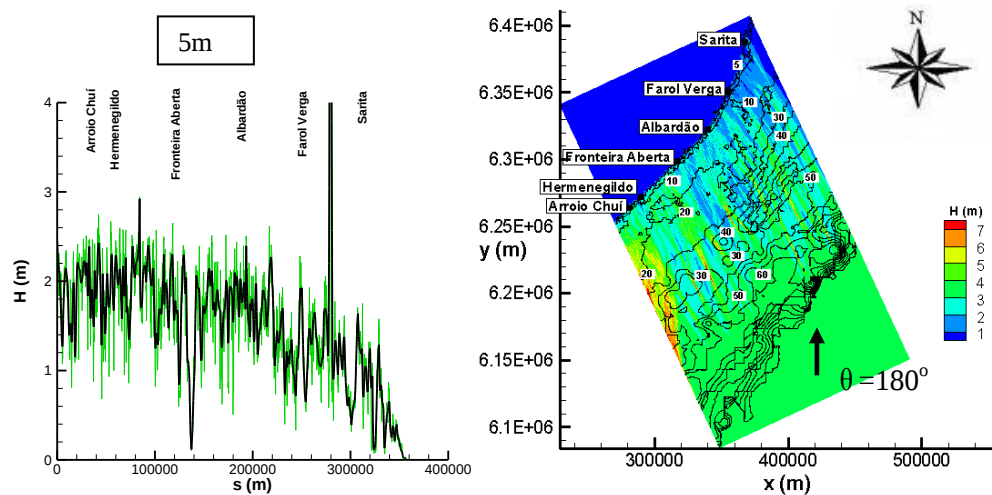


Figura 4.40 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=180^\circ$.

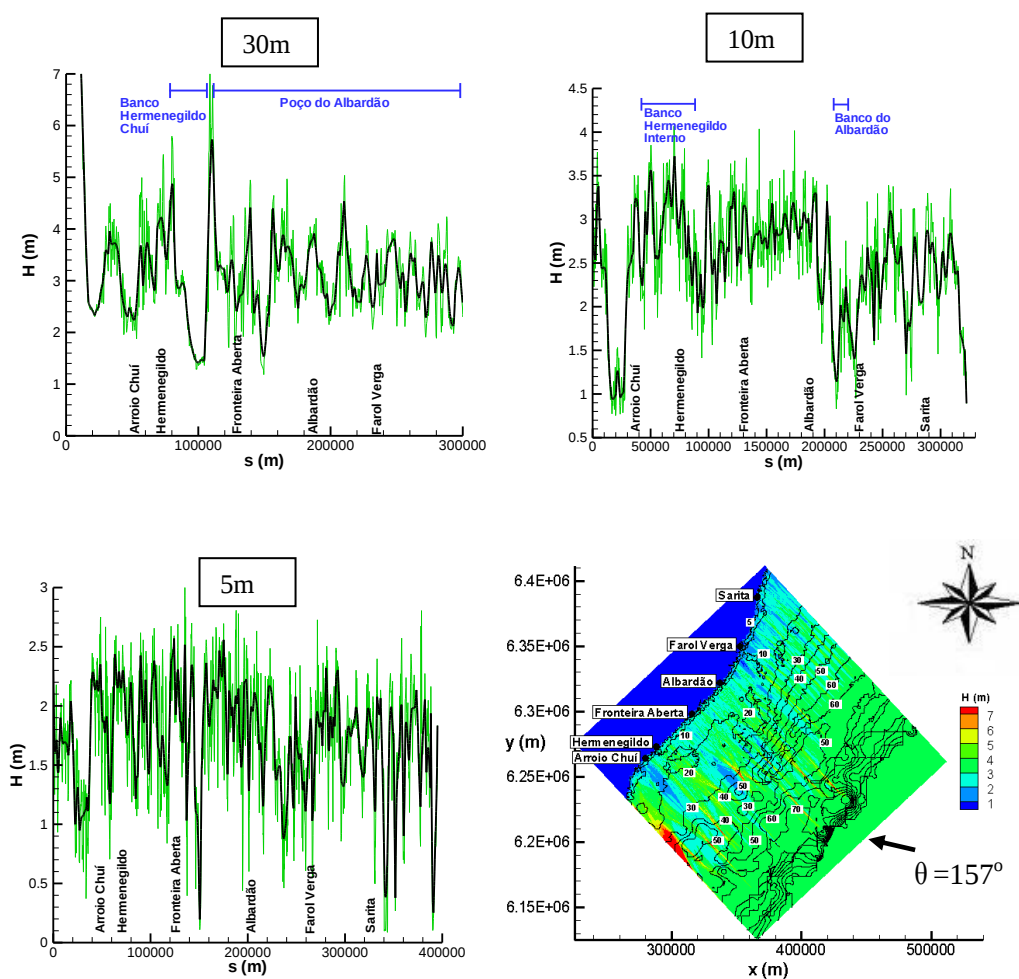


Figura 4.41 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=157^\circ$.

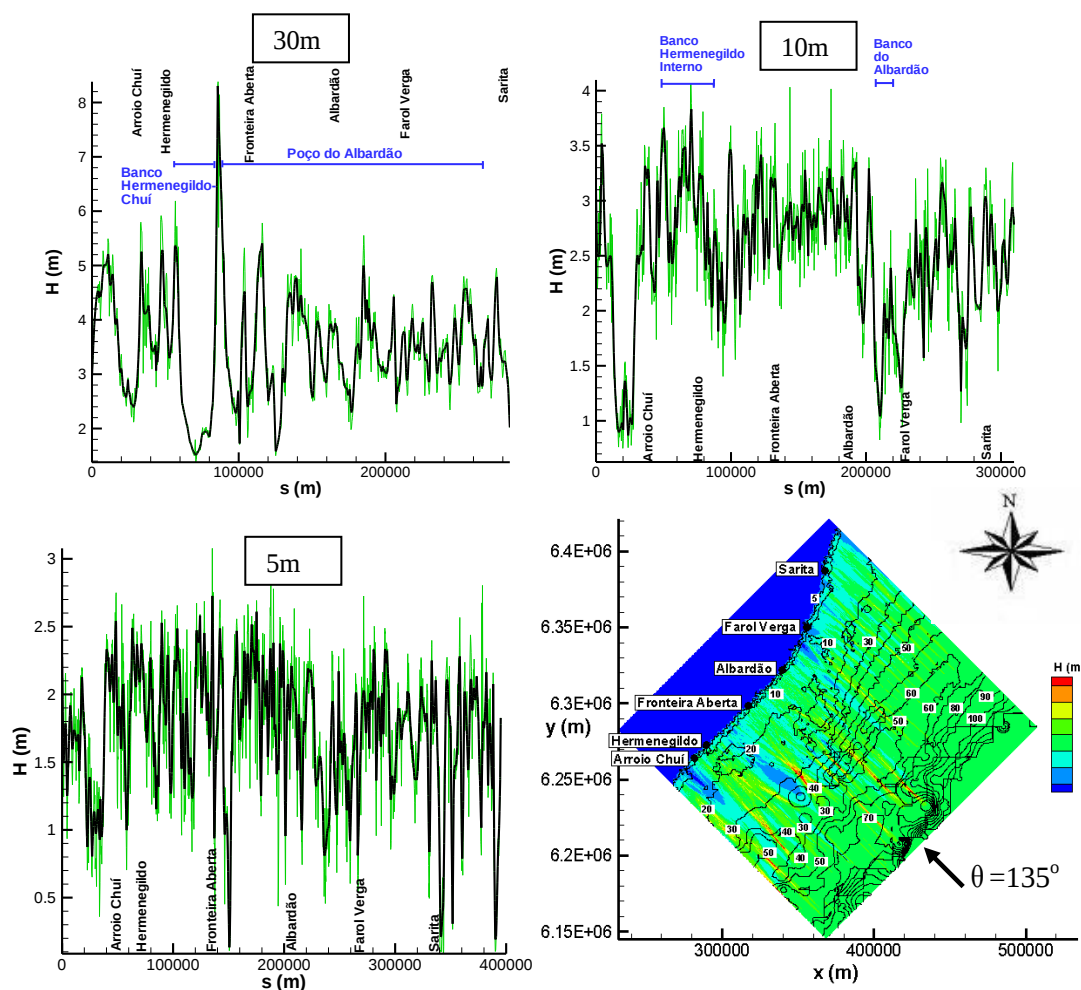
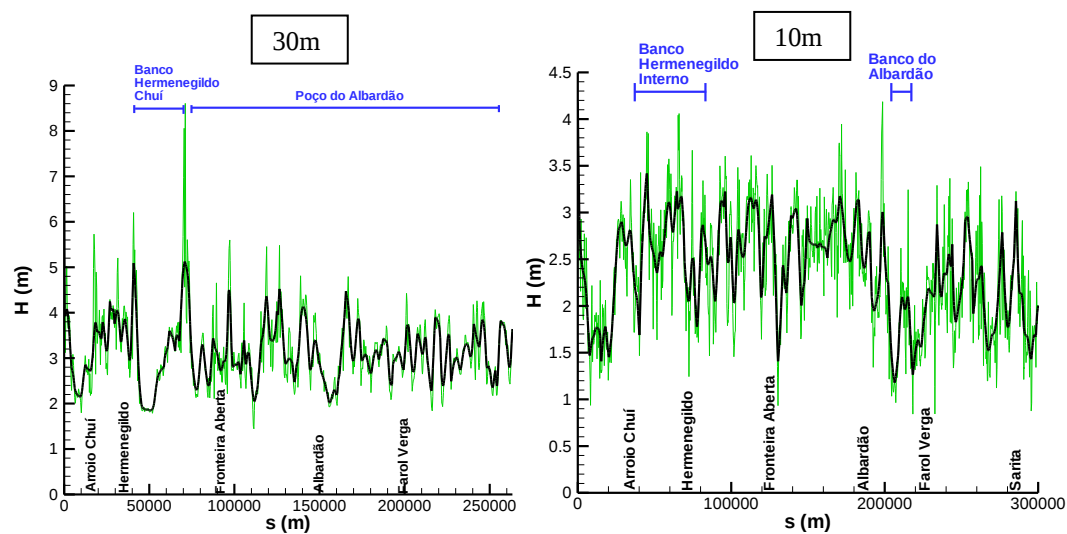


Figura 4.42 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.



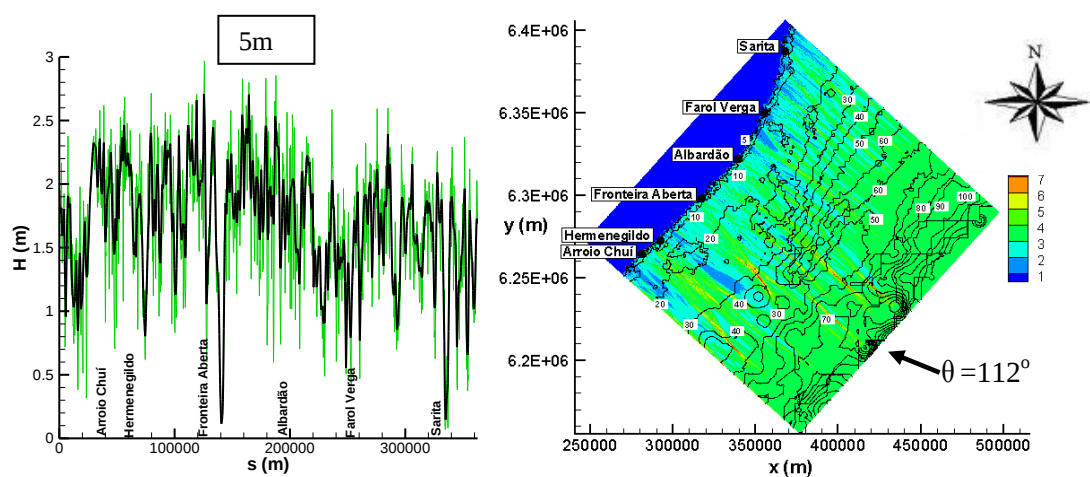


Figura 4.43 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=112^\circ$.

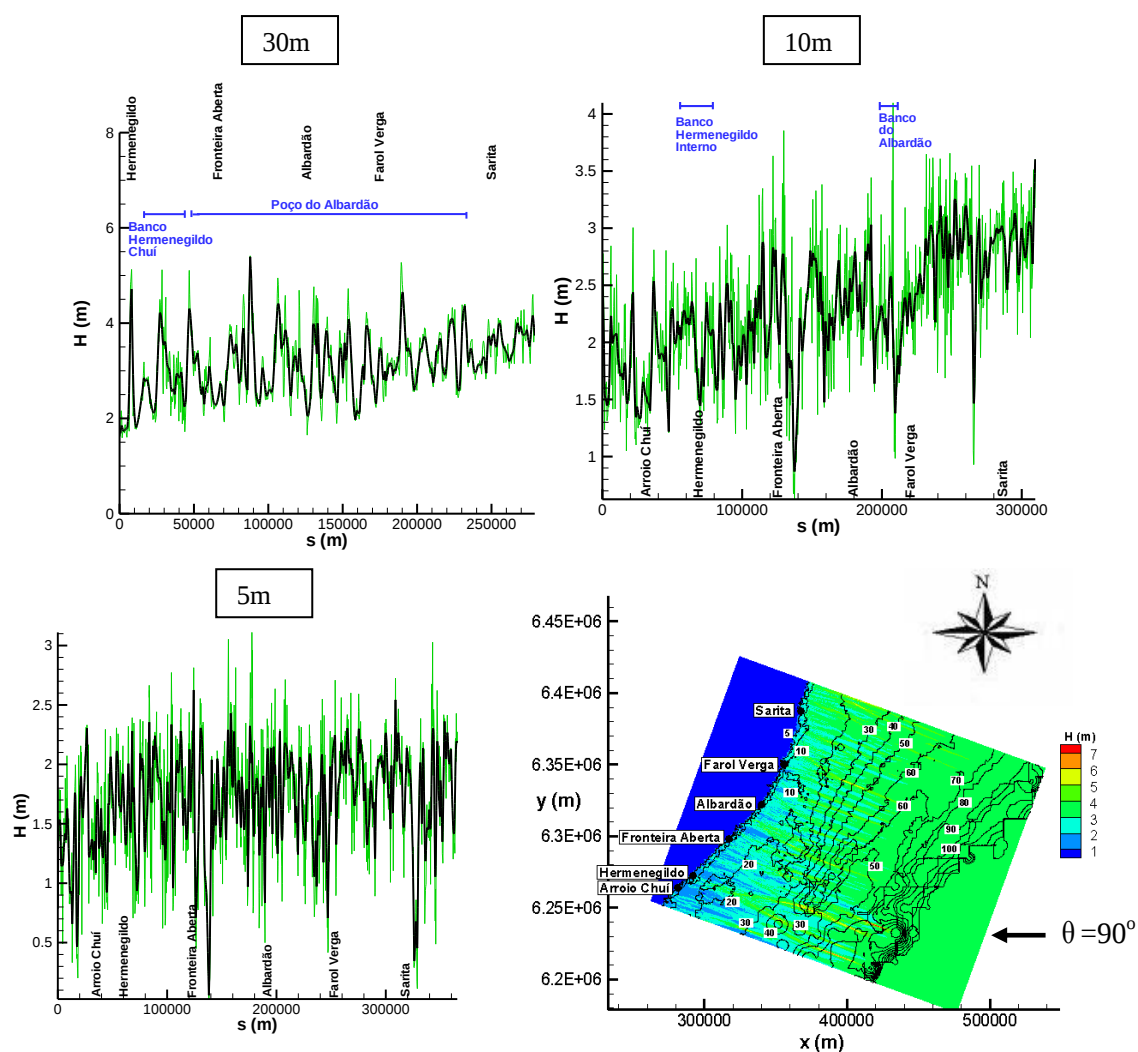


Figura 4.44 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=90^\circ$.

4.2.1 Trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo

As Figuras 4.45 a 4.49 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Arroio Chuí a Hermenegildo e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° .

Assim como nas ondas com período de 10s, nota-se na direção sul a divergência no Hermenegildo desde a batimétrica de 30m com influência do Poço localizado entre as batimétricas de 40m e 50m e a influência do Banco Hermenegildo Interno, a convergência causada por esse poço e pelo Banco Hermenegildo-Chuí vista nas direções 157° , 135° e 112° , as convergências e divergências na direção leste que ocorrem de forma mais espaiada. Observa-se, neste caso, os valores elevados de alturas significativas próximo do Banco Hermenegildo-Chuí, visto claramente nas distribuições de alturas da batimétrica de 30m, chegando a valores em torno de 6m.

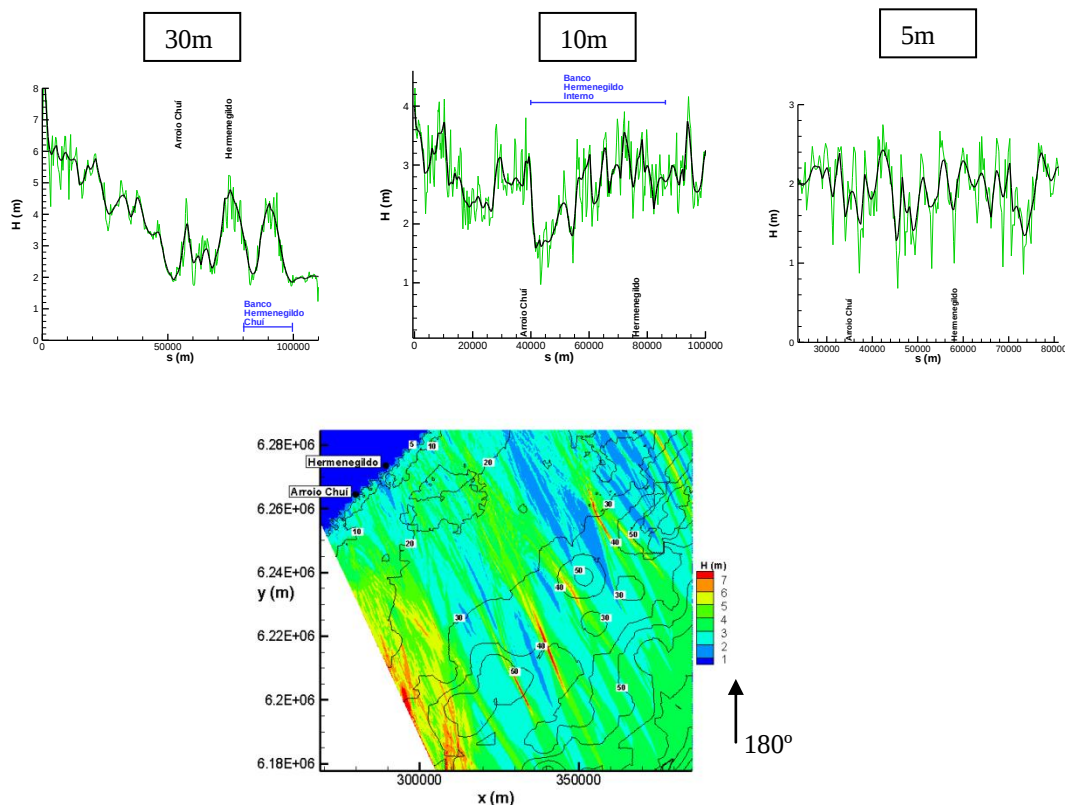


Figura 4.45 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=180^\circ$.

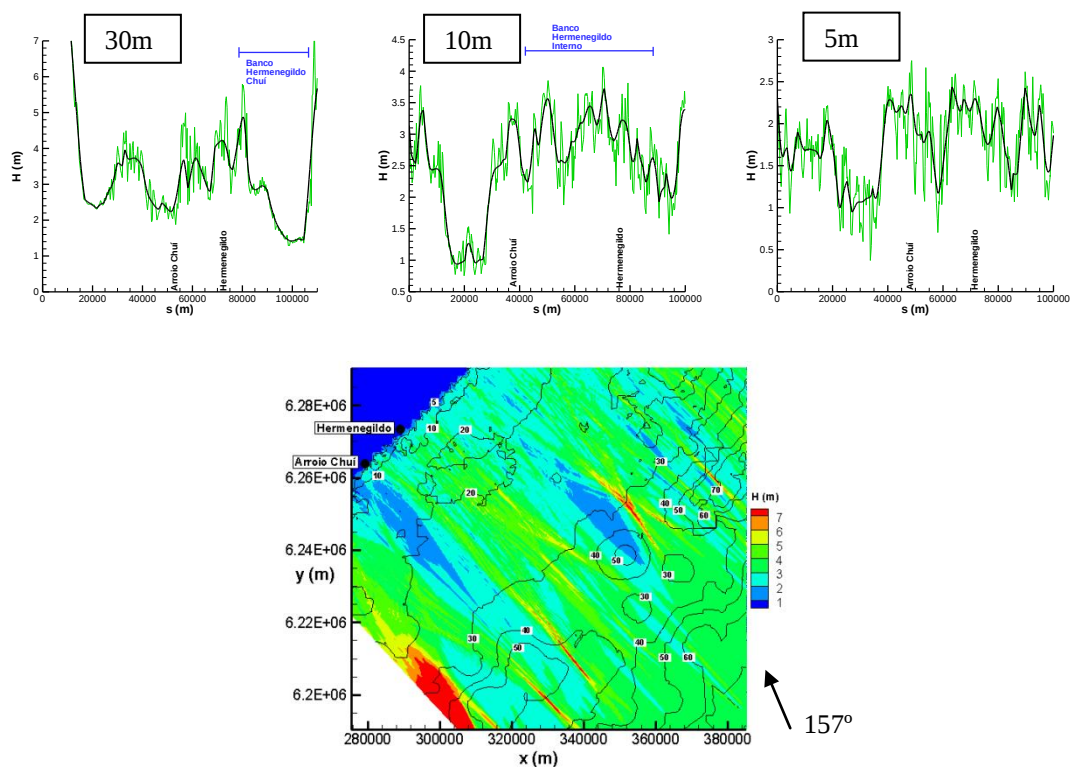


Figura 4.46 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=157^\circ$.

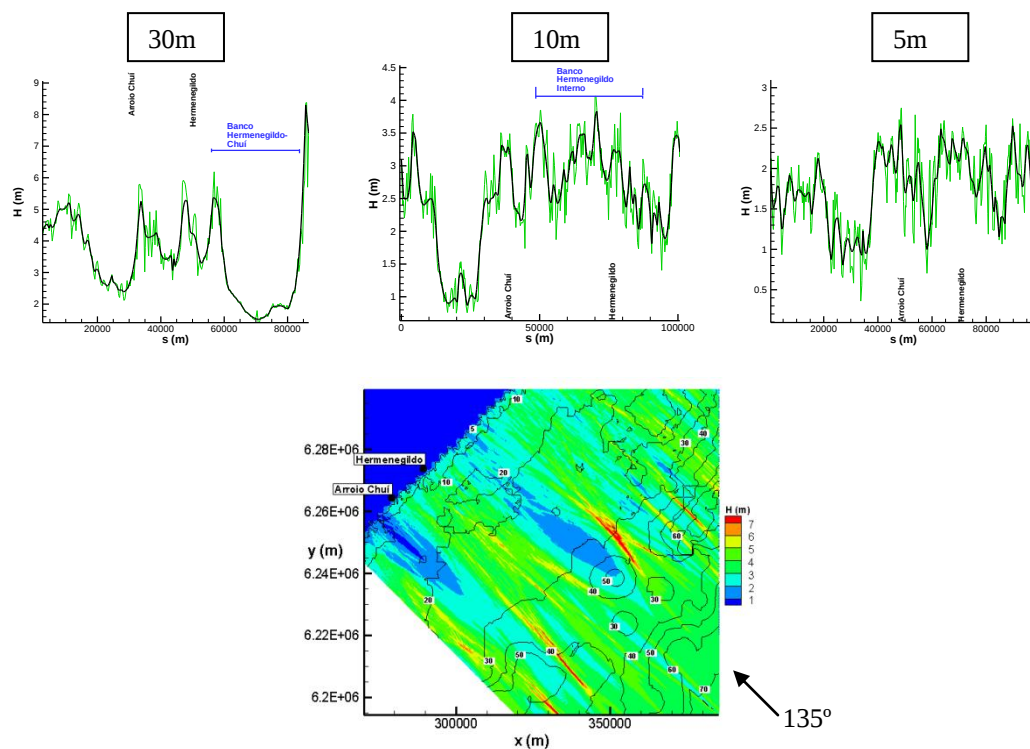


Figura 4.47 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

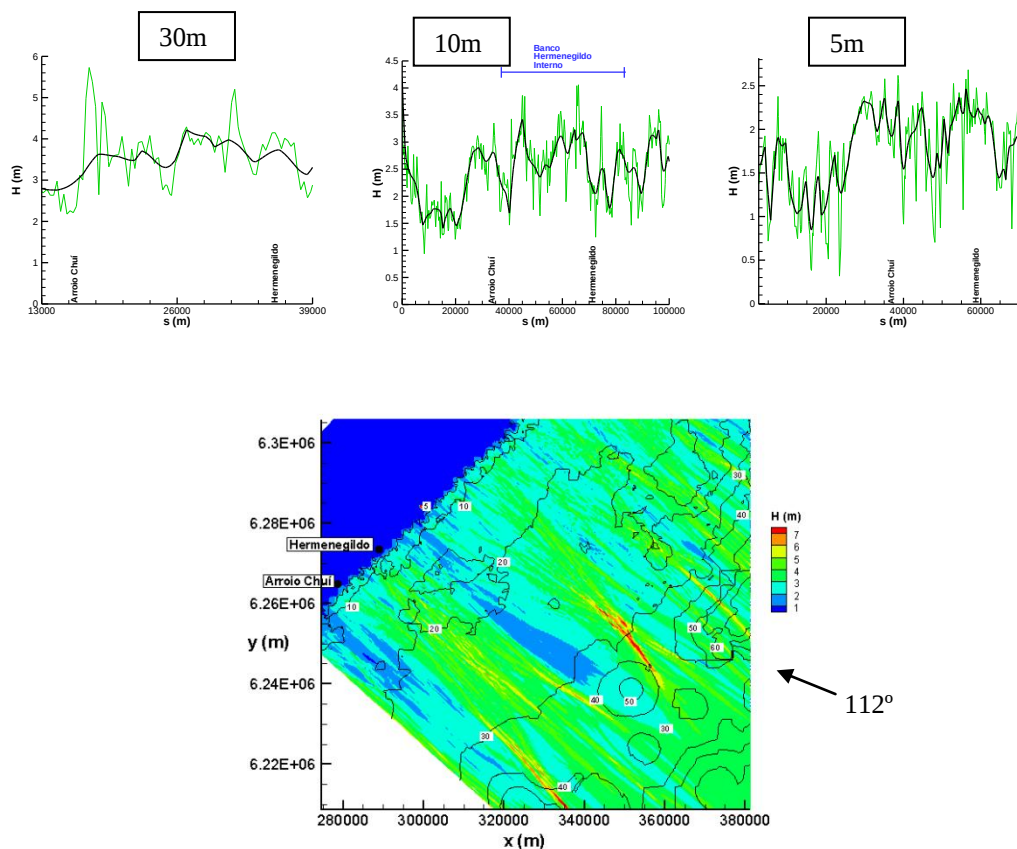
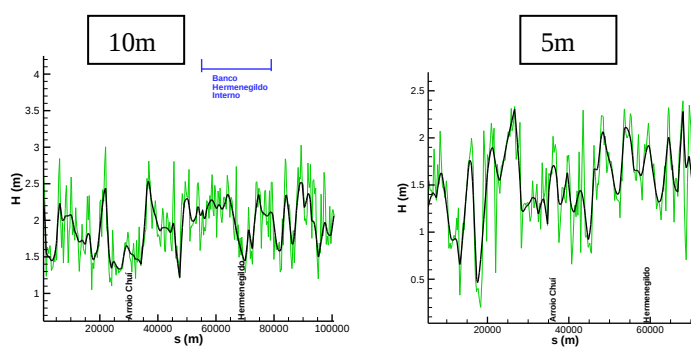


Figura 4.48 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=112^\circ$.



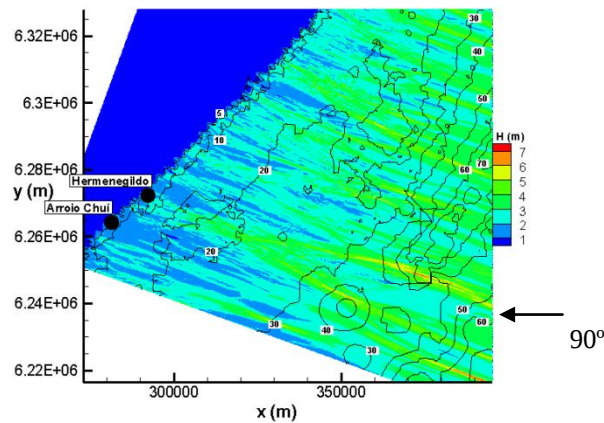
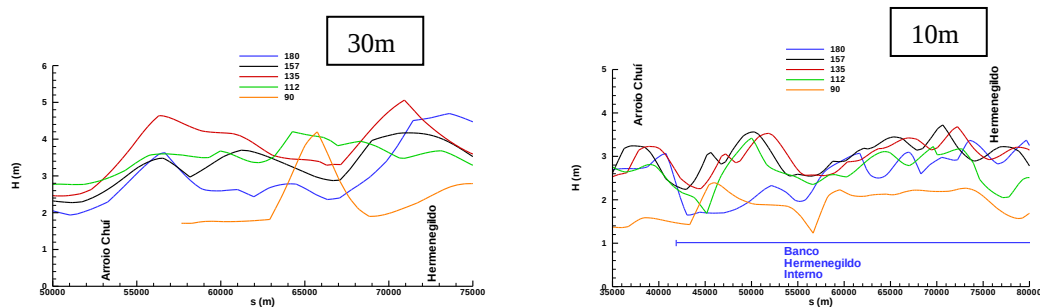


Figura 4.49 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.50 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m. De maneira geral, as ondas se comportam de forma semelhante às com período de 10s. Aqui, também percebe-se que a incidência de sudeste tem maior intensidade na convergência do Arroio Chuí do que as demais, que as ondas com incidência de 157° e 135° tem maior concentração de energia na batimétrica de 10m e que além dessas incidências a de 112° também tem maior energia na batimétrica de 5m do que as demais incidências. O que os casos da onda de 12s diferem daqueles de períodos de 10s são as reduções de alturas de onda em relação às de incidência percebidas na batimétrica de 5m, devido aos efeitos de dissipação de energia por rebentações parciais mais intensos nas ondas de 12s.



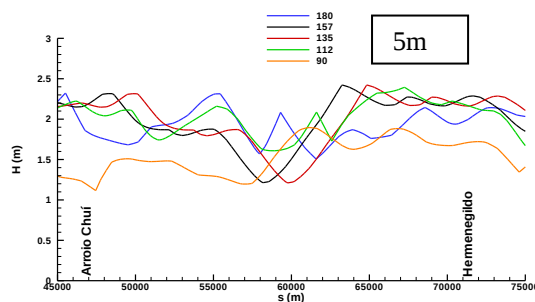
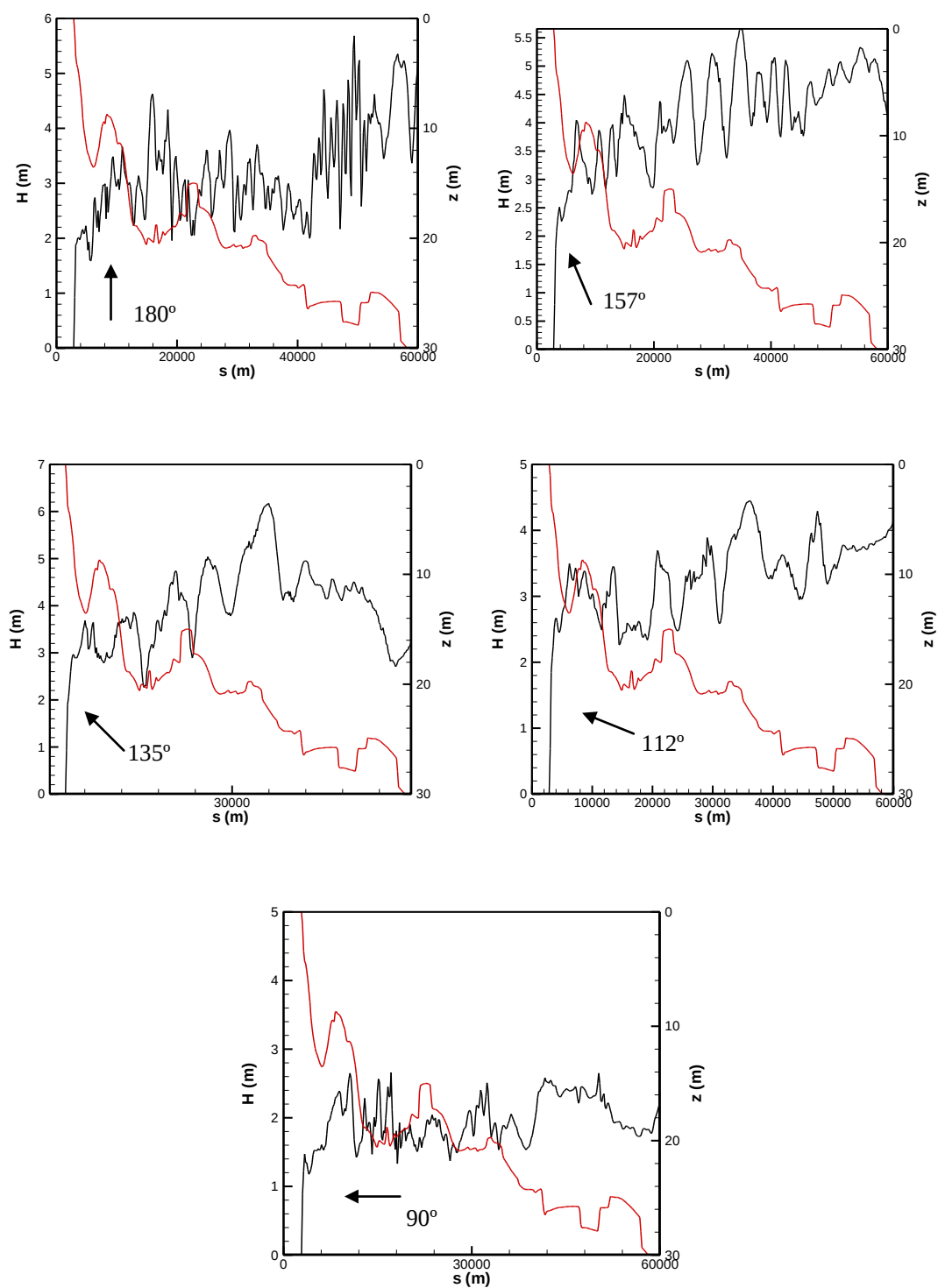


Figura 4.50 - Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo para onda de $T=12s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.51 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil do Hermenegildo para onda de $T=12s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade de 5m. Portanto, seguramente as alturas observadas na batimétrica de 5m já representam as de ondas sob rebentação.

Para o perfil do Hermenegildo observa-se que o comportamento das alturas de onda com período de 10s e de 12s é semelhante apenas para a incidência de sul onde é visto um empolamento no Banco Hermenegildo Interno. Já para as direções de 157° , 135° e 112° , constata-se que as ondas vêm diminuindo a sua altura gradativamente até a costa devido às rebentações parciais sucessivas, que não são vistas com tanta intensidade nas ondas com período de 10s. Para a onda de leste observa-se um ganho de energia, de aproximadamente 1m de altura de onda, após o Banco Hermenegildo Externo o qual se mantém até o Banco Hermenegildo Interno. De modo geral, percebe-se que as ondas com período de 12s têm mais rebentações parciais do que as ondas com período de 10s, o que ocorre devido ao comprimento de onda ser maior com período de 12s.

Figura 4.51 - Altura significativa ao longo do perfil Hermenegildo para onda $T=12$ s.

4.2.2 Trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta

As Figuras 4.52 a 4.56 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Hermenegildo a Fronteira Aberta e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° .

Assim como para as ondas com período de 10s, aqui também observa-se a convergência que ocorre entre Hermenegildo e Fronteira Aberta com a influência do Banco Hermenegildo-Chuí, do poço localizado nas batimétricas de 40m e 50m, do lado sul do Poço do Albardão e do Banco Hermenegildo Interno para a incidência de sul. Tal convergência também é vista para as incidências de 157° , 135° e 112° deslocada mais ao sul da região, porém em uma escala maior, o que mostra que essas incidências, assim como com período de 10s, fazem com que as ondas sintam com mais intensidade os acidentes topográficos observados na batimétrica de 30m, abrangendo uma maior extensão. Já na incidência de leste as convergências e divergências também ocorrem, porém de forma mais espaiada. Ressalta-se que as ondas com período de 12s têm alturas de onda maior do que as com período de 10s.

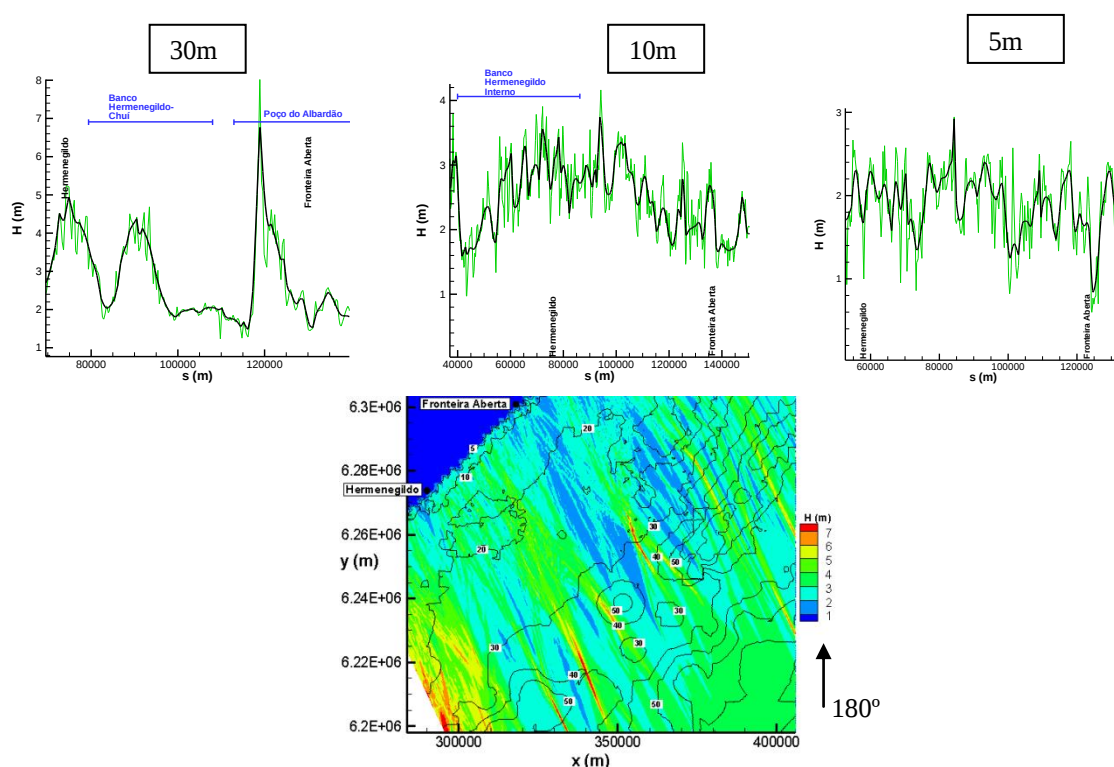


Figura 4.52 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=180^\circ$.

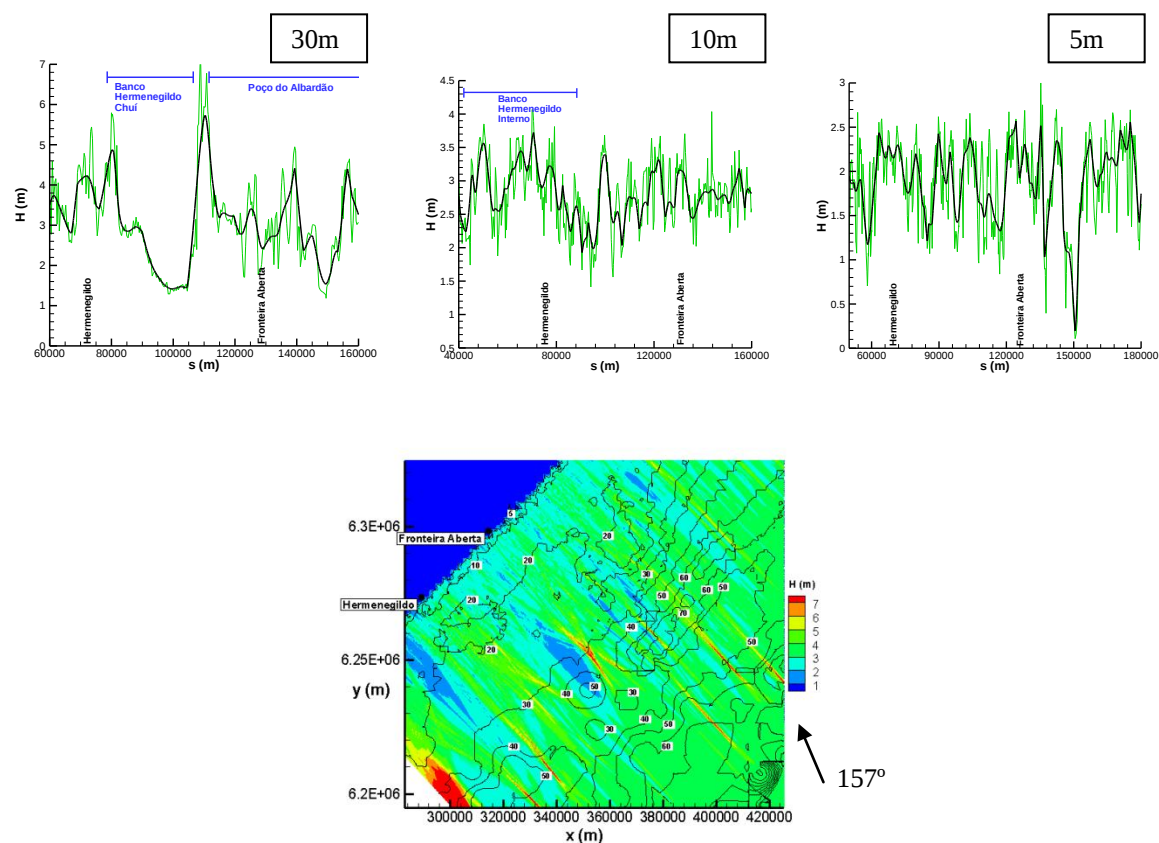
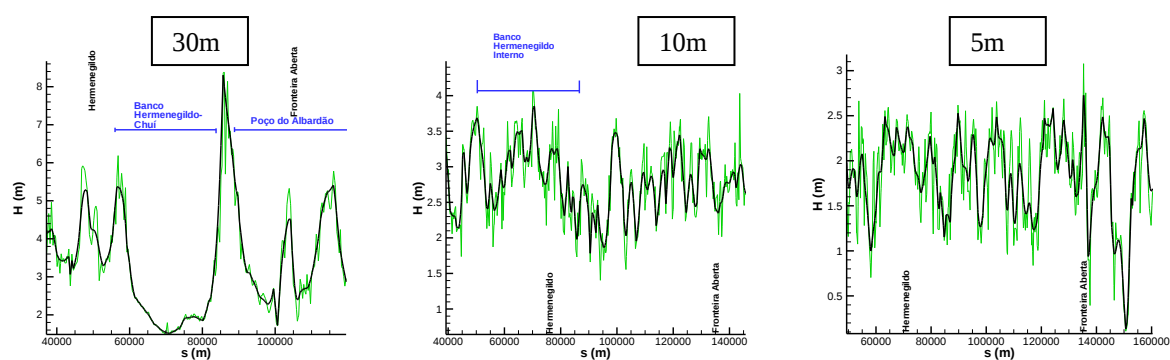


Figura 4.53 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=157^\circ$.



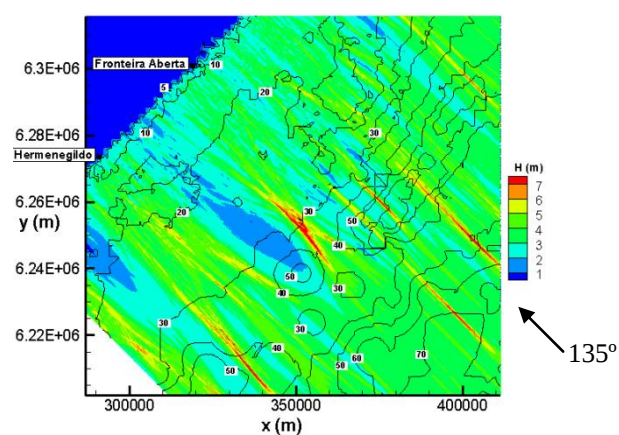


Figura 4.54 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

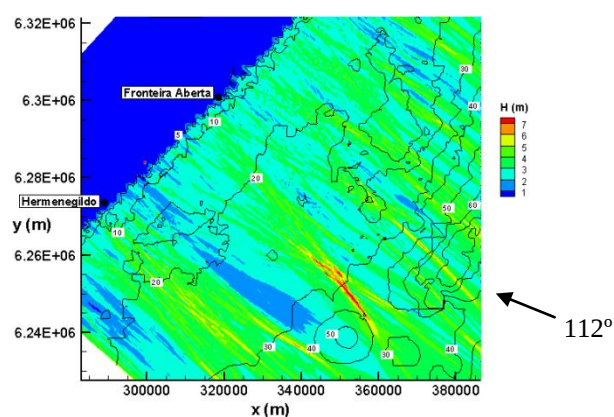
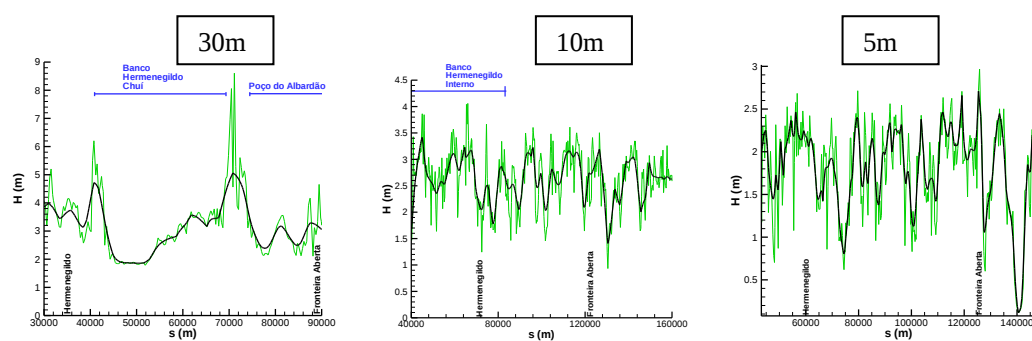


Figura 4.55 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=112^\circ$.

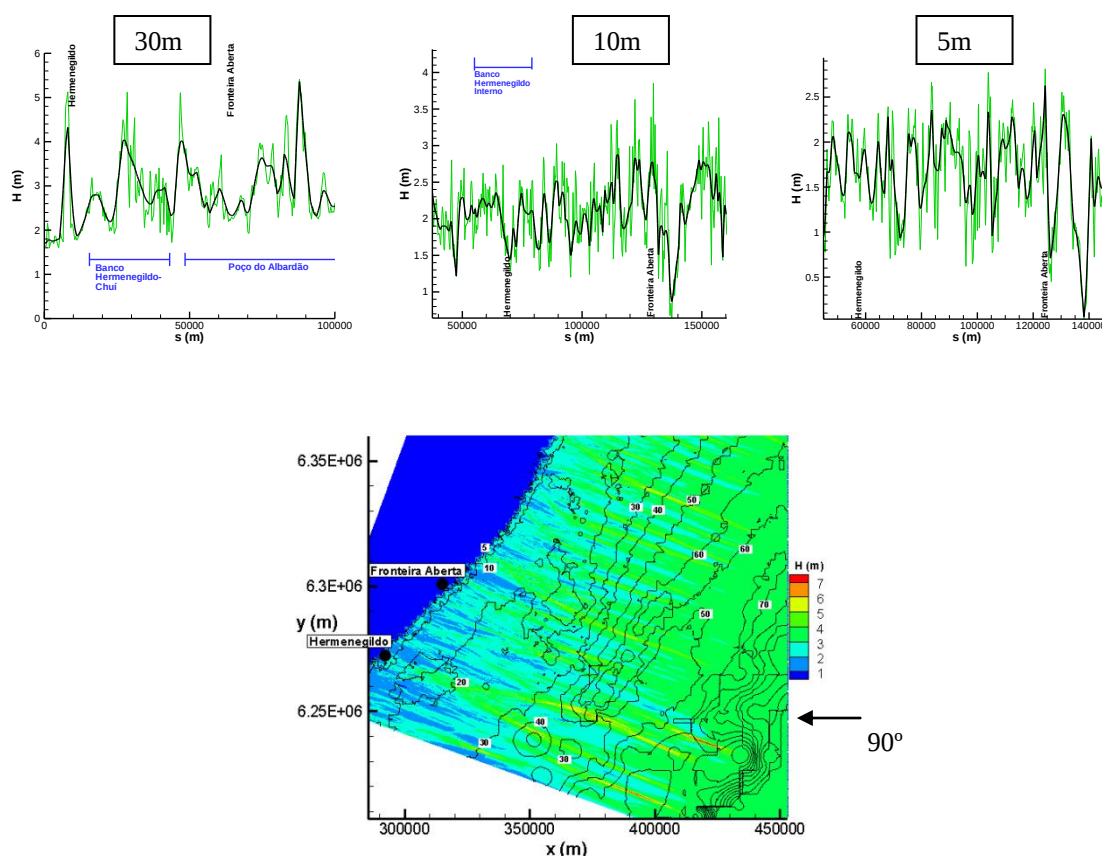


Figura 4.56 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimétricas de 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.57 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência ao longo destas batimétricas. Comparando todas as incidências de ondas com período de 10s e de 12s, percebe-se na batimétrica de 30m, que a convergência que ocorre na região da Fronteira Aberta para a incidência de 157° com período de 10s, no período de 12s não é visto. O que também se nota, é que a convergência entre os acidentes Poço do Albardão e Banco do Hermenegildo-Chuí para as incidências de 135° e 157° com período de 10s as alturas se equiparam, porém no período de 12s a altura da incidência de sudeste é maior. Já nas batimétricas de 10m e 5m, em todas as incidências com período de 10s nota-se que há uma leve convergência na região do Hermenegildo o que não ocorre com período de 12s onde as alturas das ondas não sofrem tanta variação.

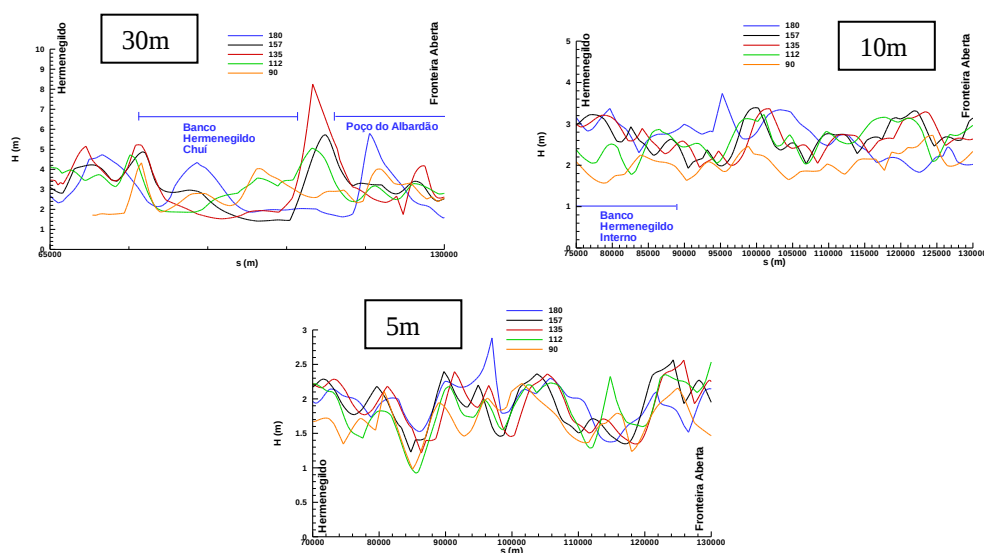
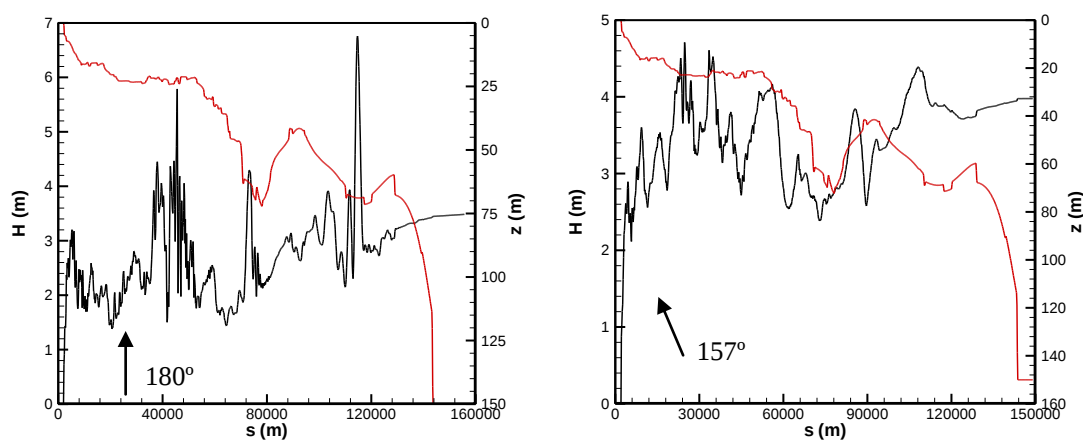


Figura 4.57 - Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta para onda de $T=12s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.58 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil do Hermenegildo para onda de $T=12s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade de aproximadamente de 7m. De modo geral, as ondas com período de 10s se comportam de forma semelhante às ondas com período de 12s, observando que as alturas de ondas são maiores em valores absolutos para o período de 12s, mas relativamente a sua altura inicial, ocorre um decréscimo devido a presença de rebentações parciais sucessivas mais intensas.



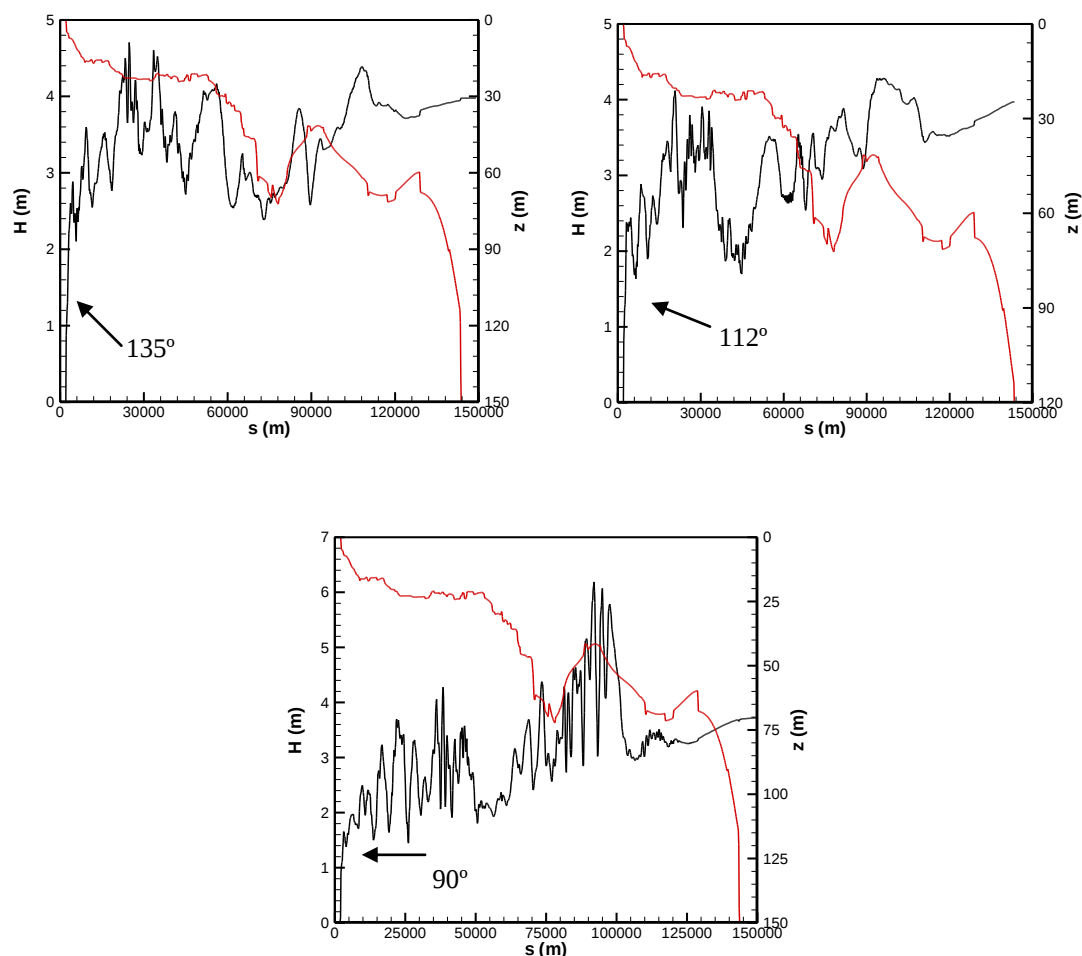


Figura 4.58 - Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda $T=12s$.

4.2.3 Trecho entre Fronteira Aberta e Albardão

As Figuras 4.59 a 4.63 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Fronteira Aberta ao Albardão e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180°, 157°, 135°, 112° e 90°. Para todas as incidências o comportamento das ondas de período de 12s são semelhantes ao comportamento daquelas com período de 10s, com diferenças já apontadas em relação às rebentações sucessivas que ocorrem com mais intensidade nas ondas de 12s.

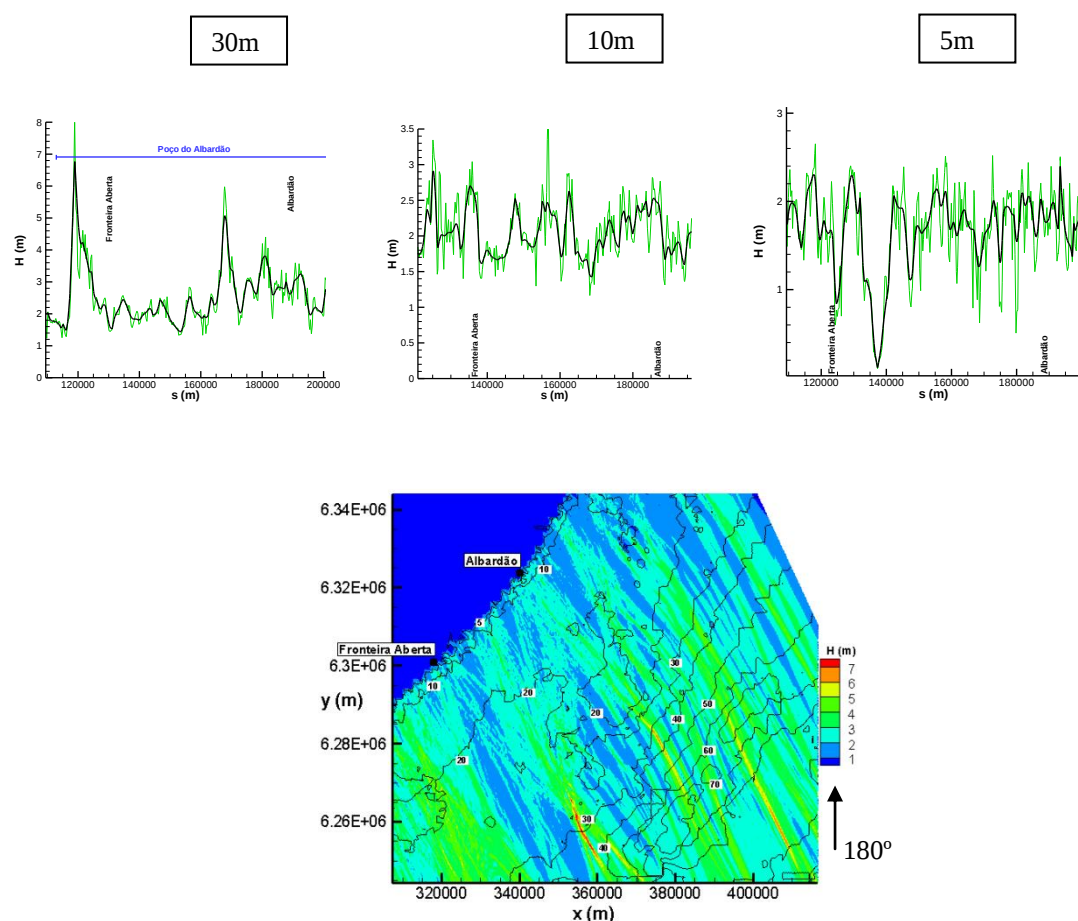
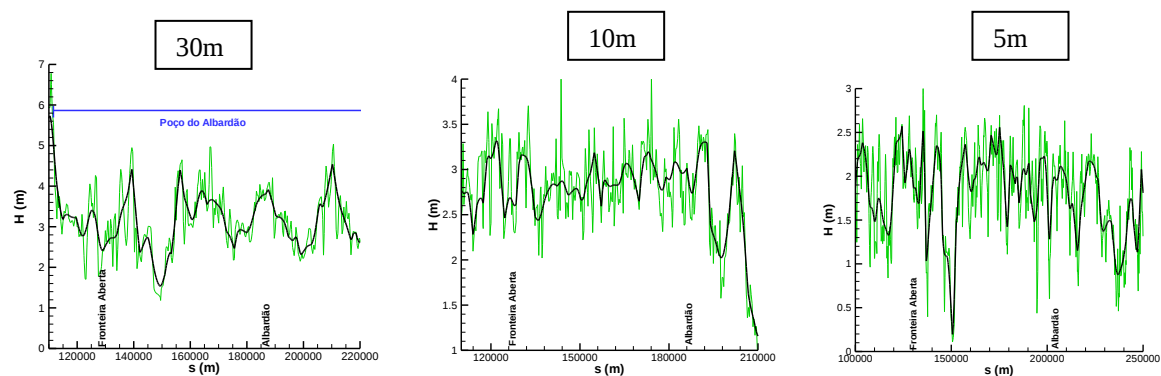


Figura 4.59 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12$ s e $\theta=180^\circ$.



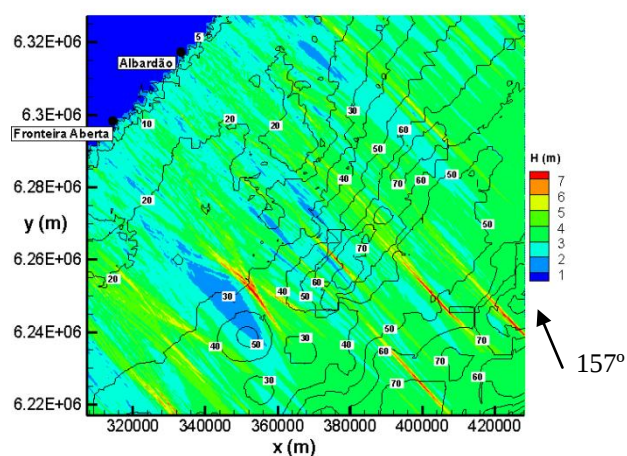


Figura 4.60 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=157^\circ$.

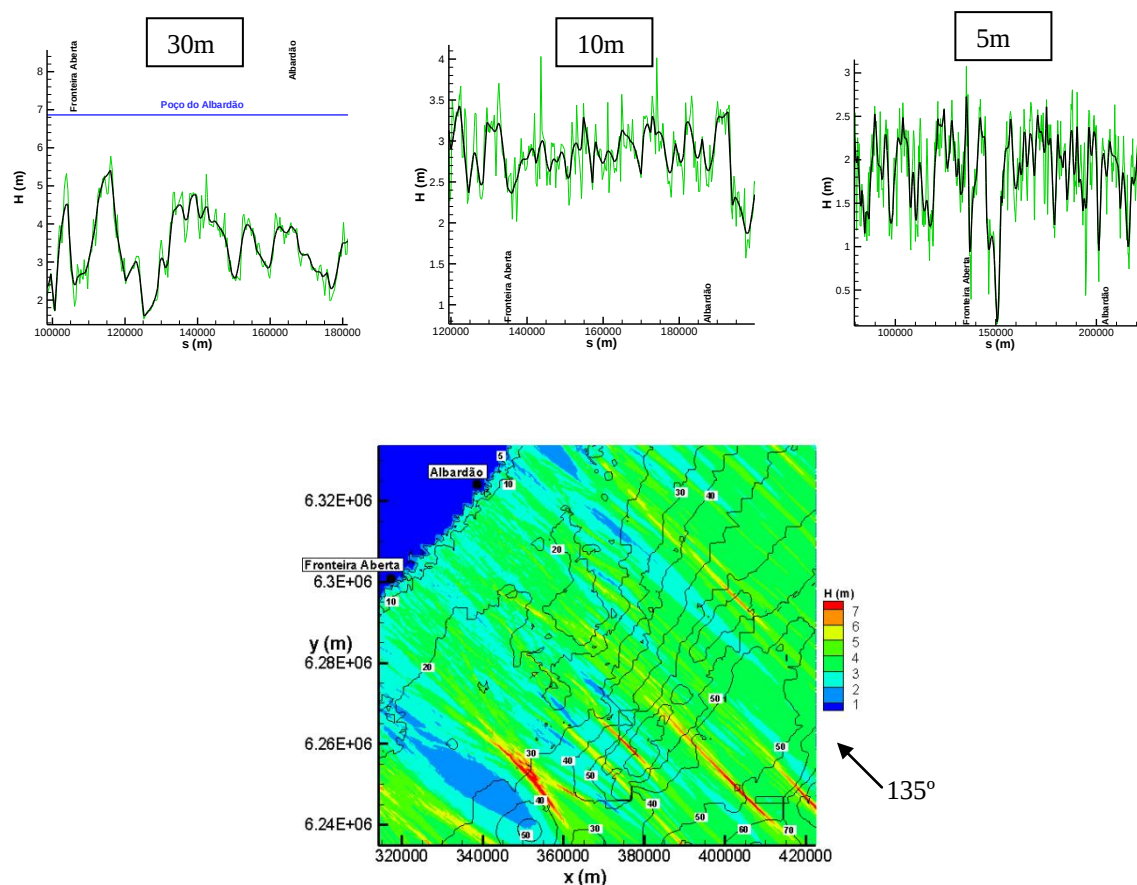


Figura 4.61- Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

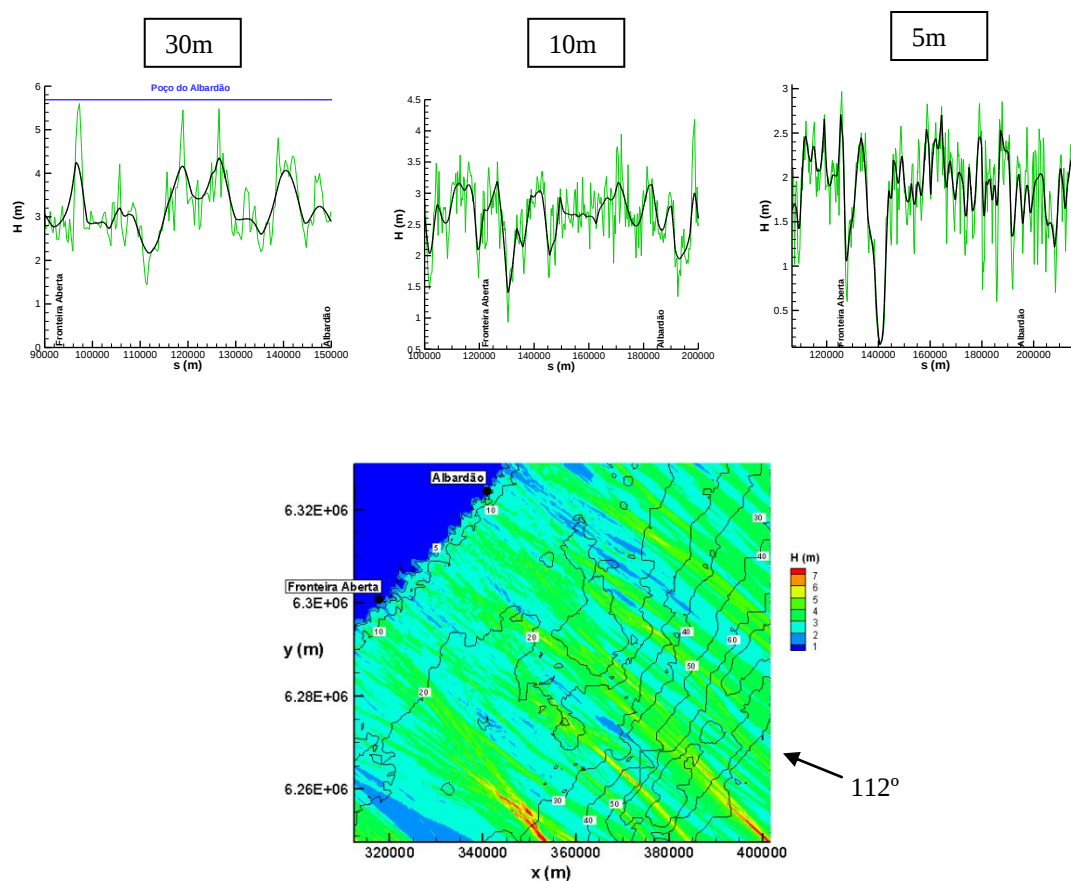
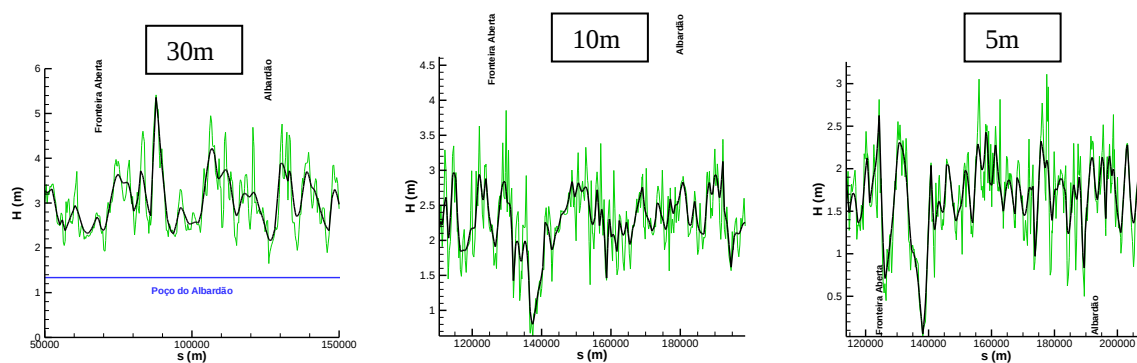


Figura 4.62 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=112^\circ$.



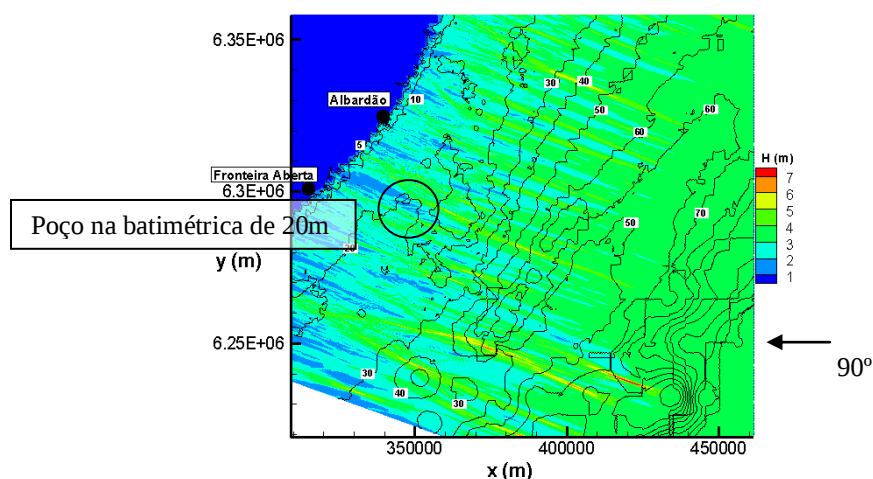
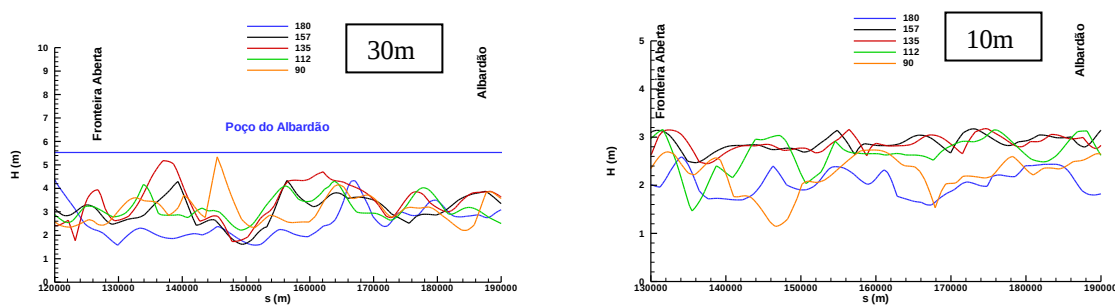


Figura 4.63 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.64 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas. Assim como para o período de pico de 10s, aqui também observa-se que as ondas de incidências 157° , 135° e 112° demonstram um comportamento muito semelhante na batimétrica de 30m. Já o pico de convergência visto ao sul de Albardão nas ondas com período de 10s na batimétrica de 10m, aqui não é visto, observa-se apenas que as incidências sul e leste têm uma energia de onda menor que as demais incidências. Enquanto que, na batimétrica de 5m, entre as ondas com período de 10s e 12s, o comportamento volta a ficar semelhante.



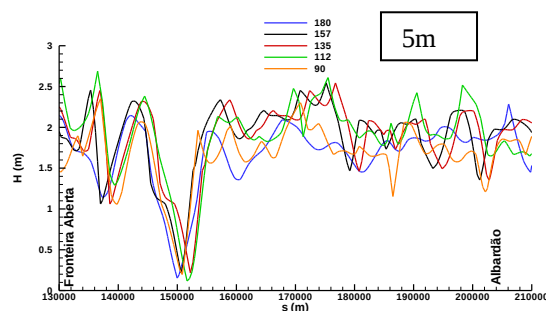
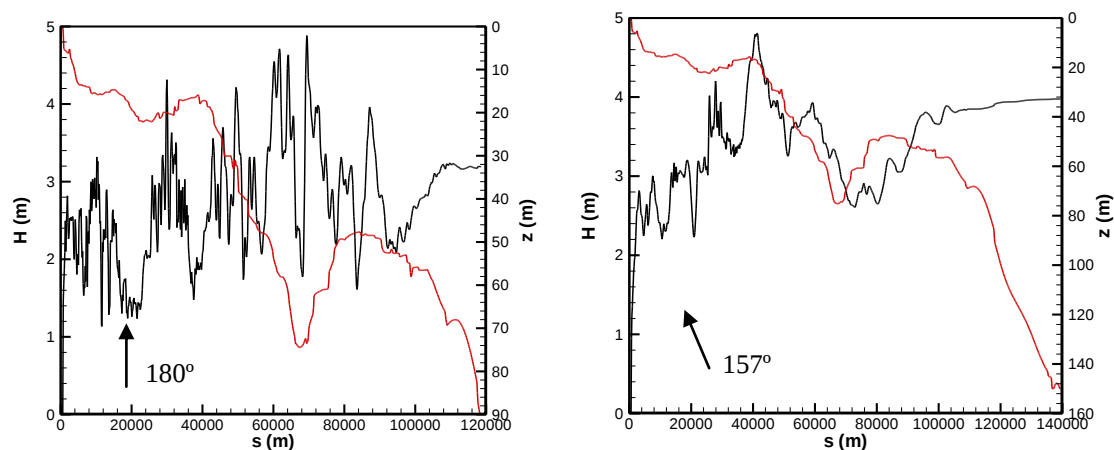


Figura 4.64 - Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão para onda de $T=12s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.65 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil da Fronteira Aberta para onda de $T=12s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade em torno de 6m.

Na onda de sul com período de 12s percebe-se mais empolamento do que na onda de com período de 10s. Já para as incidências de 157° , 135° e 90° , percebe-se um comportamento semelhante entre as ondas com esses dois períodos, mas com alturas de onda maiores para o período de 12s. Para a direção de 112° o averigua-se que a onda com período de 10s sofre um empolamento após o Poço do Albardão enquanto que a onda de período de 12s sofre vários empolamentos após esse acidente topográfico, o que possivelmente ocorre devido à onda de maior período sentir o fundo com mais antecedência do que a onda de menor pico.



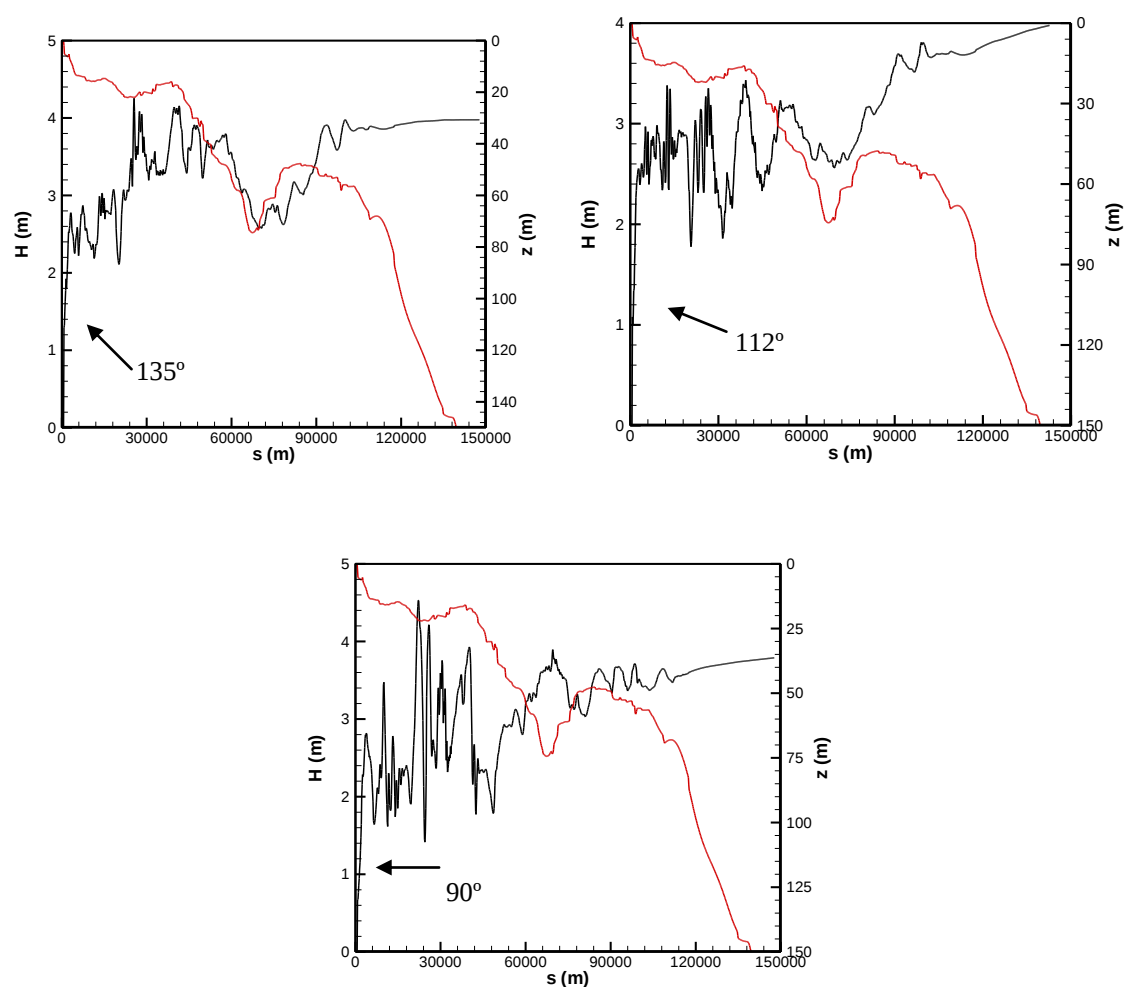


Figura 4.65 - Altura significativa ao longo do perfil Albardão para onda $T=12s$.

4.2.4 Trecho entre Albardão e Farol Verga

As Figuras 4.66 a 4.70 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Albardão a Farol Verga e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° . De forma geral, as ondas com período de 12s se comportam de maneira semelhante às ondas com período de 10s nesse trecho de estudo, sempre observando que os valores absolutos das alturas de ondas são maiores para o período de 12s.

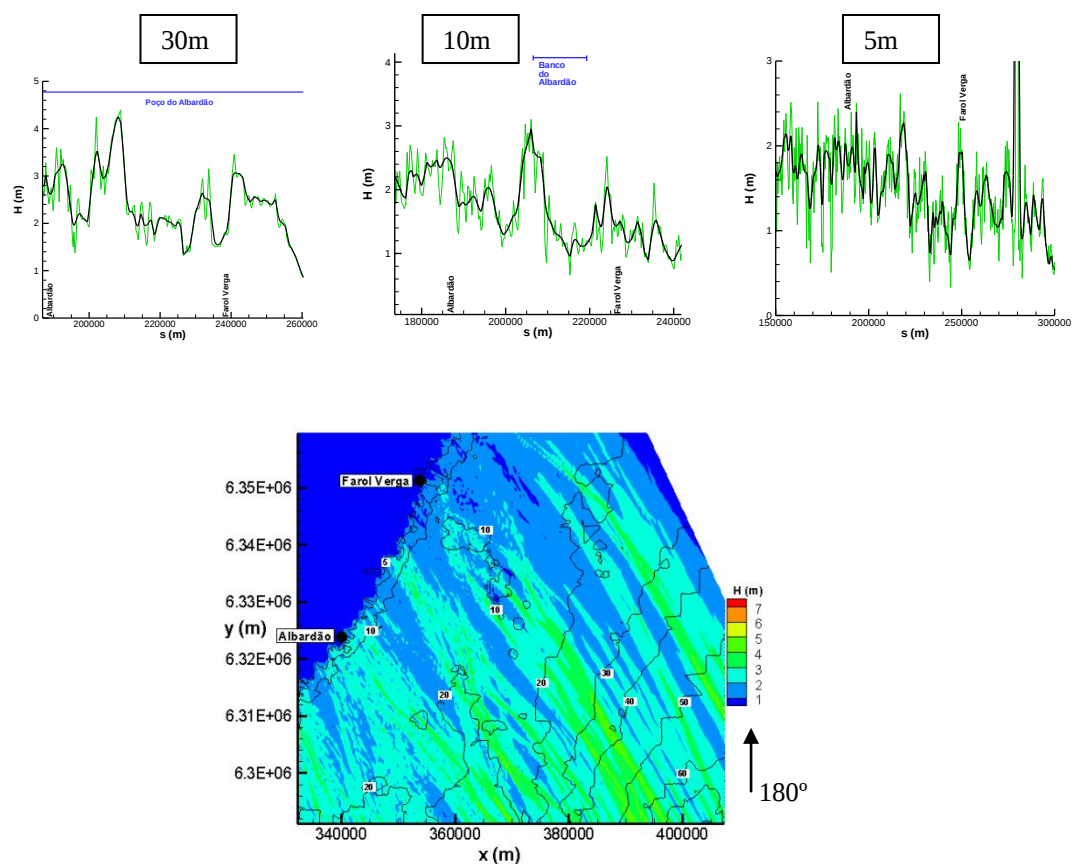
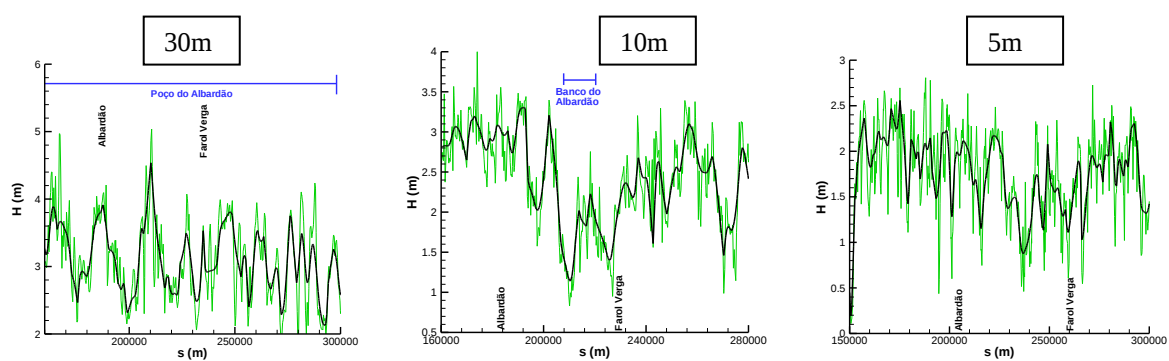


Figura 4.66 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=180^\circ$.



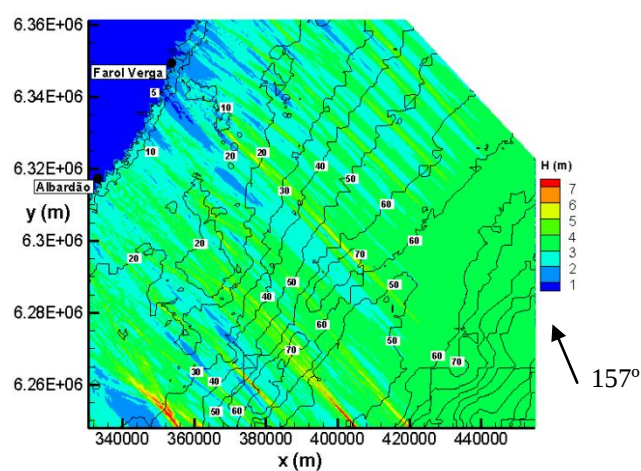


Figura 4.67 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=157^\circ$.

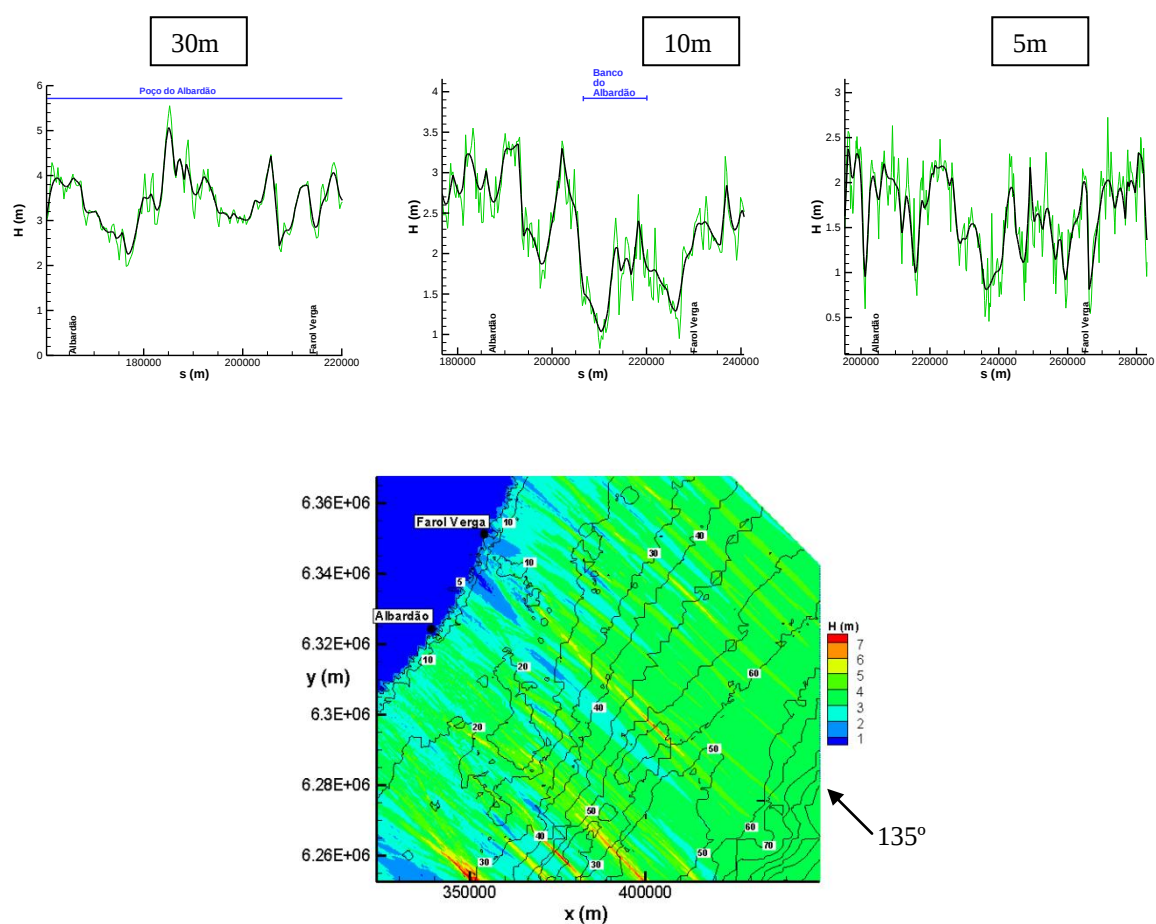


Figura 4.68- Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

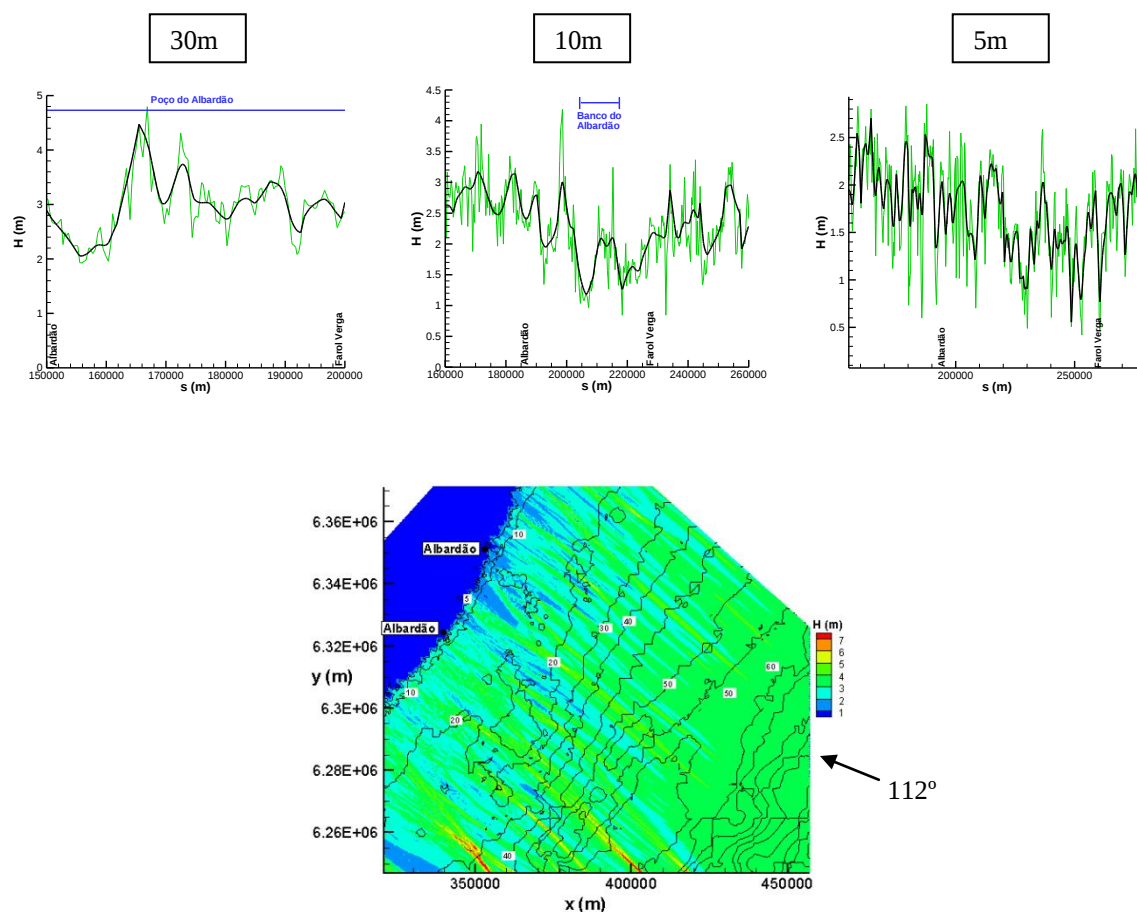
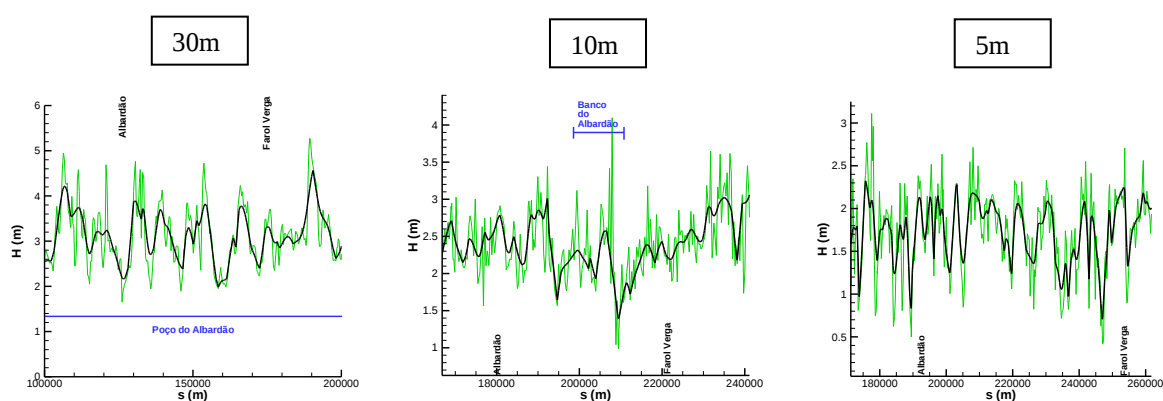


Figura 4.69 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=112^\circ$.



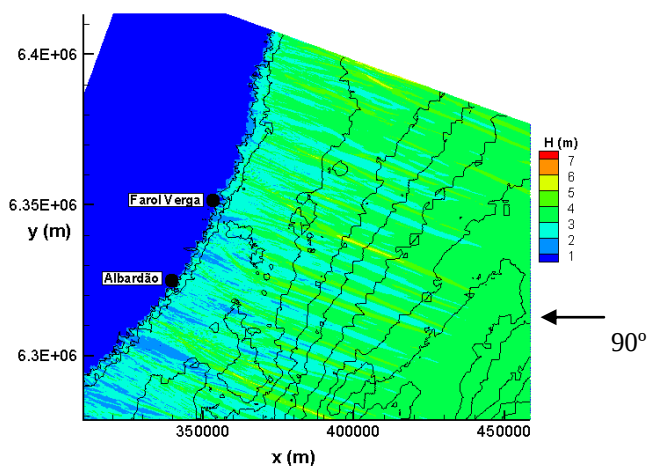


Figura 4.70 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.71 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas. Observa-se que o comportamento das ondas em todas as incidências é bem semelhante, com exceção da onda de 180° , que apresenta um nível de energia mais baixo que as demais em alguns trechos, o que também é visto nas ondas com período de 10s.

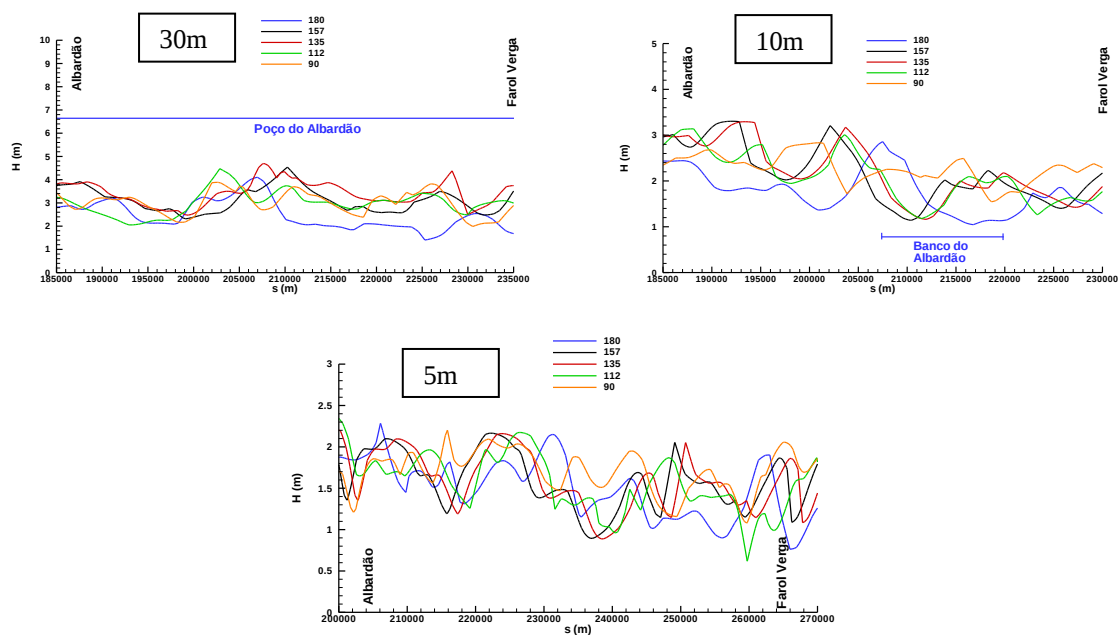


Figura 4.71 - Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Albardão e Farol Verga para onda de $T=12s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.72 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda de $T=12s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade de 5,5m. Para todas as incidências, as ondas possuem um comportamento semelhante as ondas com período de 10s.

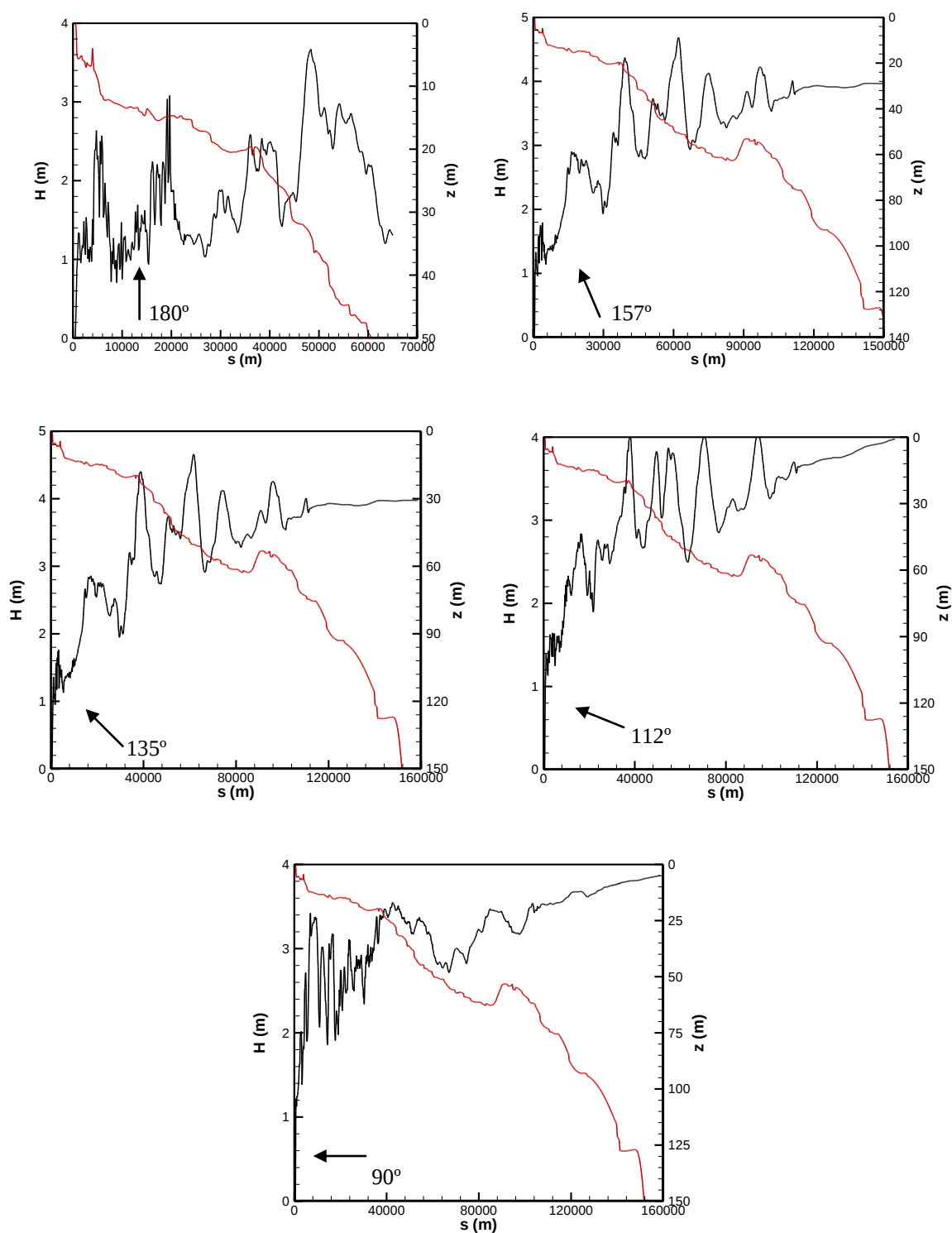


Figura 4.72 - Altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda $T=12s$.

4.2.5 Trecho entre Farol Verga e Sarita

As Figuras 4.73 a 4.77 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Farol Verga a Sarita e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° . Assim como para as ondas com período de 10s, aqui também observa-se que o Banco do Albardão causa convergência nas proximidades da região do Farol Verga, e que para as incidências de 157° , 135° e 112° a intensidade é maior. No restante desse trecho as ondas se comportaram de forma semelhante as ondas com período de 10s.

É importante mencionar que nas incidências de 180° , 157° e 112° não foi possível visualizar a batimétrica de 30m devido à inclinação das grades.

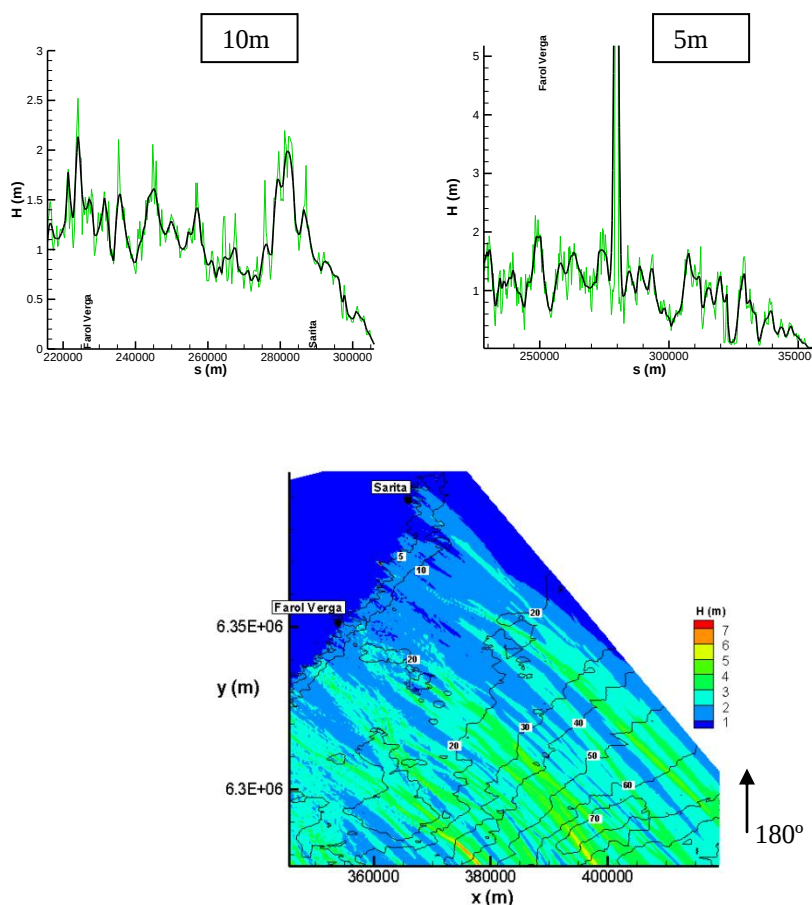


Figura 4.73 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=180^\circ$.

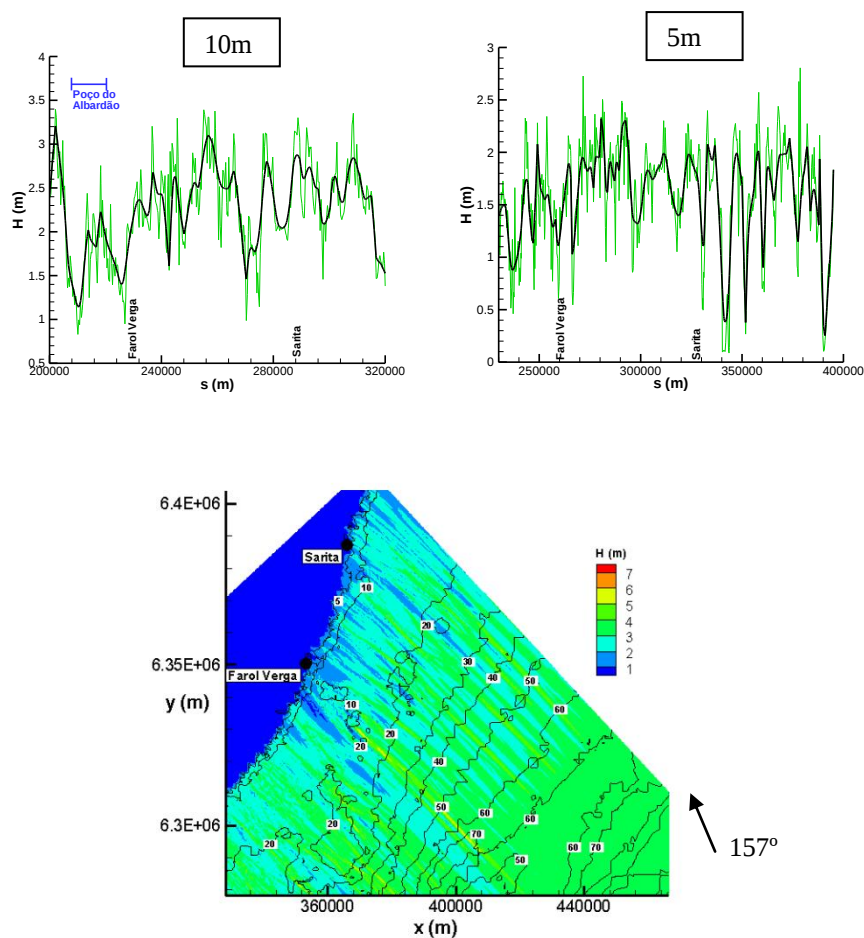
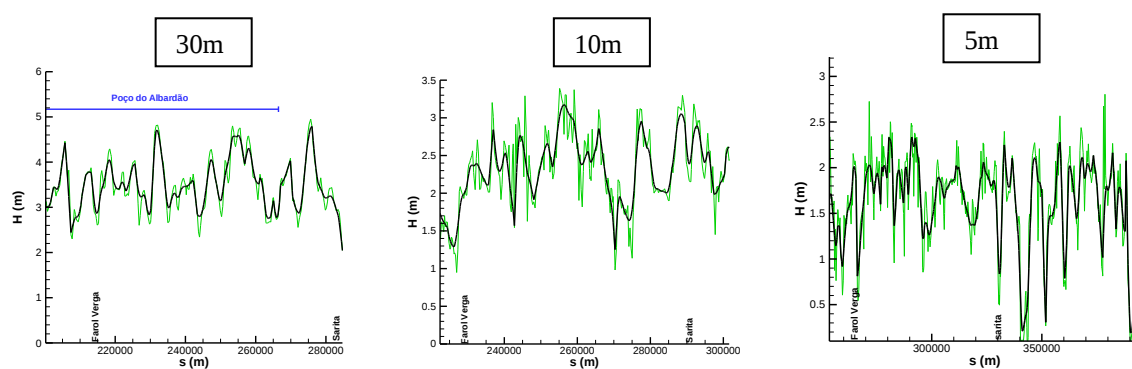


Figura 4.74 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=157^\circ$.



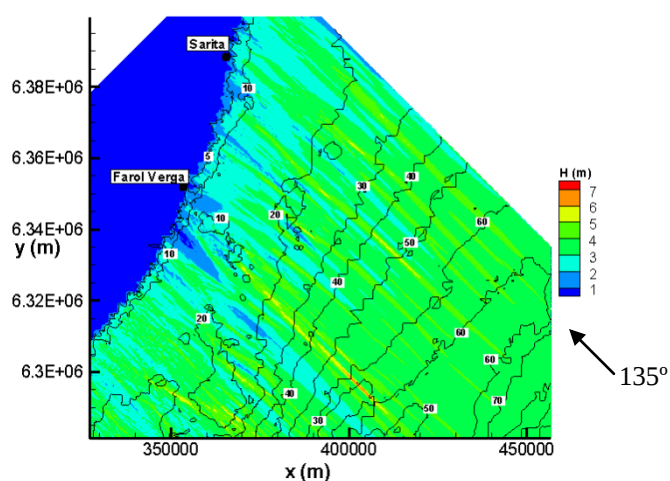


Figura 4.75- Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

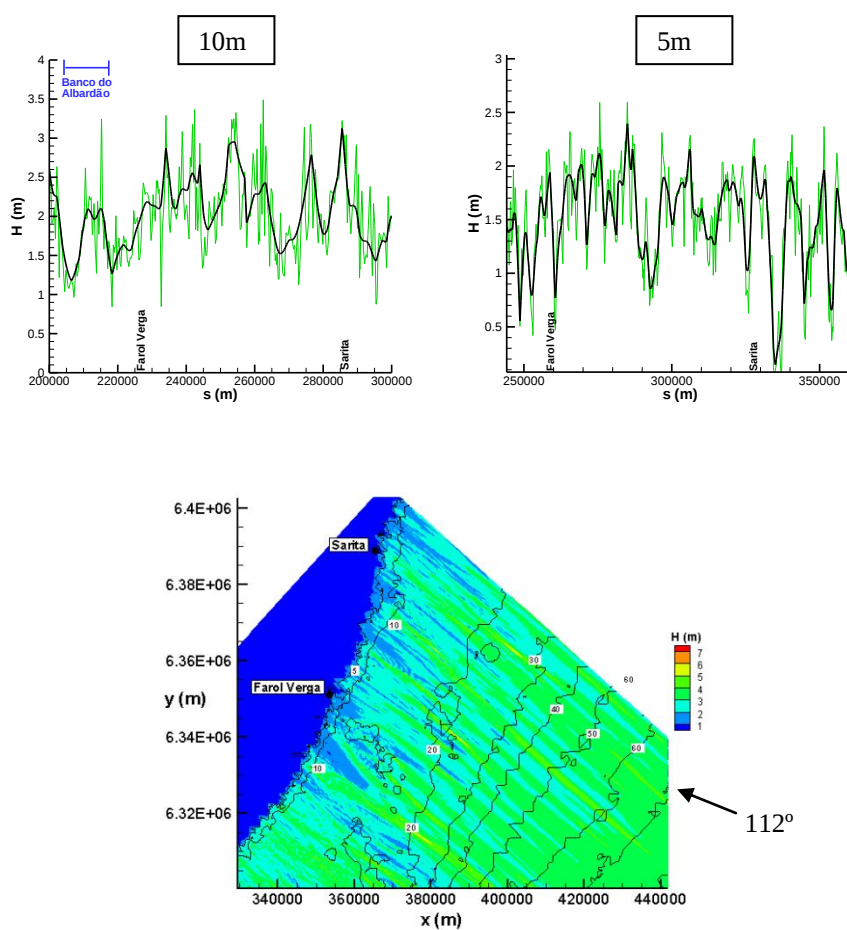


Figura 4.76 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=112^\circ$.

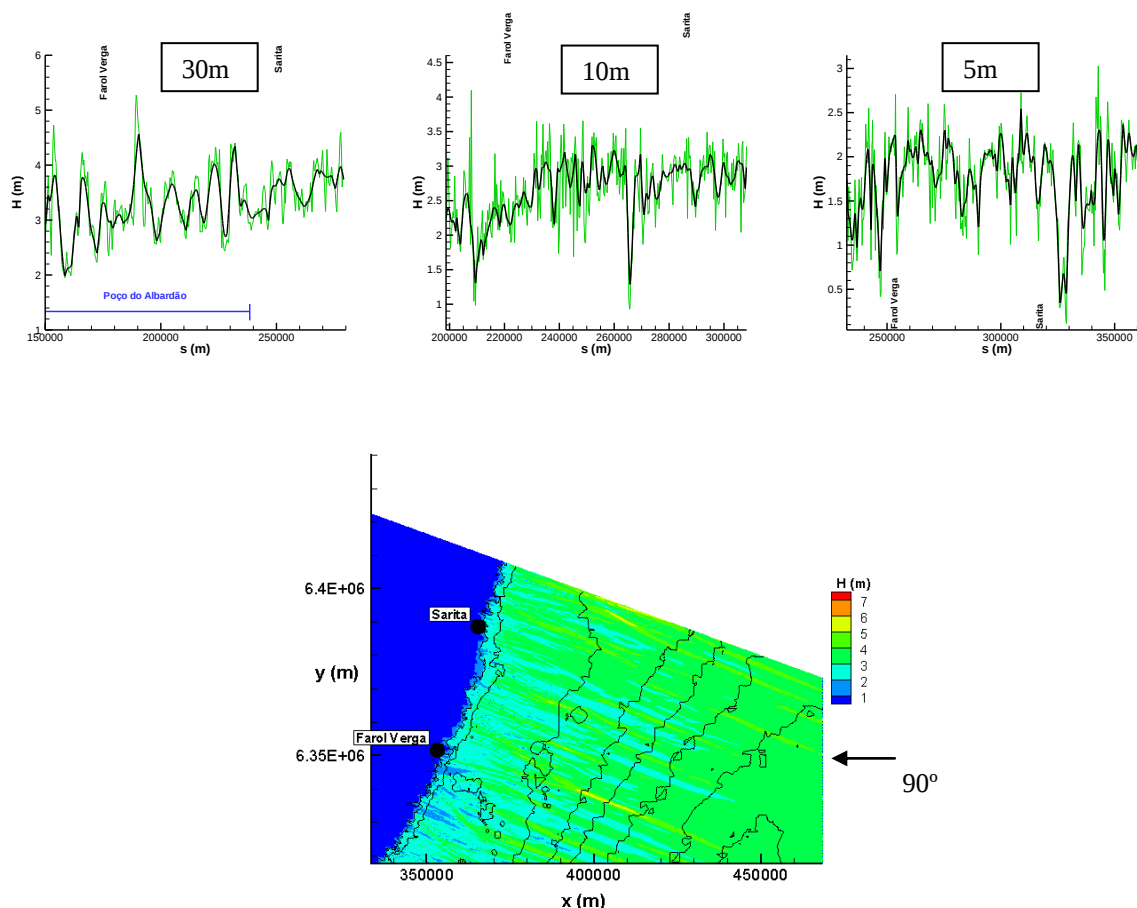
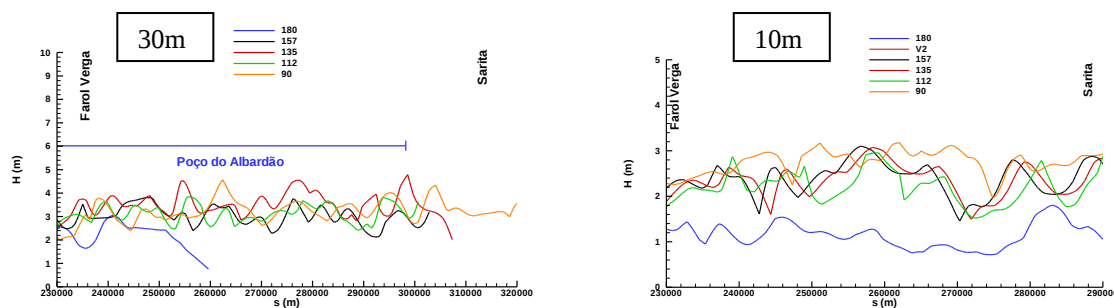


Figura 4.77 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.78 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas. Observa-se claramente que em todas incidências as ondas tem comportamentos semelhantes, com exceção da onda de 180° , com nível de energia menor do que as demais incidências.



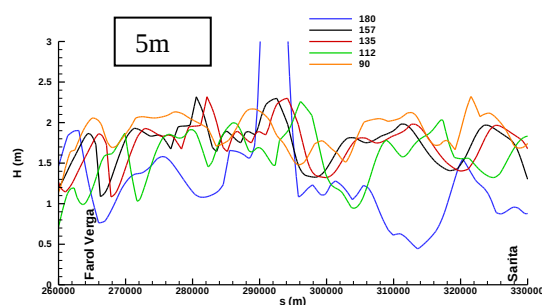


Figura 4.78 - Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Farol Verga e Sarita para onda de $T=12s$ e para todas incidências analisadas.

4.3 PERÍODO DE 16s E ALTURA SIGNIFICATIVA DE 4,8m.

As Figuras 4.79 a 4.83 mostram as distribuições de alturas significativas no domínio e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° .

Cabe aqui salientar que para a direção de 180° foi necessário acrescentar algumas batimetrias fora da carta náutica para que fosse possível rotacionar a grade, o que diferencia esta das demais direções para o período de 16s.

Assim como nas ondas com período de 10s e 12s, aqui também percebe-se a influência do Banco Hermenegildo-Chuí e do Poço localizado entre as batimétricas de 40m e 50m na convergência que ocorre nas proximidades do Hermenegildo. Observa-se ainda que essa convergência está deslocada mais ao norte para a incidência de sul e que na incidência de leste essa convergência é acentuada pelo Poço do Albardão, assim como ocorre nos outros períodos.

De maneira geral, o comportamento das ondas para o período de 16s é semelhante aos períodos de 10s e 12s, observando que as ondas de incidências 157° , 135° e 112° também possuem uma maior concentração de energia.

O que chama a atenção neste caso é que o lado sul do Poço do Albardão causa uma divergência em quase todas as direções, com maior intensidade para a incidência de sul, o que não ocorreu para os outros períodos descritos até o momento. Tal ocorrência pode ter sido

causada pelo fato da onda com maior período sentir o fundo antes do que as ondas com períodos menores, combinado com a direção de propagação da onda.

Ressalta-se ainda que a onda com período de 16s teria que chegar à costa com alturas maiores do que as ondas dos demais períodos, porém observando as batimétricas de 5m e comparando com a onda de período de 12s, percebe-se que as alturas de onda se equivalem, o que possivelmente ocorre devido à onda de 16s estar sofrendo mais rebentações parciais sucessivas do que as demais, como podem ser vistas através das alturas ao longo dos perfis.

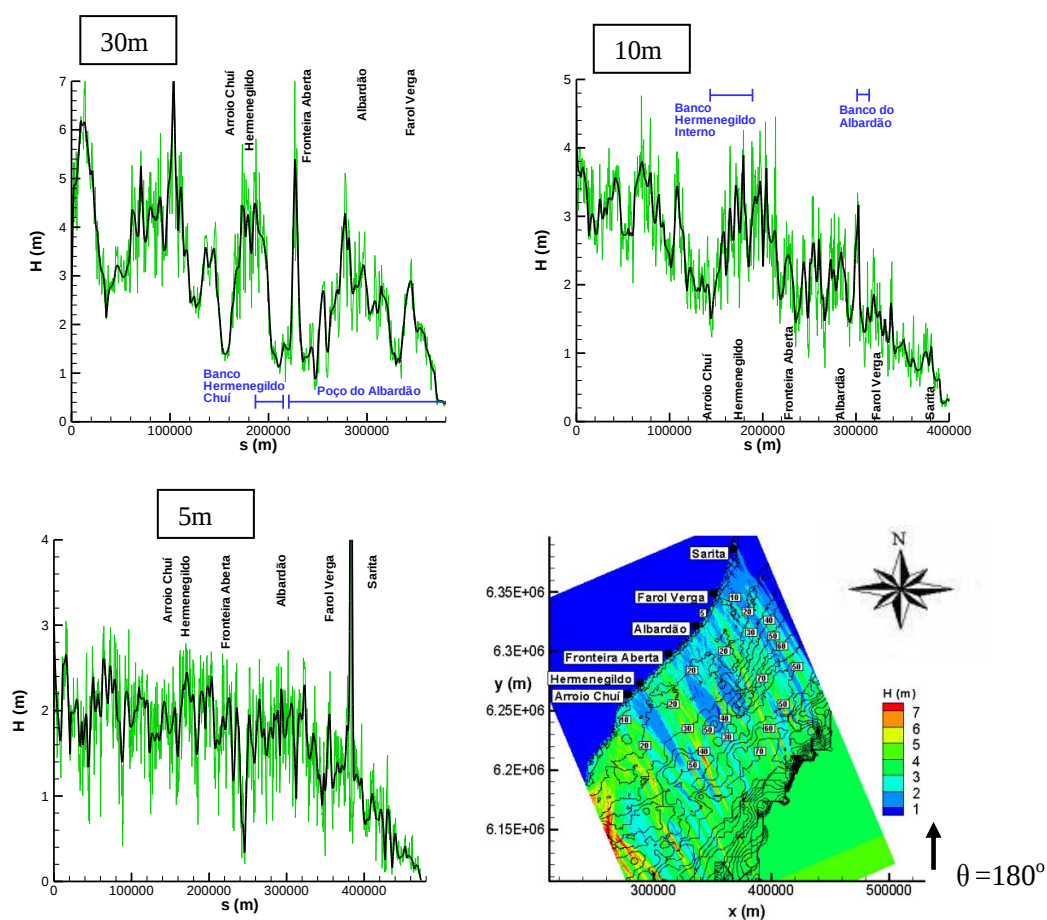


Figura 4.79 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=180^\circ$.

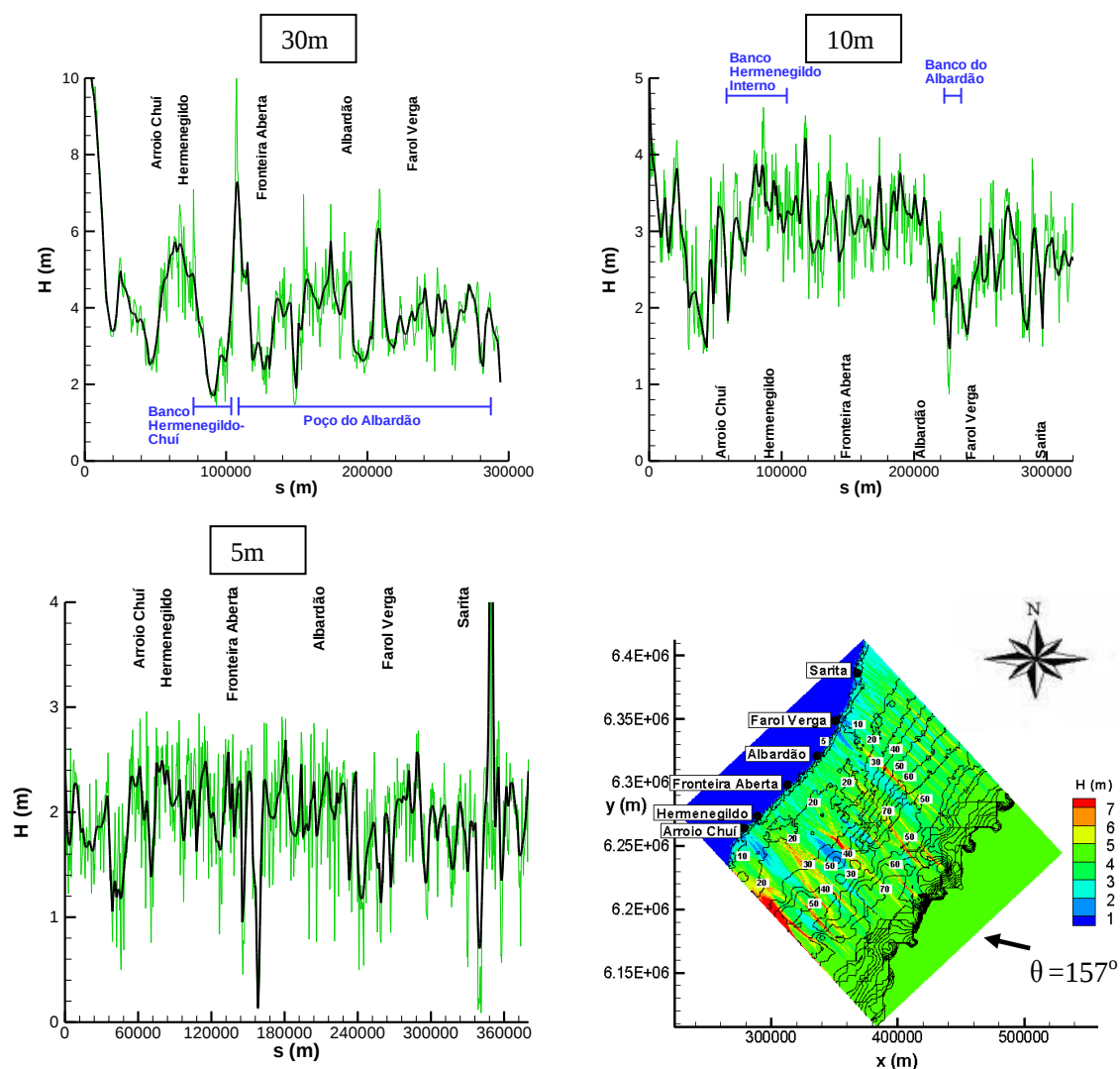
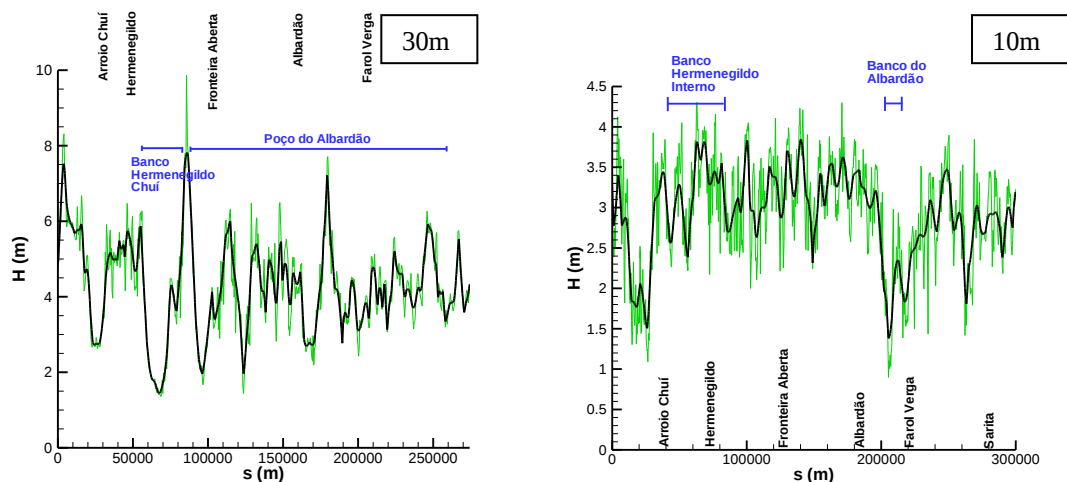


Figura 4.80 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=157^\circ$.



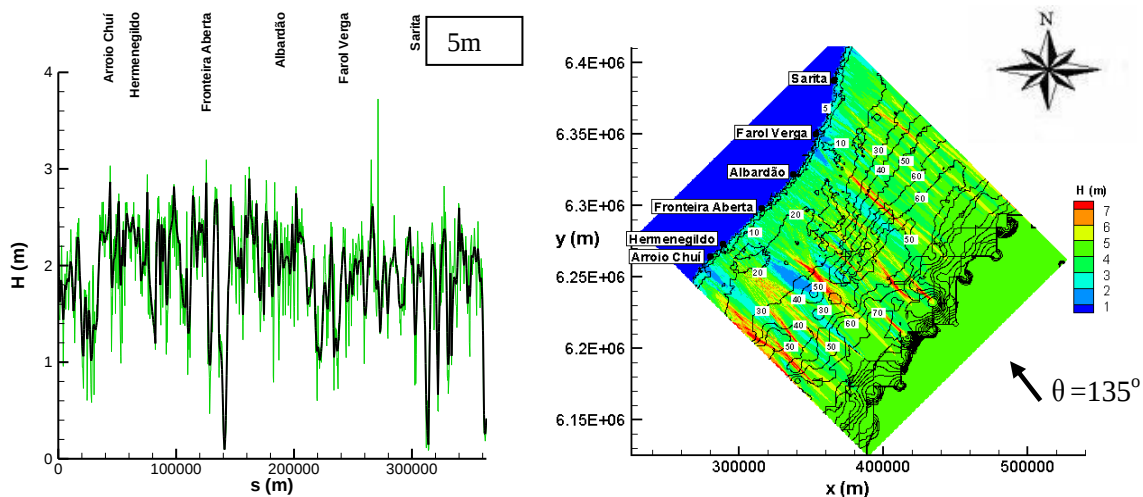


Figura 4.81 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$.

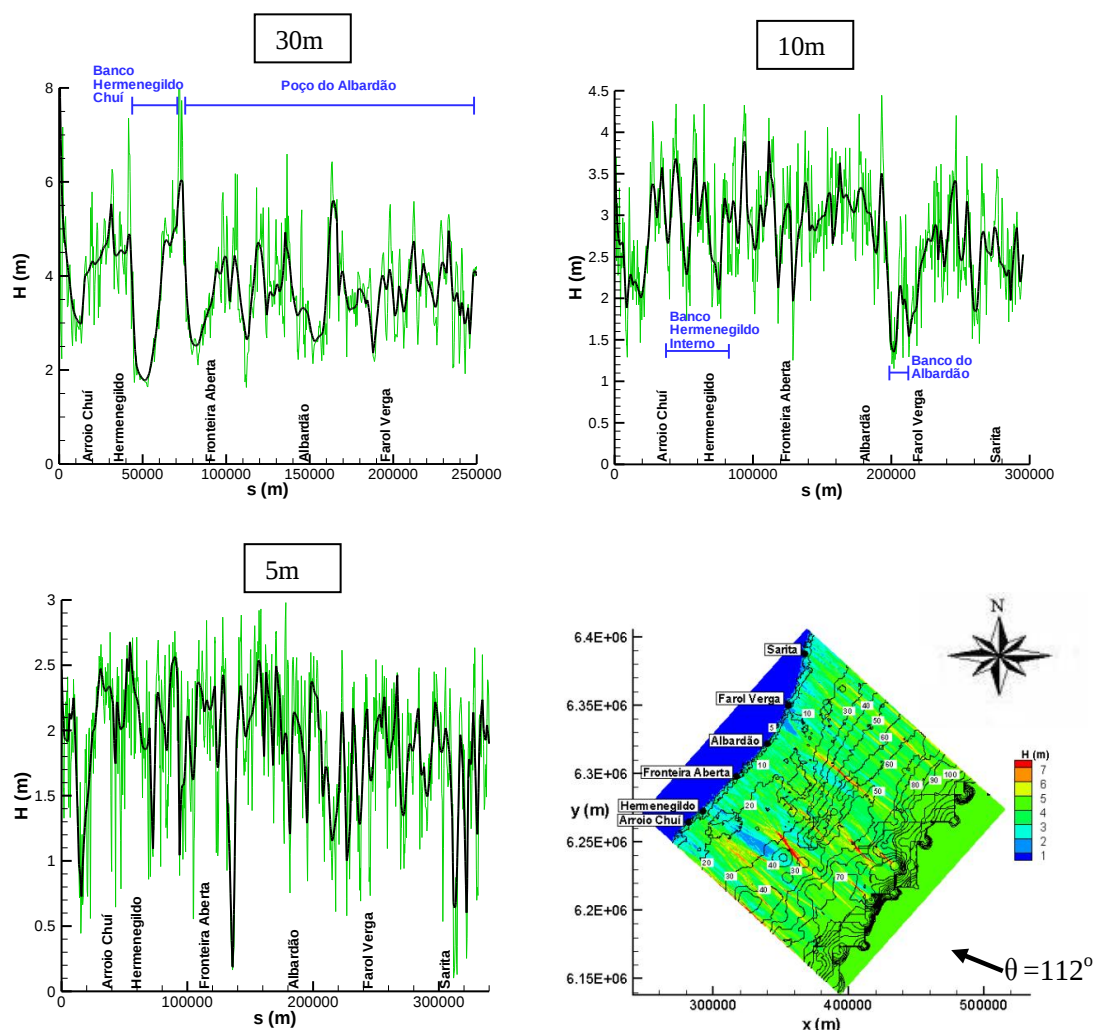


Figura 4.82 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$.

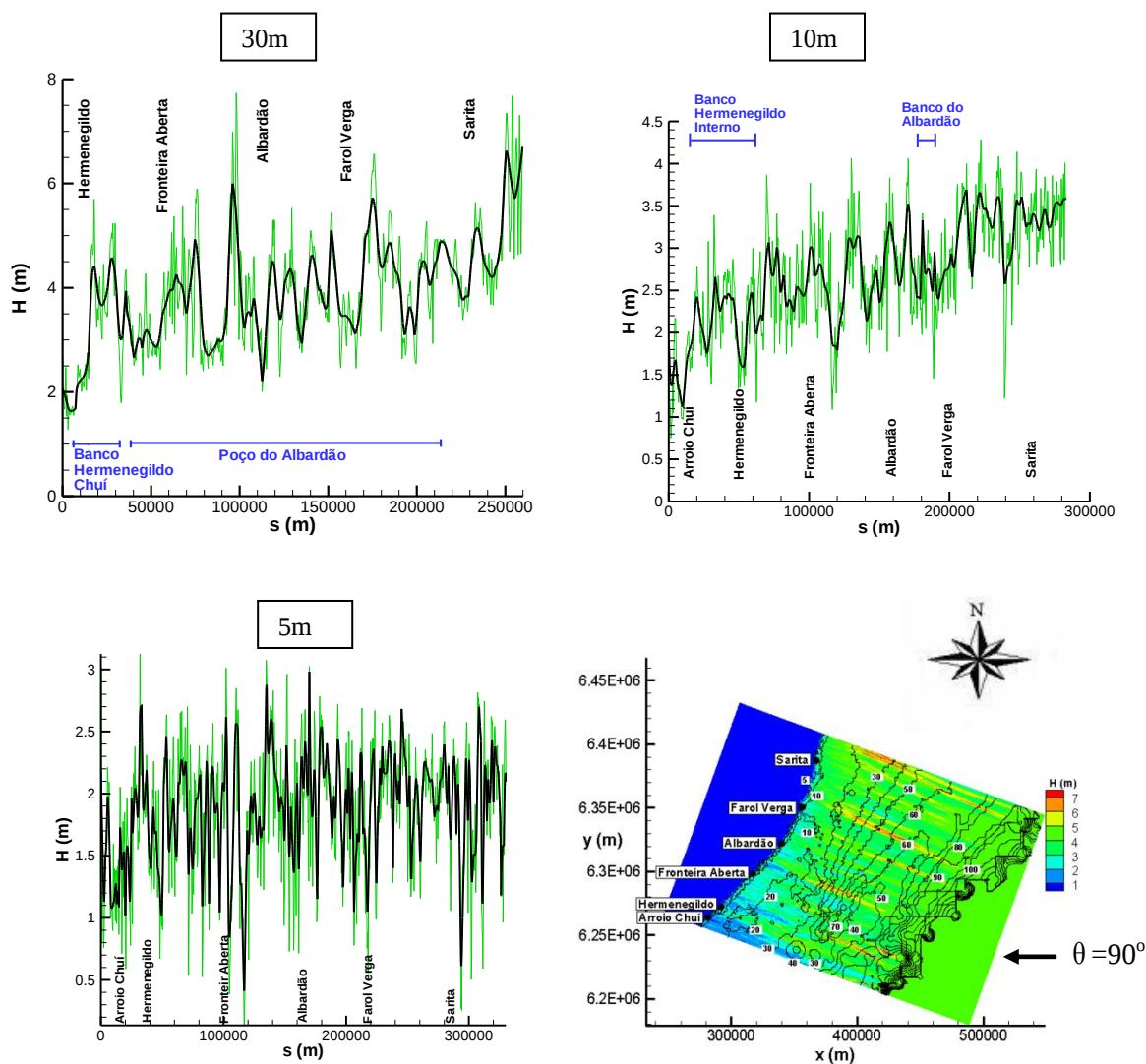


Figura 4.83 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$.

4.3.1 Trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo

As Figuras 4.84 a 4.88 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Arroio Chuí a Hermenegildo e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° .

No trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo as ondas com períodos de 16s se comportam de forma similar as ondas com períodos de 10s e 12s em todas as direções, porém com alturas de ondas maiores do que as alturas de ondas com período de 10s. Com exceção da incidência de leste que para o período de 16s percebe-se que a convergência causada pelo

Poço do Albardão e pelo Banco Hermenegildo-Chuí atinge o Arroio Chuí e para os outros períodos atinge o Hermenegildo, o que possivelmente ocorre devido à refração da onda. Aqui também não foi possível visualizar a batimétrica de 30m para a incidência de leste.

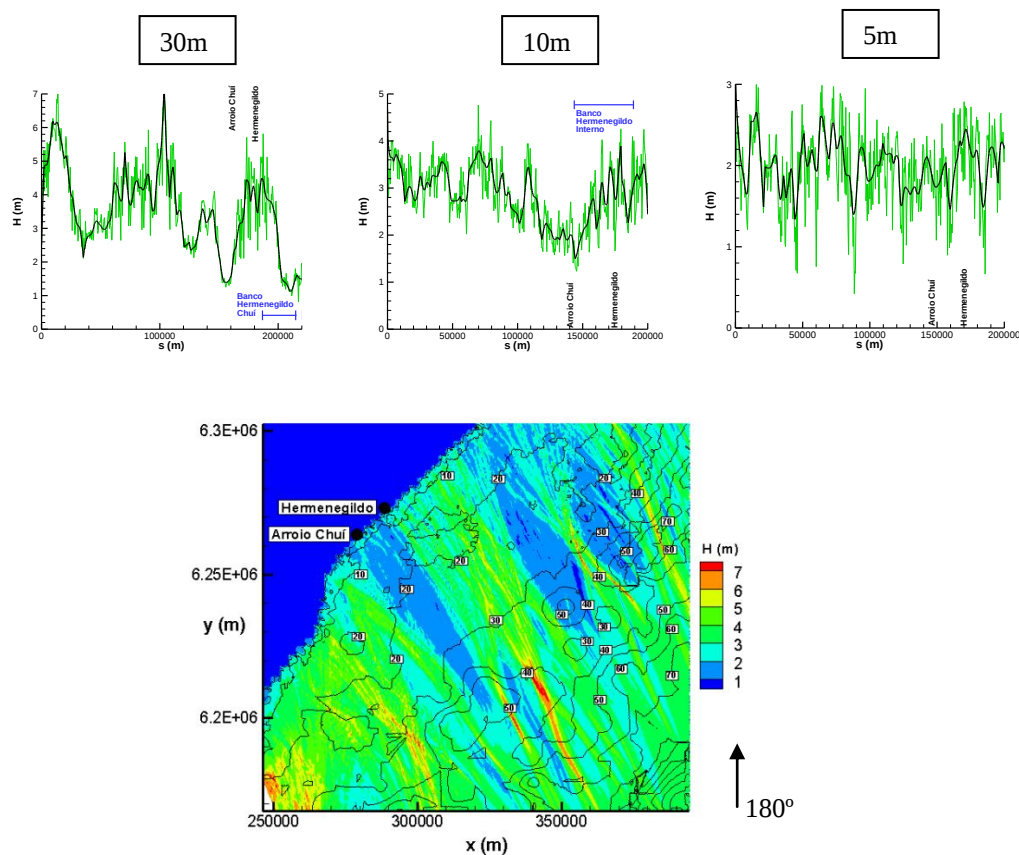
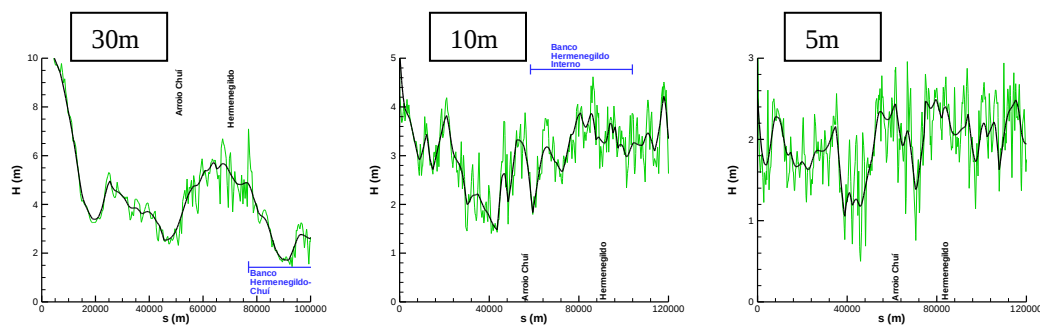


Figura 4.84 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=180^\circ$.



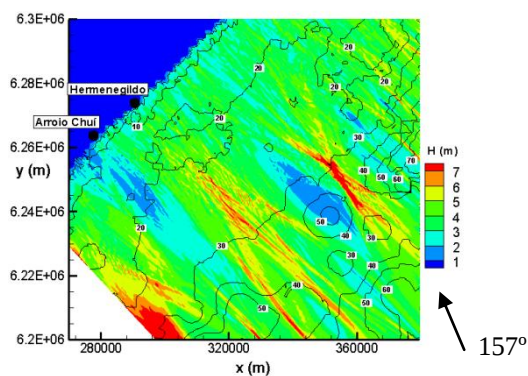


Figura 4.85 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=157^\circ$.

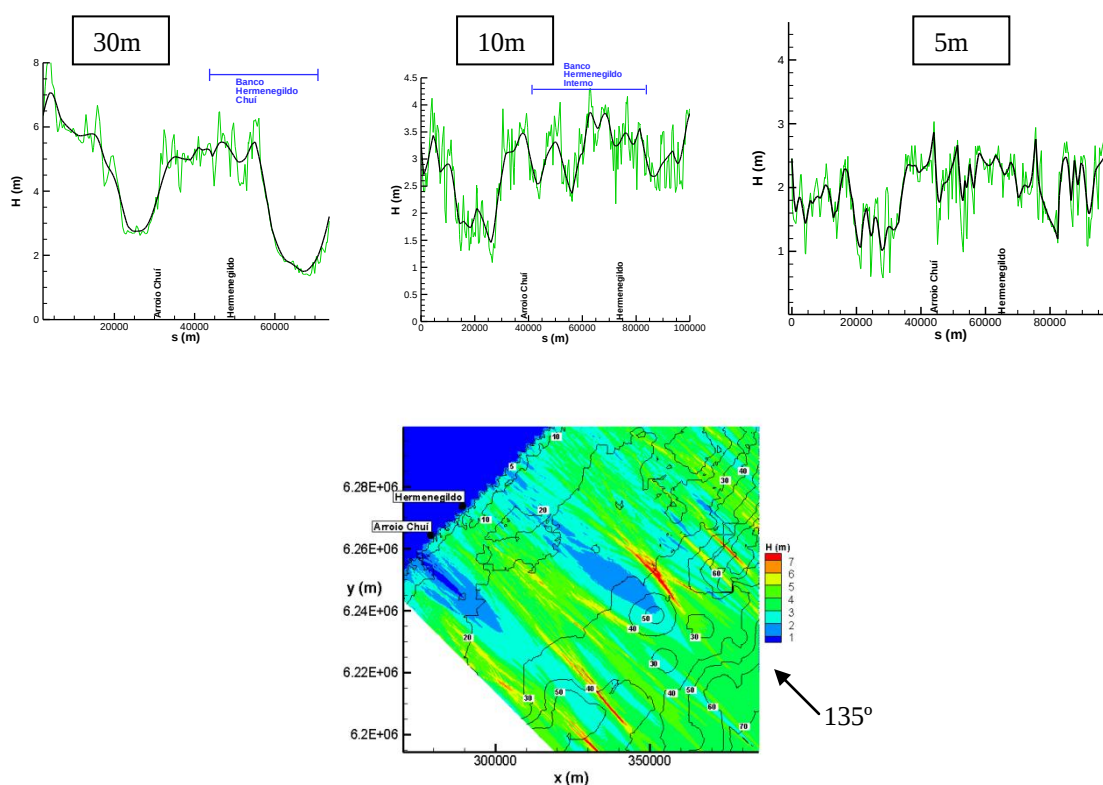


Figura 4.86 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$.

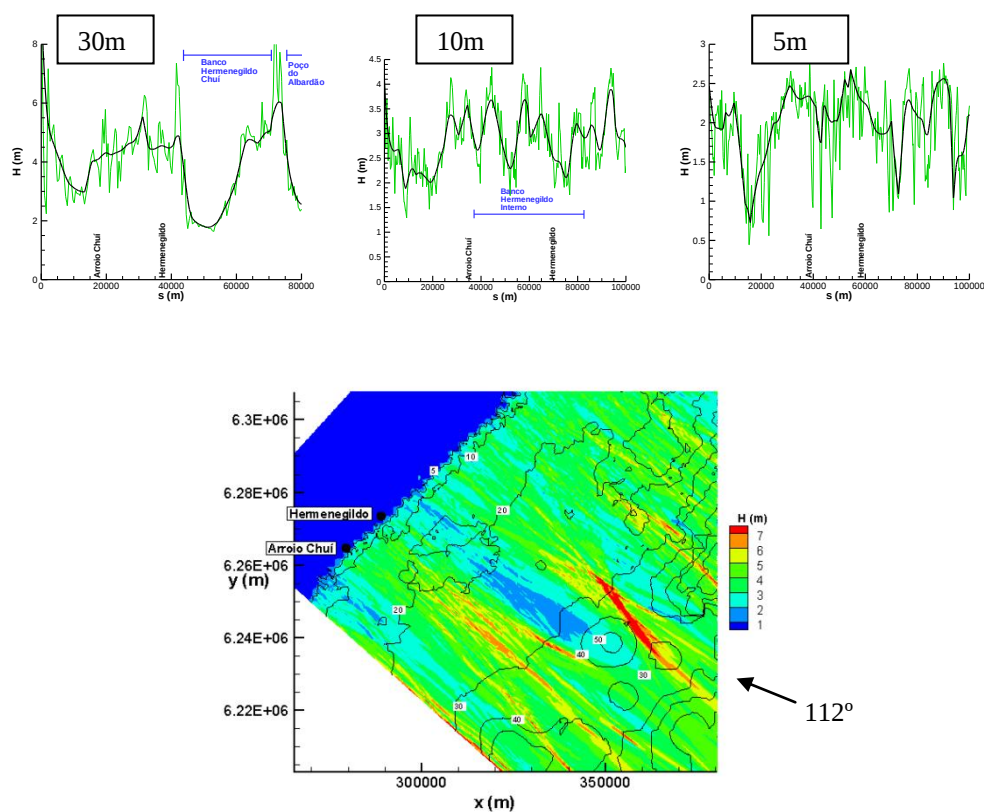
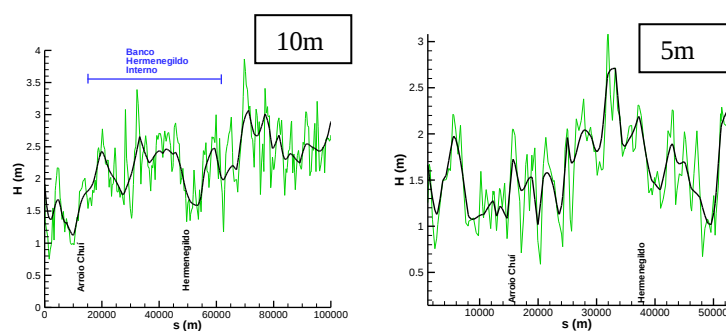


Figura 4.87 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$.



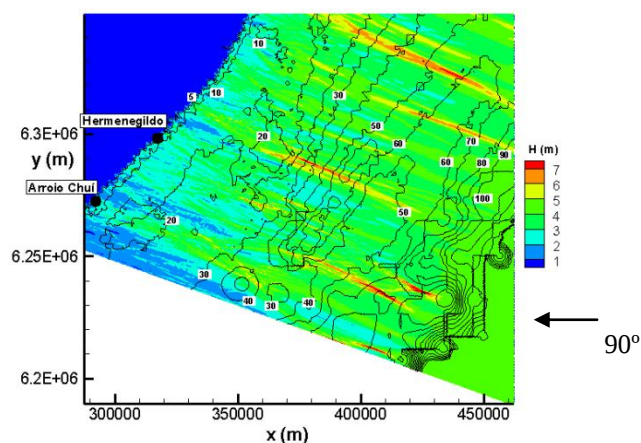


Figura 4.88 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.89 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas. Na batimétrica de 30m percebe-se que as alturas de ondas se equiparam com exceção da onda de sul que possui alturas de ondas menores. Já para os outros períodos, 10s e 12s, notam-se alturas levemente maiores para a direção de sudeste. Nas demais batimétricas o comportamento das ondas é similar ao das ondas com períodos de 12s e 10s.

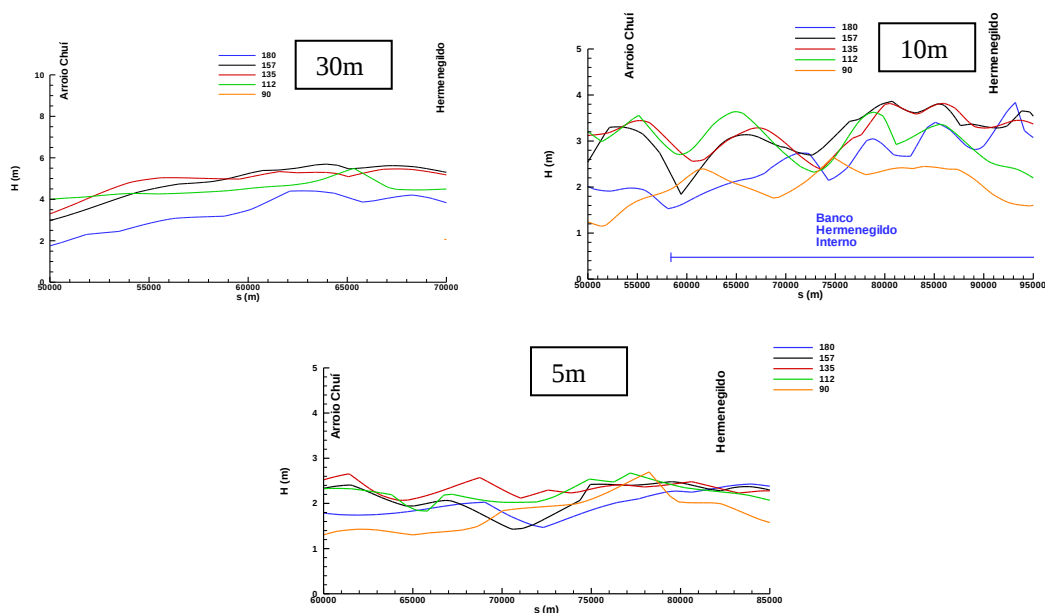
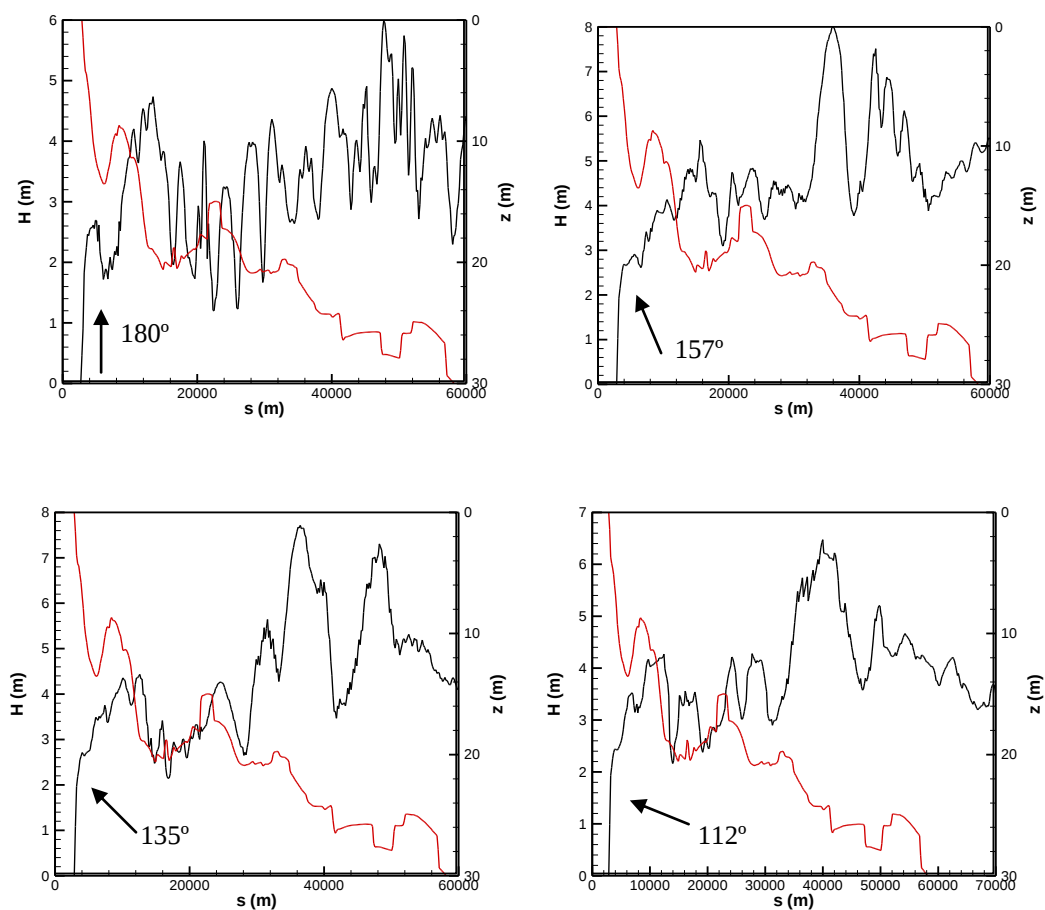


Figura 4.89 - Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo para onda de $T=16s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.90 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil do Hermenegildo para onda de $T=16s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade de 7m. Portanto, seguramente as alturas observadas na batimétrica de 5m já representam ondas sob rebentação. Para a incidência sul, verifica-se que o comportamento da onda é semelhante ao das ondas com períodos de 10s e 12s e com alturas de onda bem parecidas com as de período 12s. Já para as incidências de 157° , 135° e 112° observa-se uma queda brusca na energia de onda antes do Banco Hermenegildo Externo, o que não ocorre para os outros períodos. Na incidência de leste, o comportamento é parecido com o das ondas com períodos de 10s e 12s, sendo que as alturas são muito próximas as ondas com período de 12s.



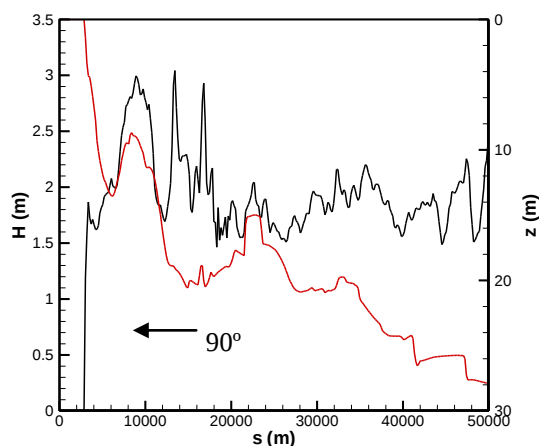
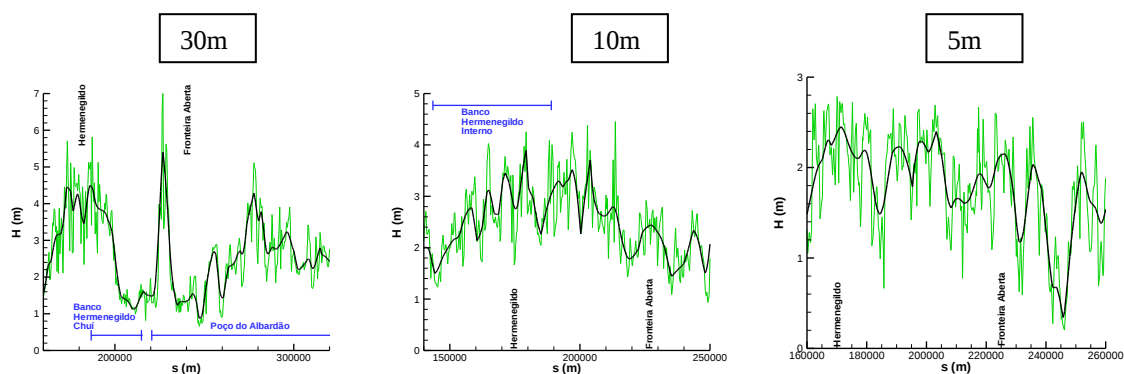


Figura 4.90 - Altura significativa ao longo do perfil Hermenegildo para onda $T=16s$.

4.3.2 Trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta

As Figuras 4.91 a 4.95 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Hermenegildo a Fronteira Aberta e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° .

De forma geral, as ondas com período de 16s se comportam de forma semelhante às ondas com período de 10s e 12s nesse trecho e sempre com alturas de ondas muito próximas as alturas de ondas com período de 12s.



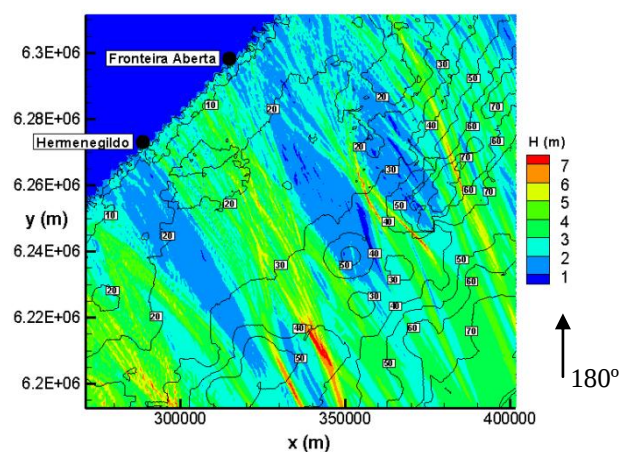


Figura 4.91 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=180^\circ$.

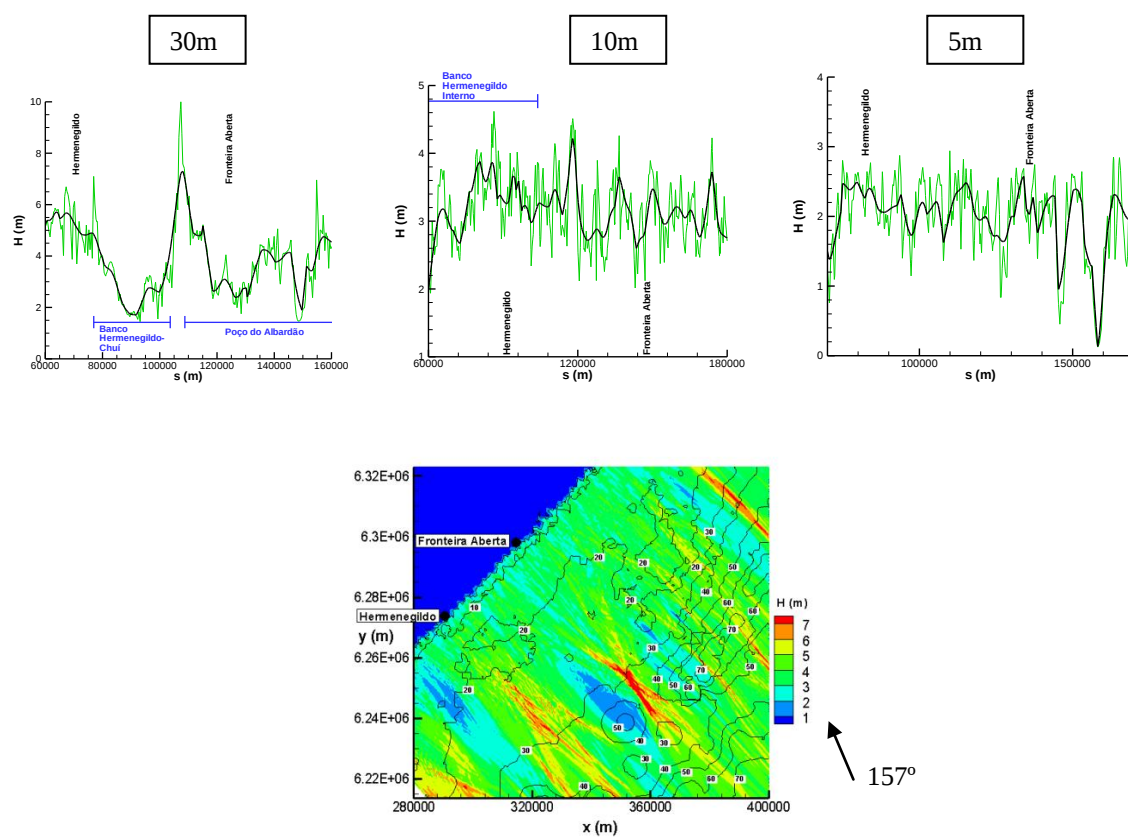


Figura 4.92 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=157^\circ$.

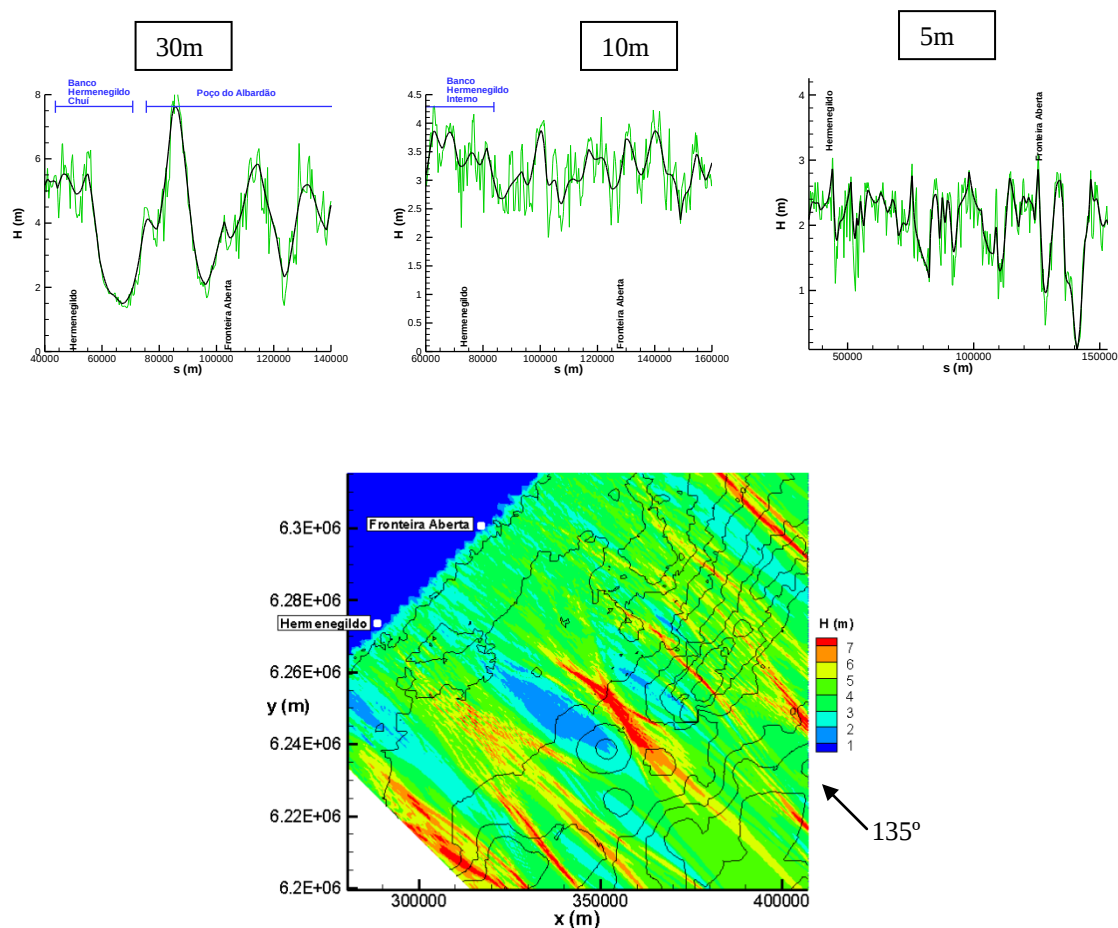
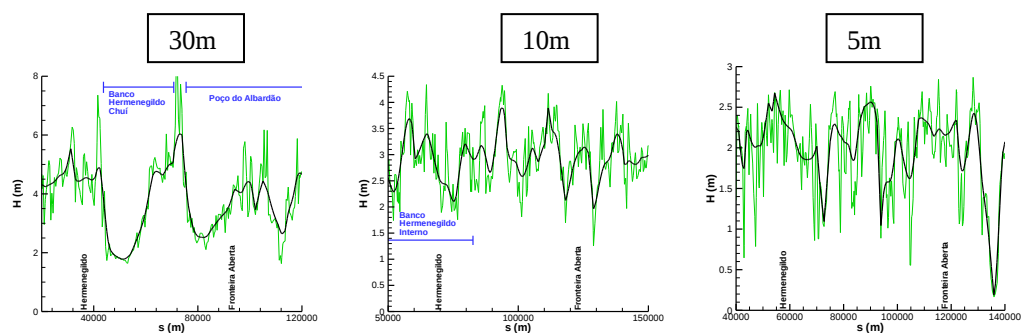


Figura 4.93 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$.



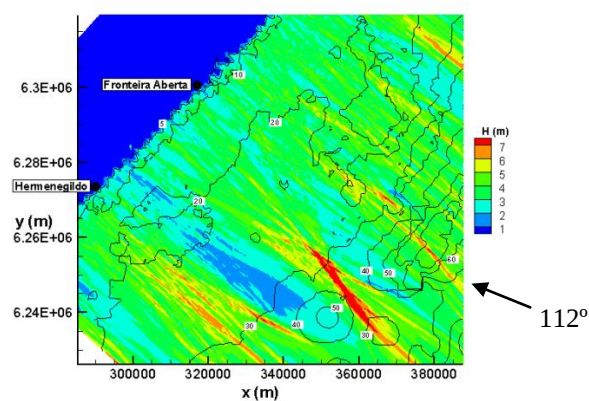


Figura 4.94 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$.

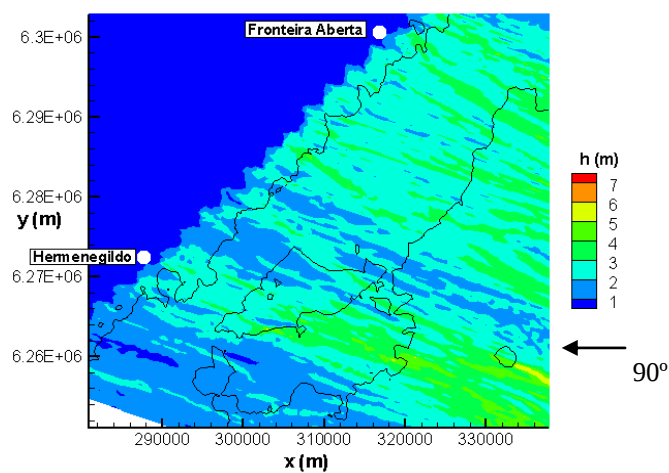
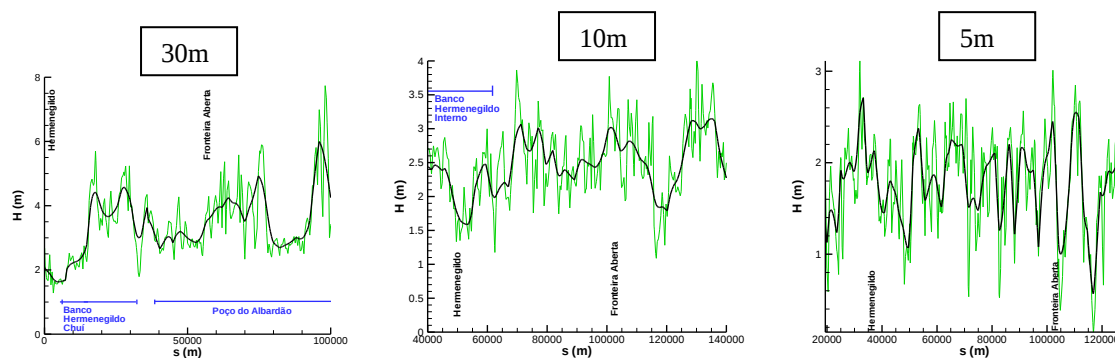


Figura 4.95 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.96 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas. De maneira geral, as ondas se comportam de forma semelhante às ondas com períodos de 10s e 12s, porém nas batimétricas de 10m e 5m as ondas com 12s e 16s são mais similares do que com as ondas de 10s.

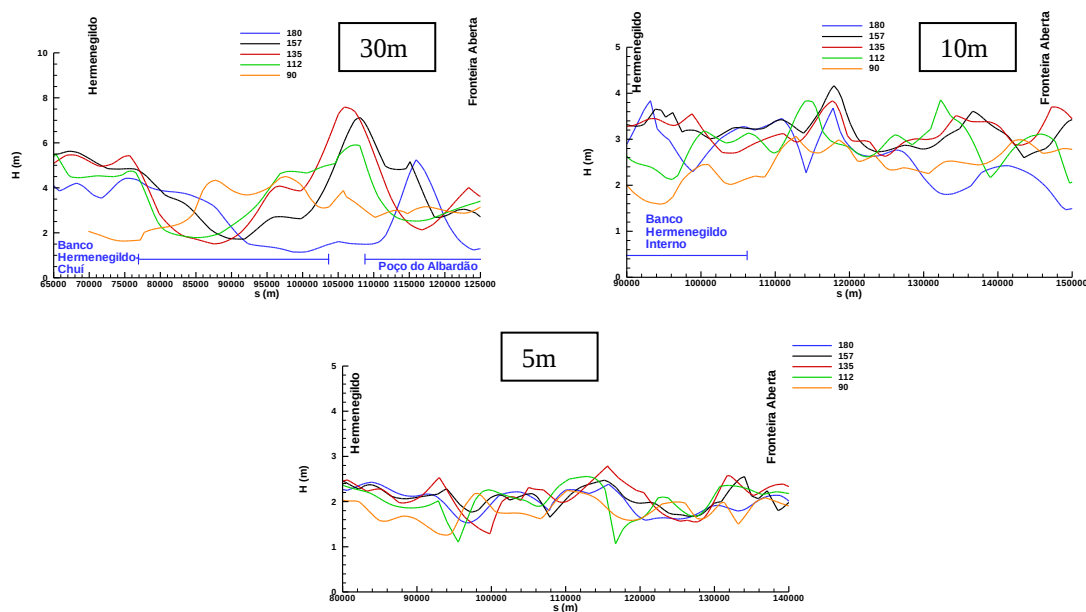
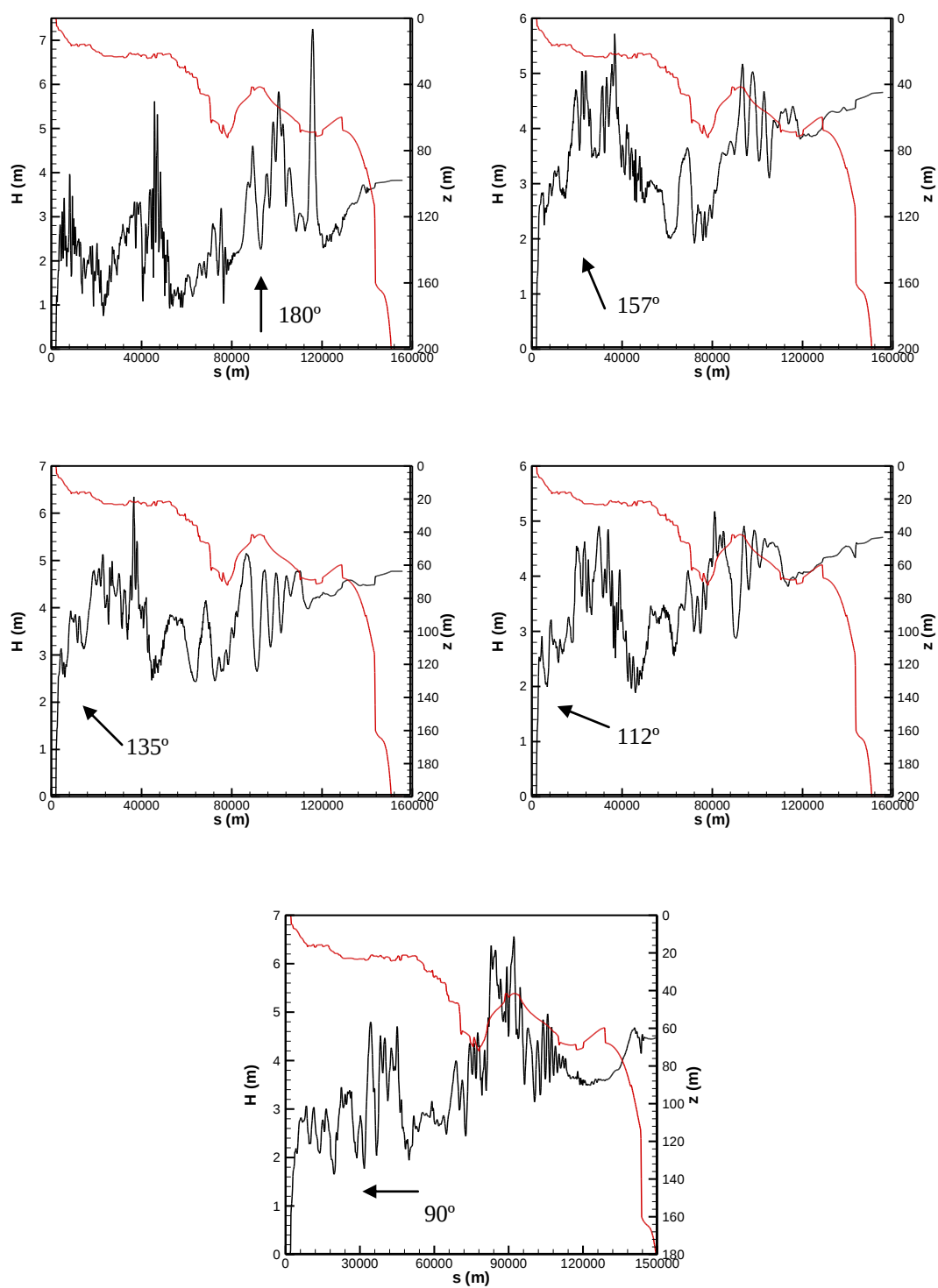


Figura 4.96 - Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta para onda de $T=16s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.97 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil da Fronteira Aberta para onda de $T=16s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade de aproximadamente de 8m. Para onda de incidência 180° , nota-se um comportamento semelhante ao das ondas com períodos de 10s e 12s em todas as direções.

Figura 4.97 - Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda $T=16s$.

4.3.3 Trecho entre Fronteira Aberta e Albardão

As Figuras 4.98 a 4.102 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Fronteira Aberta ao Albardão e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° .

As ondas com períodos de 10s, 12s e 16s, no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão, se comportam de forma semelhante, porém com alturas de ondas parecidas entre os períodos de 12s e 16s. Aqui também observa-se na incidência de leste, a divergência que ocorre no poço localizado na batimétrica de 20m, o que comprova que essa incidência sente com mais intensidade esse acidente topográfico.

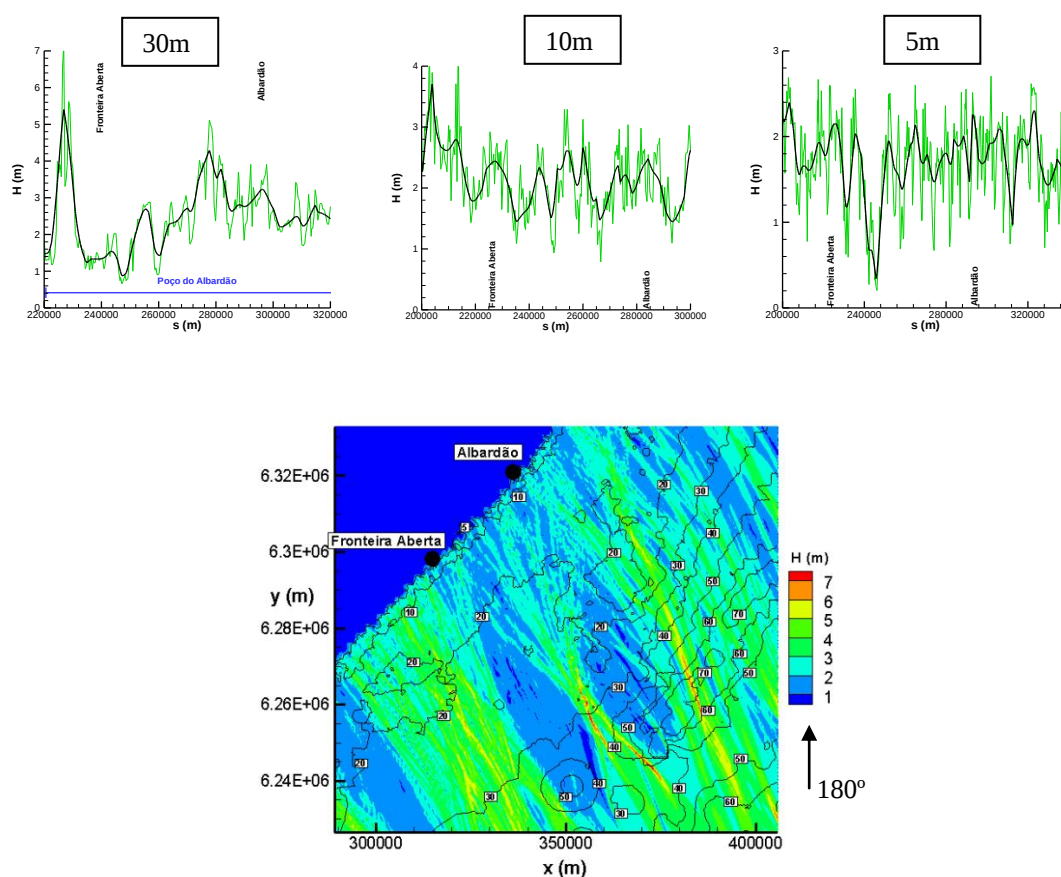


Figura 4.98 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=180^\circ$.

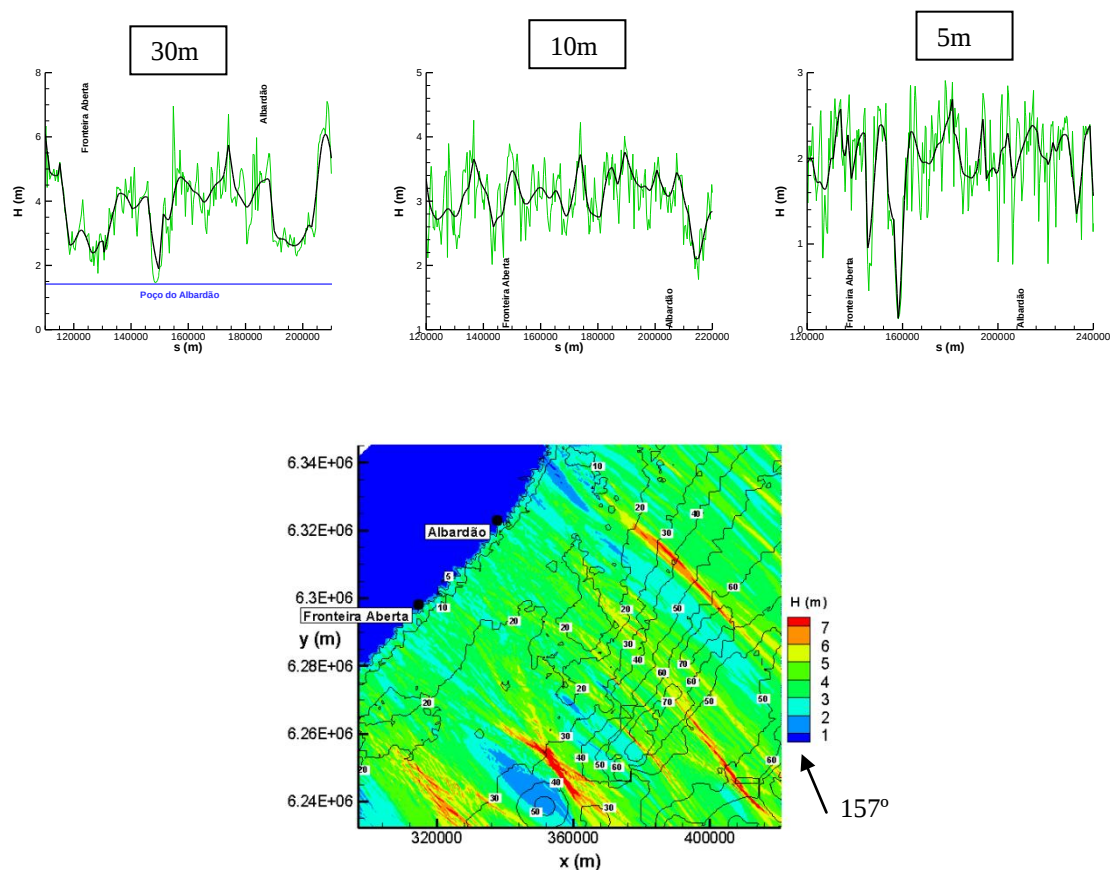
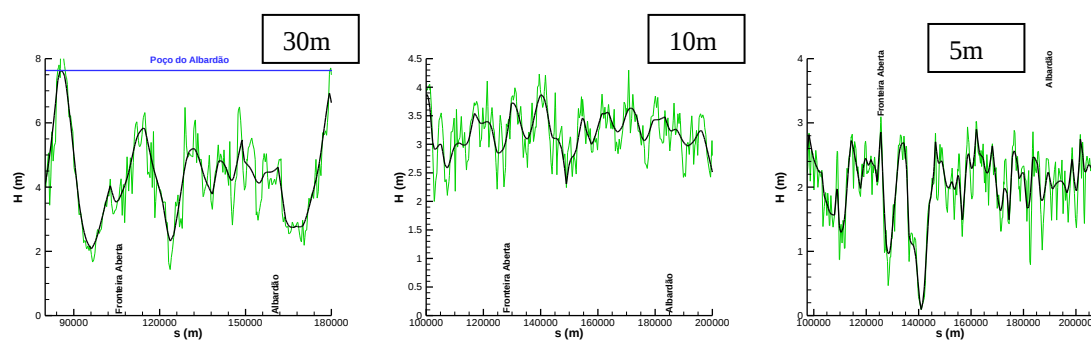


Figura 4.99 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=157^\circ$.



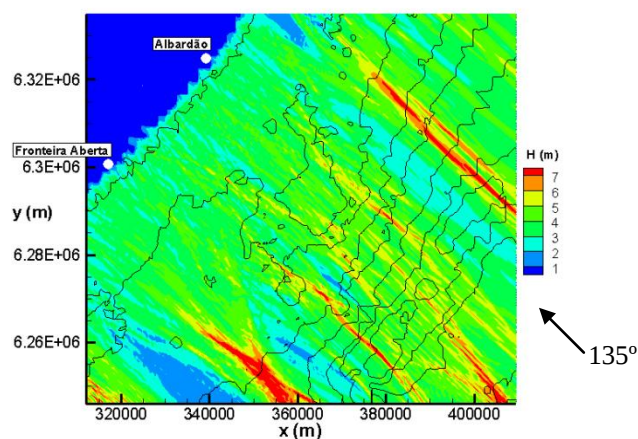


Figura 4.100 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$.

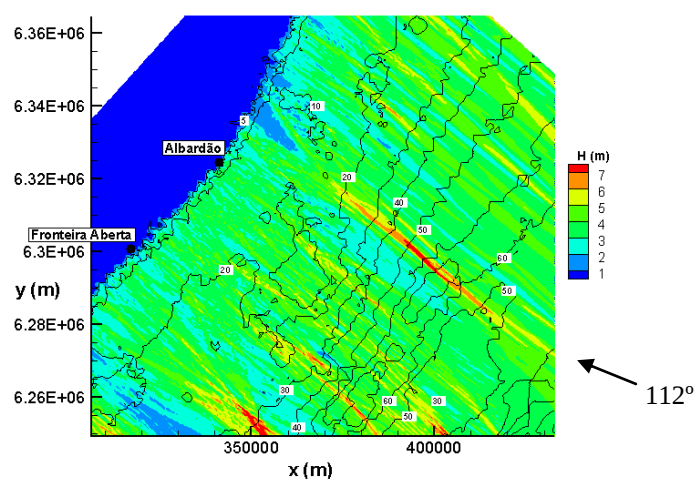
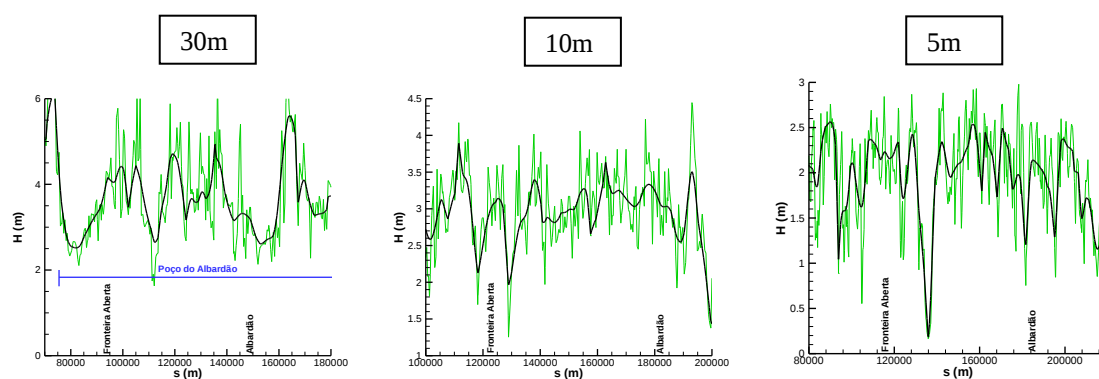


Figura 4.101 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$.

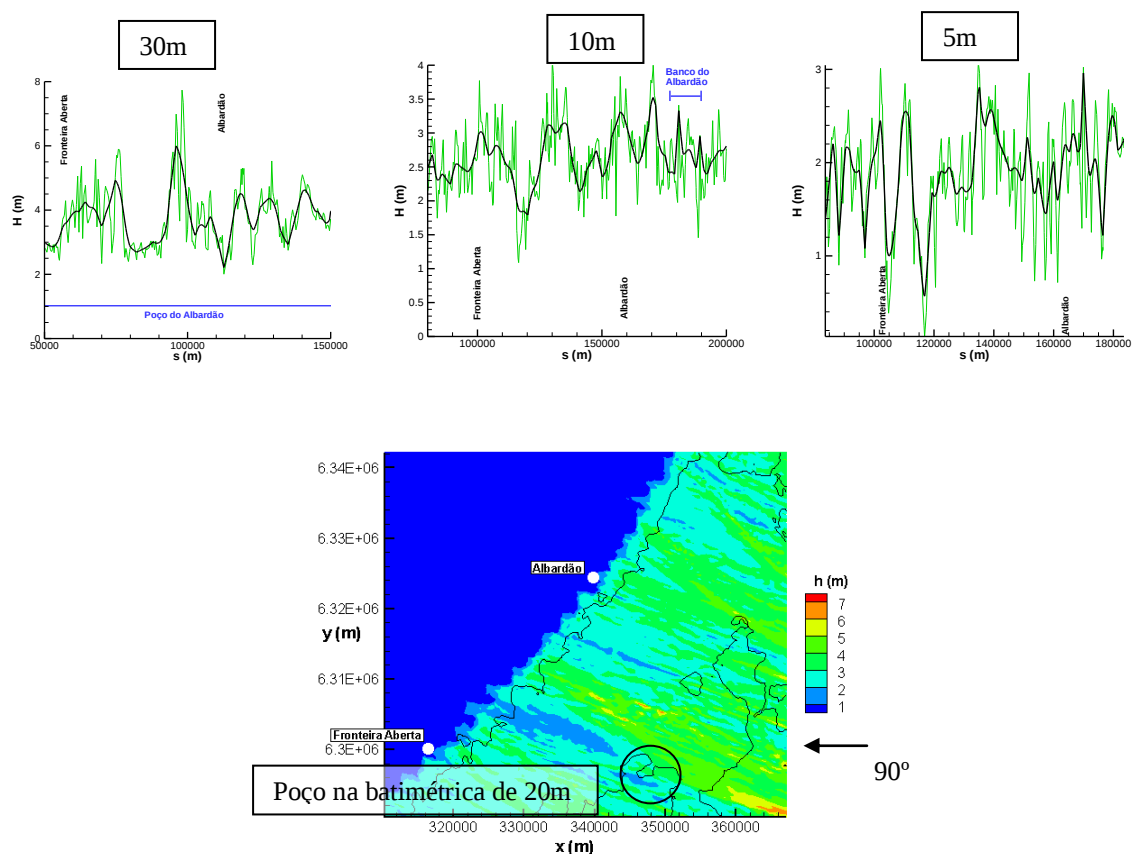
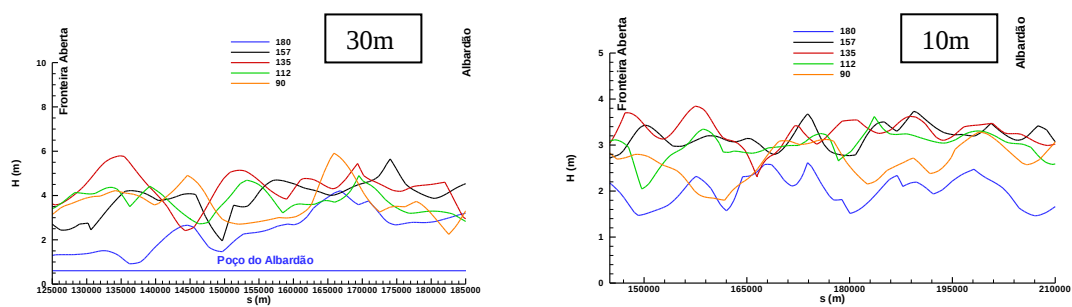


Figura 4.102 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.103 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas.

As ondas com período de 16s, nesse trecho, se comportam de forma semelhante as ondas com períodos de 10s e 12s. Porém aqui, não é visto um pico de convergência ao sul do Albardão assim com nas ondas com período de 12s.



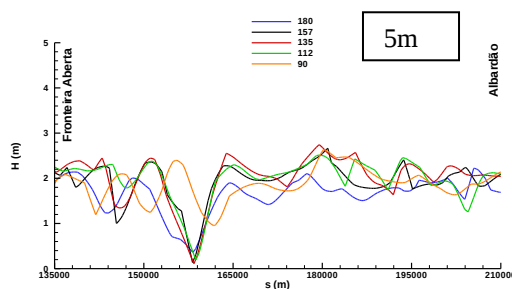
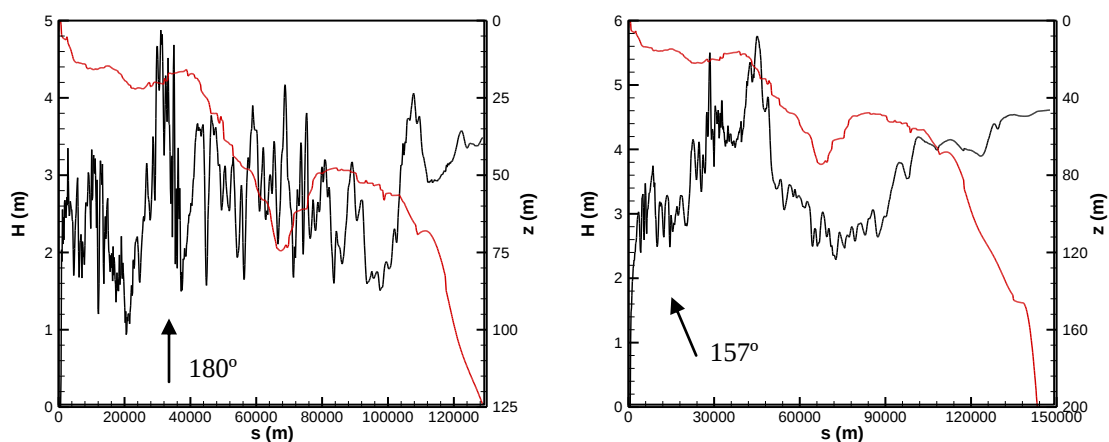


Figura 4.103 - Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão para onda de $T=16s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.104 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil do Albardão para onda de $T=16s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade em torno de 7m.

Para as incidências de sul e leste verifica-se que ocorre um comportamento das alturas de ondas similar as ondas com período de 12s. O mesmo ocorre com as incidências de 157° , 135° e 112° , porém com alturas de ondas levemente maiores do que as com período de 12s.



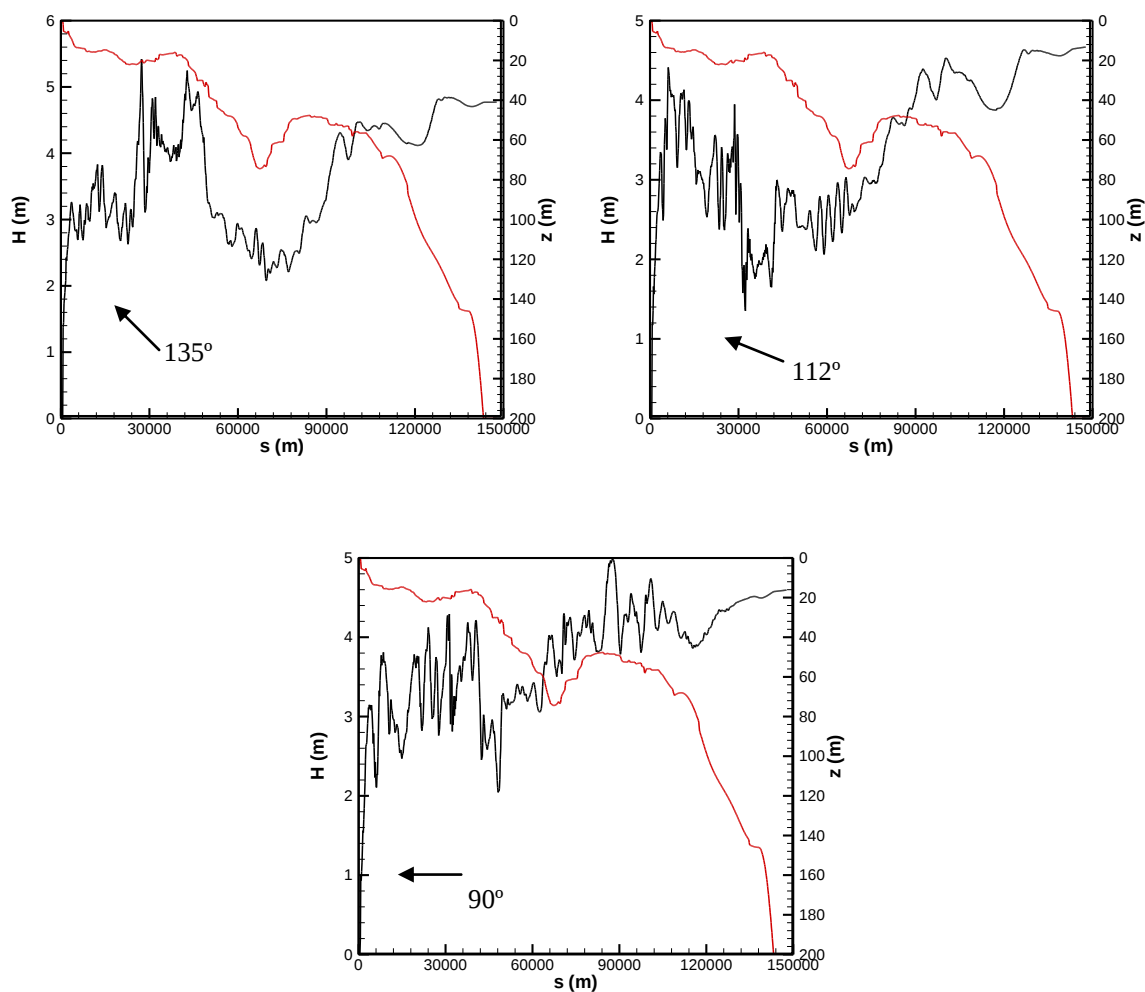


Figura 4.104 - Altura significativa ao longo do perfil Albardão para onda $T=16s$.

4.3.4 Trecho entre Albardão e Farol Verga

As Figuras 4.105 a 4.109 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Albardão a Farol Verga e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° .

Em análise à todas as incidências, observa-se que as ondas se comportam de forma bem similar às ondas com períodos de 10s e 12s, mas com alturas de onda mais próximas às com período de 12s. Salienta-se aqui que a divergência que ocorre no lado sul do Poço do

Albardão para esse período e com maior intensidade nessa direção, não causa grandes transformações nessa região.

Já para a direção de leste percebe-se uma energia de onda mais alta, em relação as incidências e os períodos citados anteriormente, em toda região em frente ao Banco do Albardão. Isso provavelmente ocorre devido à incidência ser de leste combinado com o período de 16s fazendo assim, com que a onda sinta o Poço do Albardão com mais intensidade do que outras incidências.

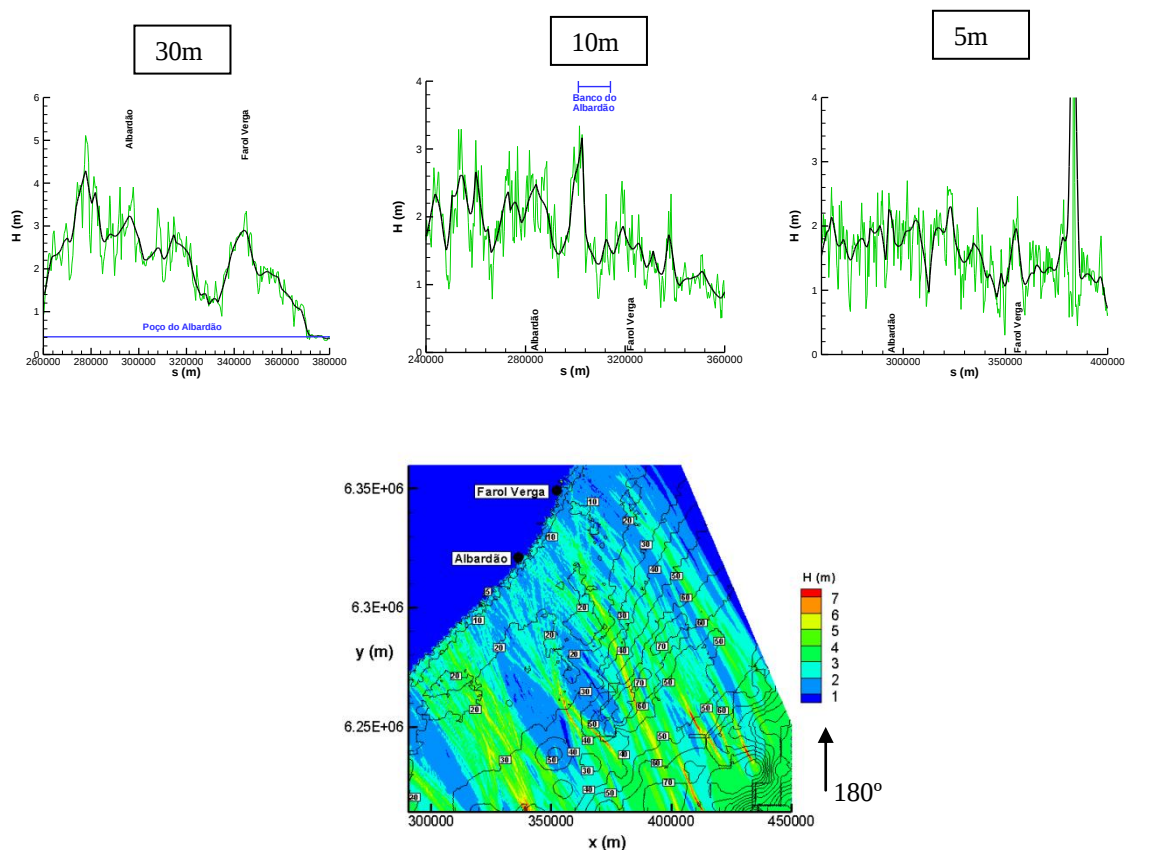
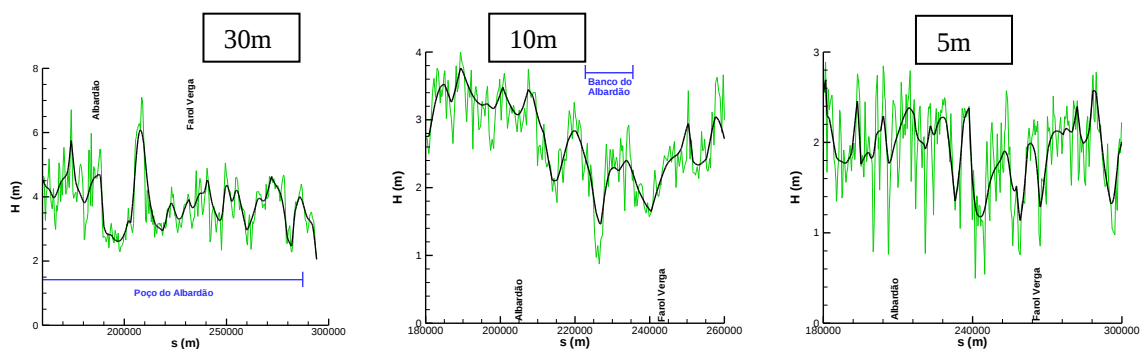


Figura 4.105 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=180^\circ$.



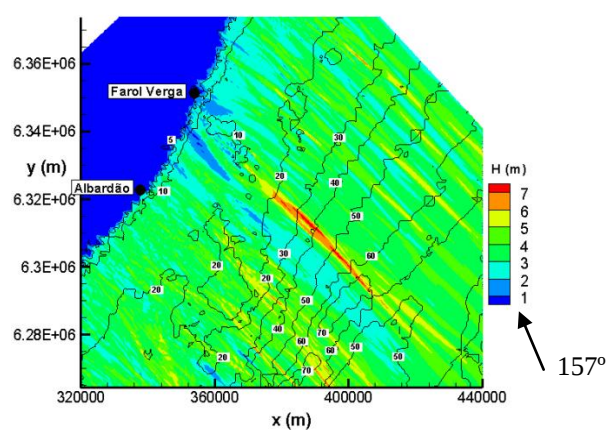


Figura 4.106 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=157^\circ$.

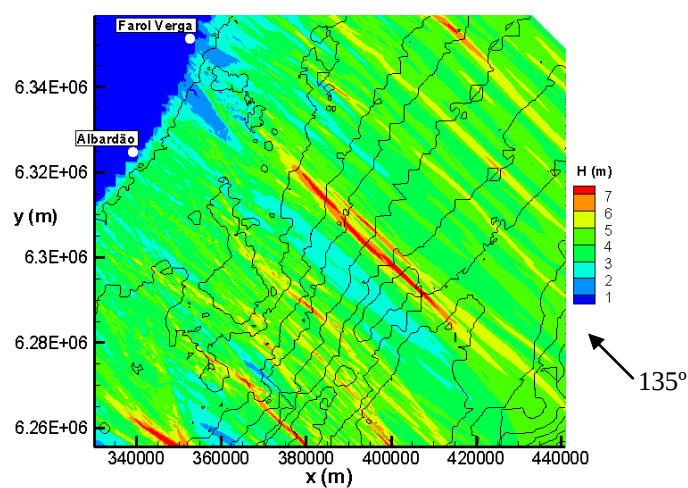
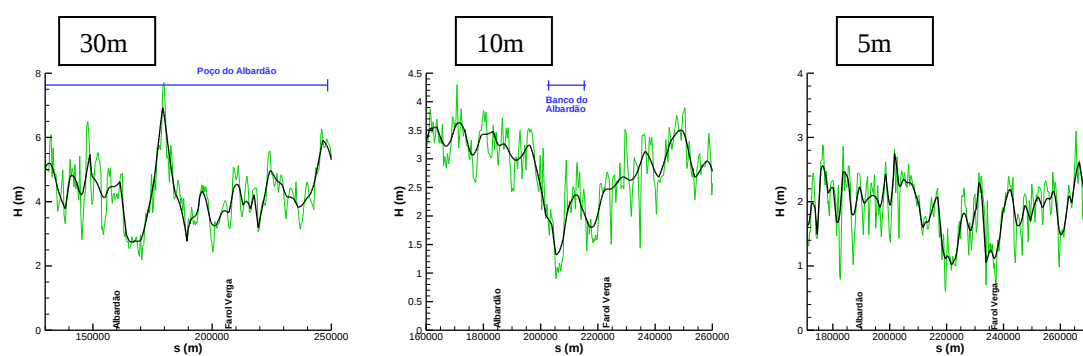


Figura 4.107- Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$.

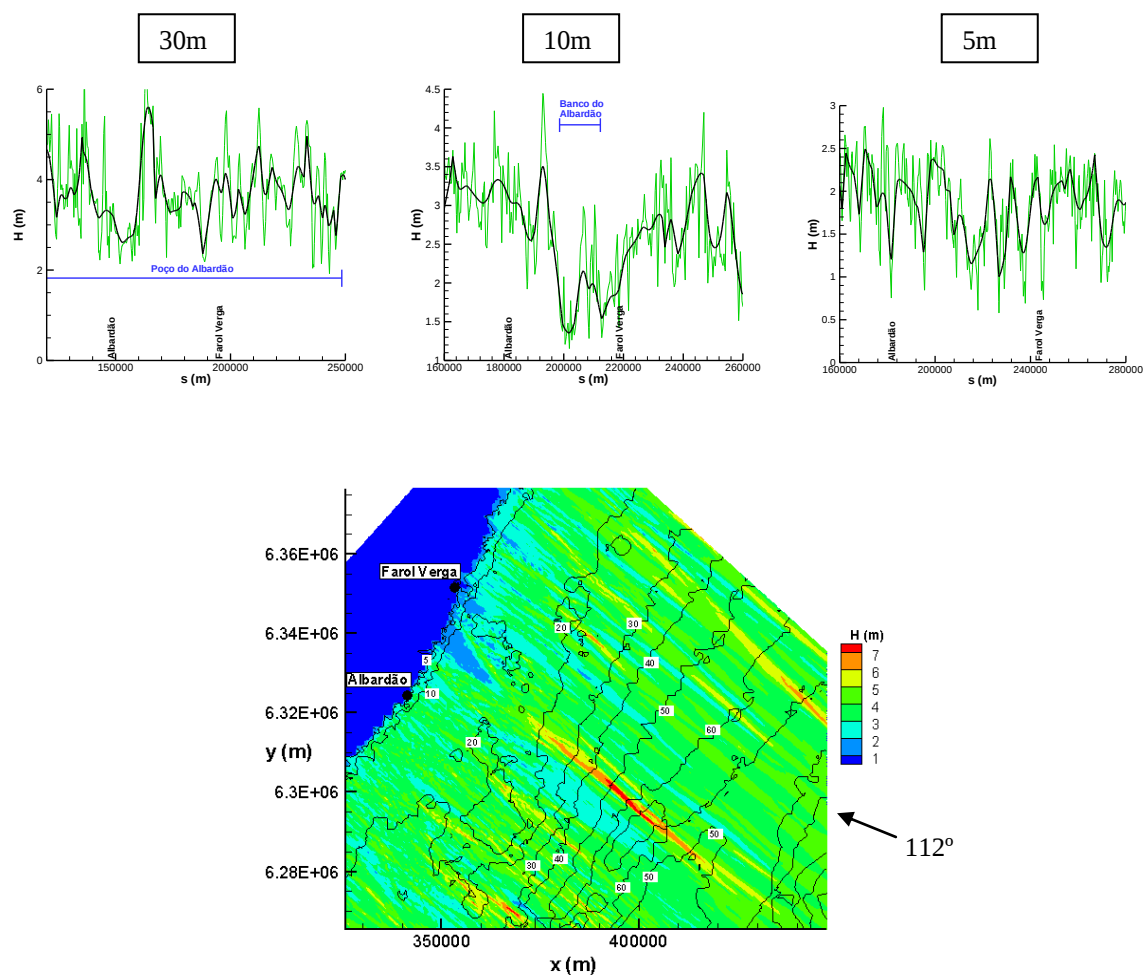
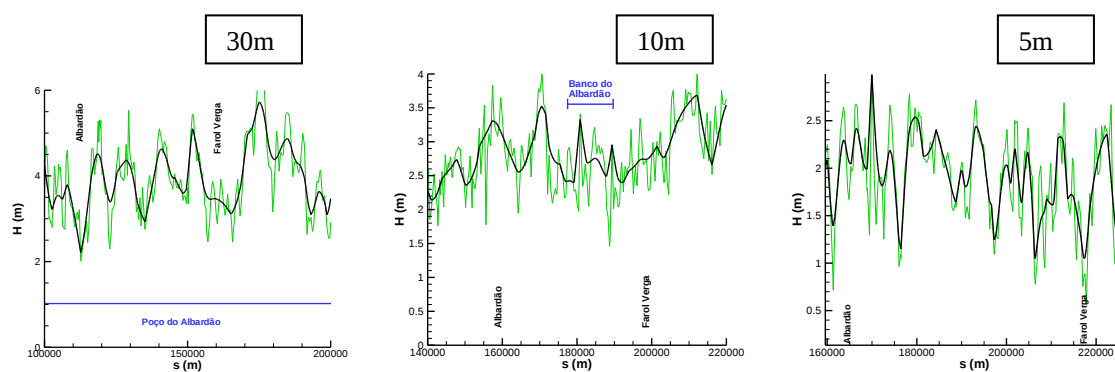


Figura 4.108 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$.



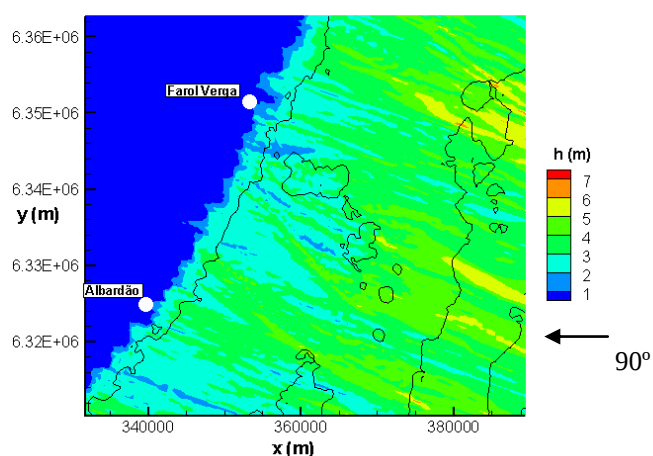


Figura 4.109 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.110 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas. Observa-se o mesmo que para as ondas com 10s e 12s e com alturas de ondas mais próximas as alturas das ondas com períodos de 12s.

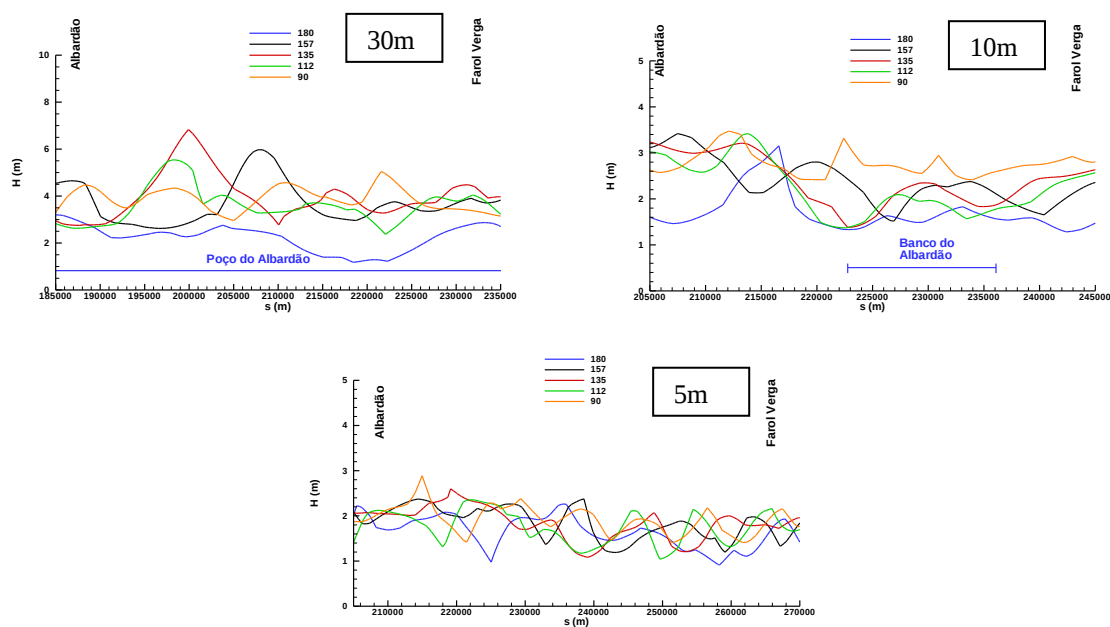
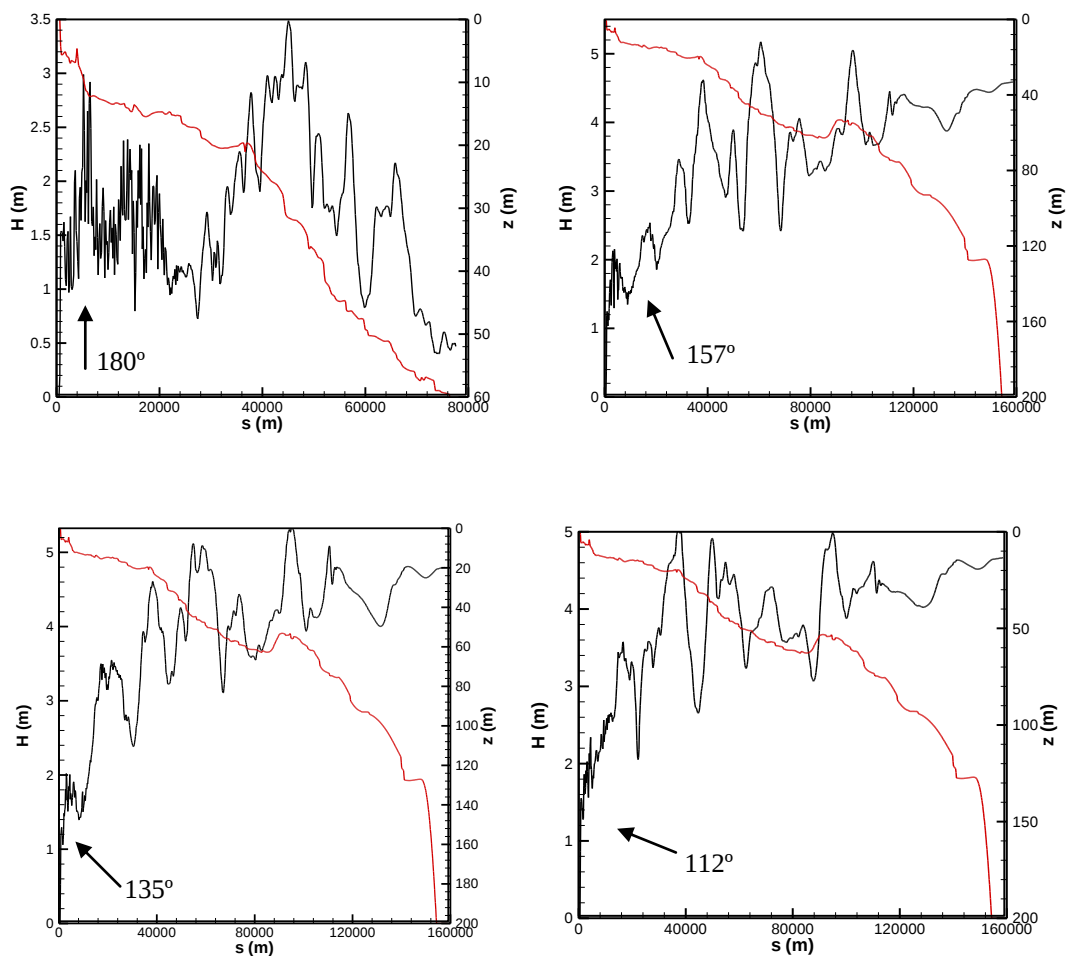


Figura 4.110 - Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Albardão e Farol Verga para onda de $T=16s$ e para todas incidências analisadas.

A Figura 4.111 apresenta o comportamento da altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda de $T=16s$. Em média, as ondas começam a última rebentação em uma profundidade de 4m embora ela venha sofrendo rebentações parciais anteriores.

Na onda com período de 16s observa-se um comportamento semelhante às ondas com período de 10s e 12s, com uma leve diferença nas incidências de sul e leste e nas alturas de ondas, o que possivelmente ocorre devido à altura significativa para esse período ser maior.



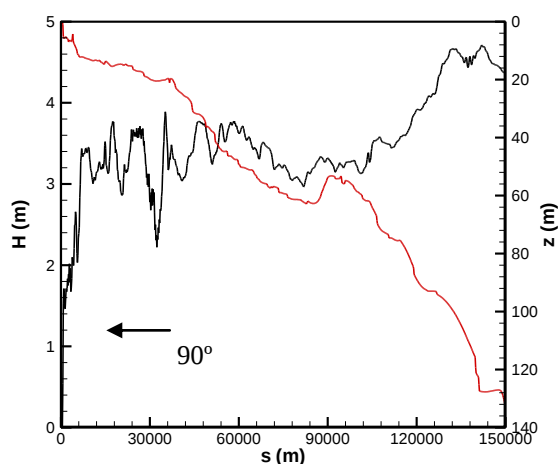


Figura 4.111 - Altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda $T=12s$.

4.3.5 Trecho entre Farol Verga e Sarita

As Figuras 4.112 a 4.116 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Farol Verga a Sarita e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para os ângulos de incidência das ondas de 180° , 157° , 135° , 112° e 90° . As transformações das ondas neste trecho são influenciadas, principalmente, pelo Banco do Albardão.

Nesse trecho, diferentemente dos outros períodos, 10s e 12s, a convergência nas proximidades da região do Farol Verga causada pelo Banco do Albardão tem uma intensidade levemente maior para as incidências de sul e leste e não para as demais incidências. O que provavelmente causa isso é o fato de que a onda com período maior sente o fundo em profundidades maiores e então esse período passa a sentir o Poço do Albardão com mais intensidade do que os outros períodos. No restante do trecho as ondas se comportam de forma semelhante às ondas com períodos de 10s e 12s, porém com alturas de ondas maiores.

Aqui também não foi possível visualizar a batimétrica de 30m devido à inclinação das grades para as direções de 180° , 157° , 135° e 112° .

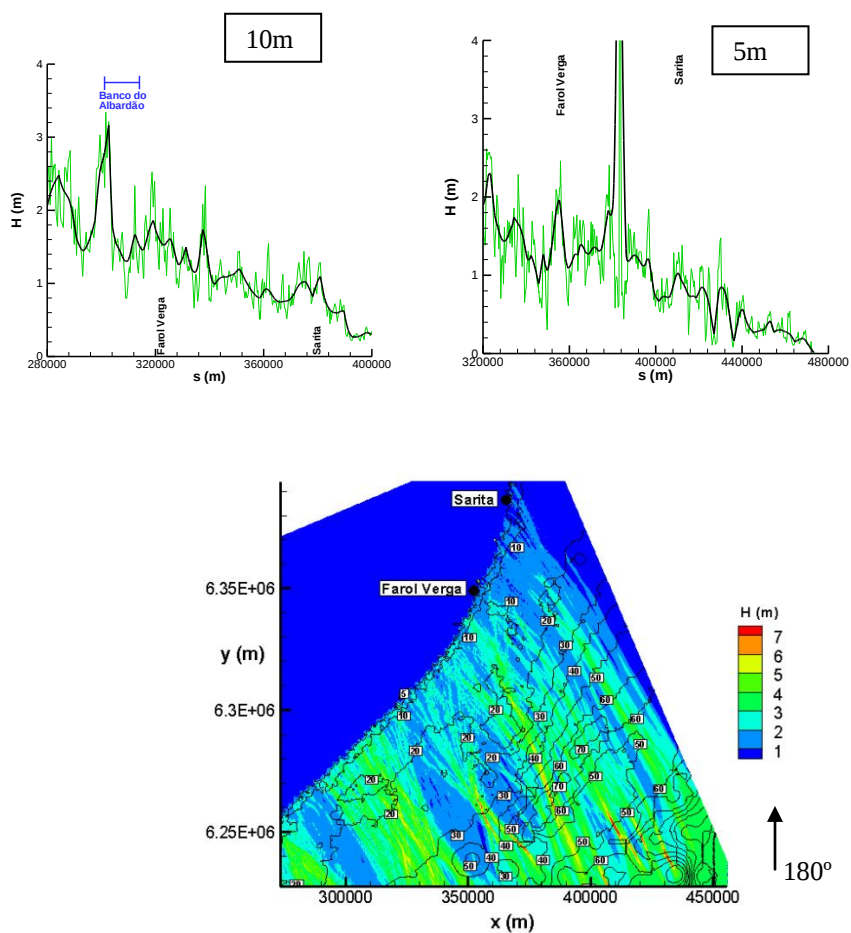
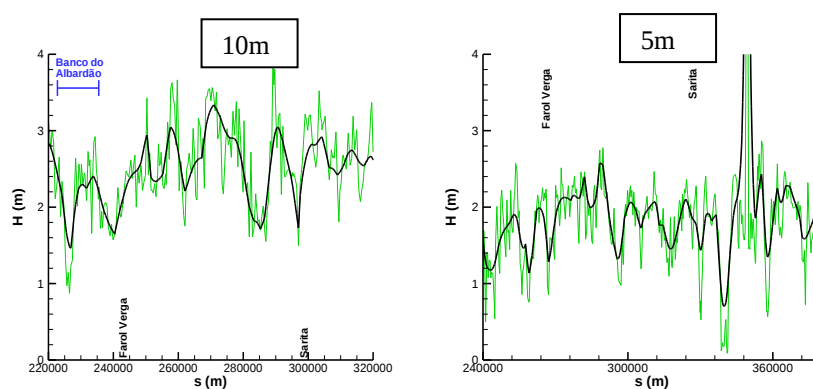


Figura 4.112 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=180^\circ$.



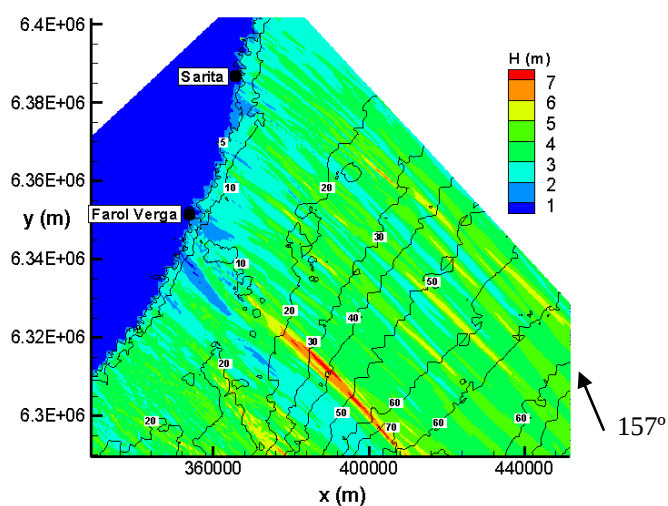


Figura 4.113 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=157^\circ$.

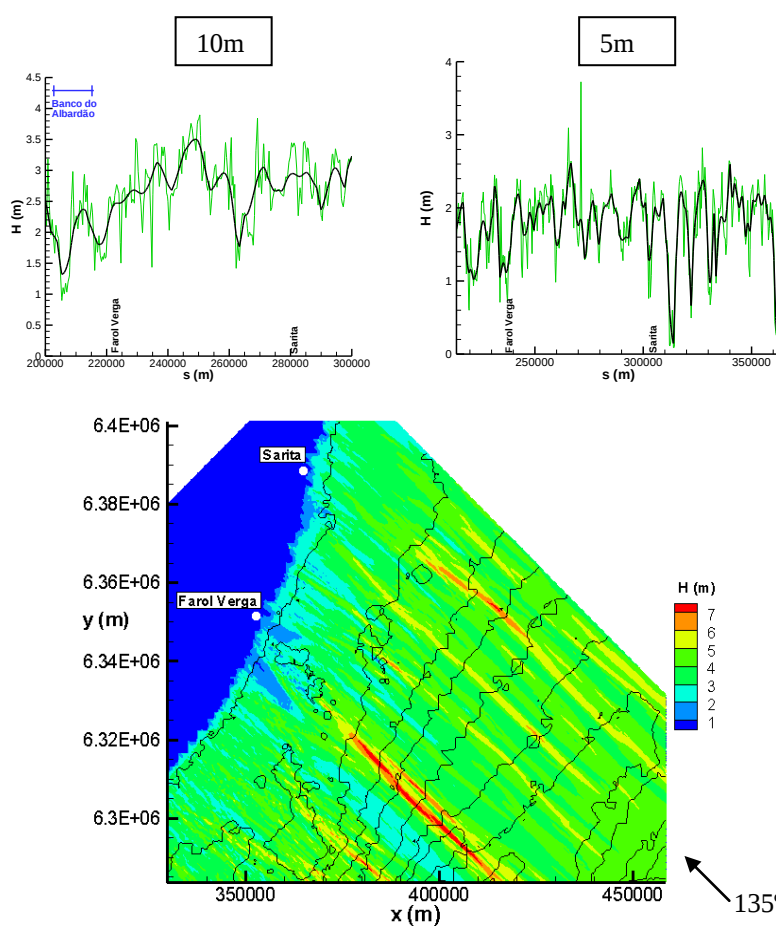


Figura 4.114 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=135^\circ$.

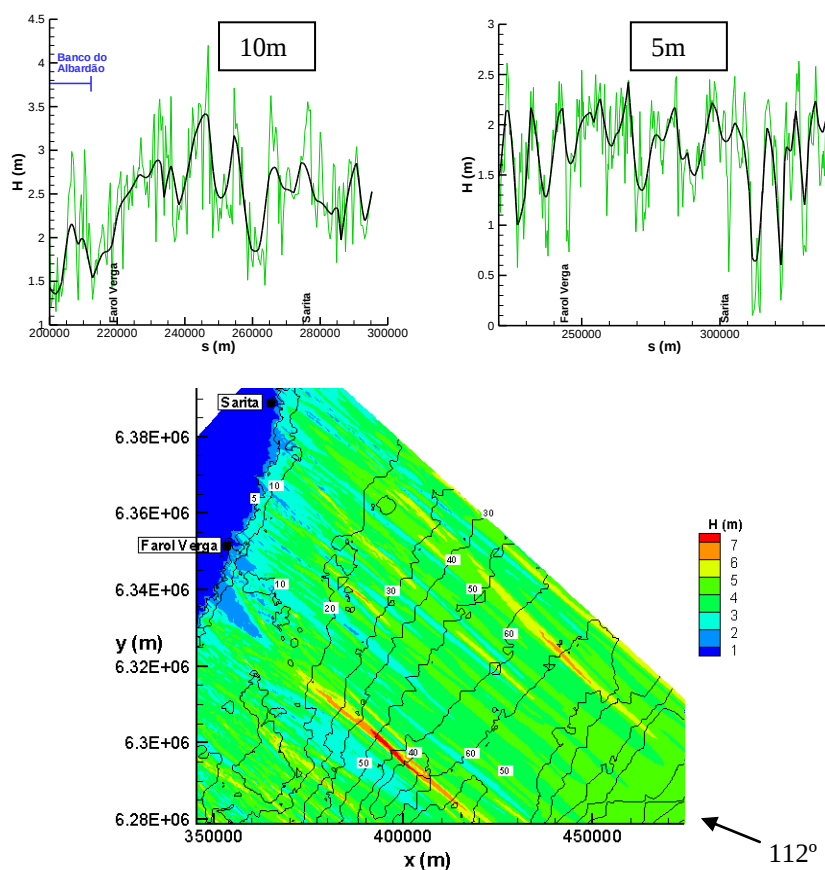
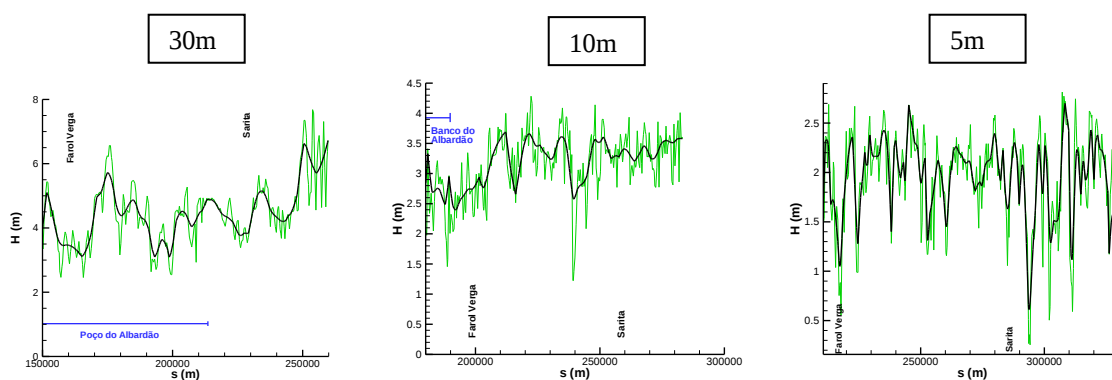


Figura 4.115 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=112^\circ$.



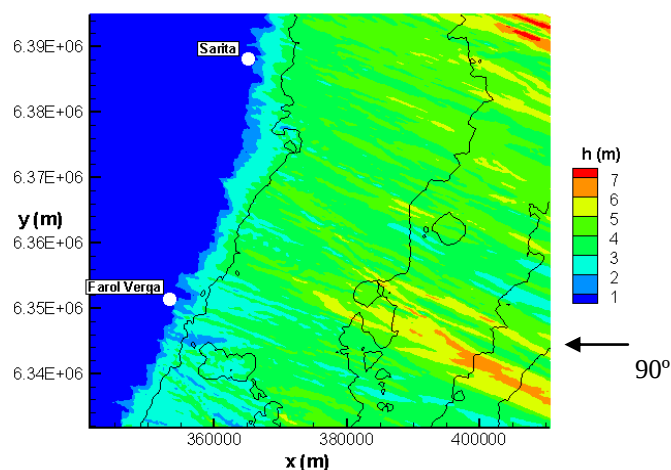


Figura 4.116 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Farol Verga e Sarita e ao longo das batimetrias de 10m e 5m para onda de $T=16s$ e $\theta=90^\circ$.

A Figura 4.117 mostra as alturas significativas superpostas, para todos os ângulos de incidência, ao longo destas batimétricas. Observa-se claramente que em todas as incidências as ondas têm comportamento semelhante, com exceção da onda de 180° , com nível de energia menor do que as demais incidências. No entanto, na batimétrica de 5m, observa-se um pico de convergência que chega a 9m de altura, que possivelmente seja um erro numérico.

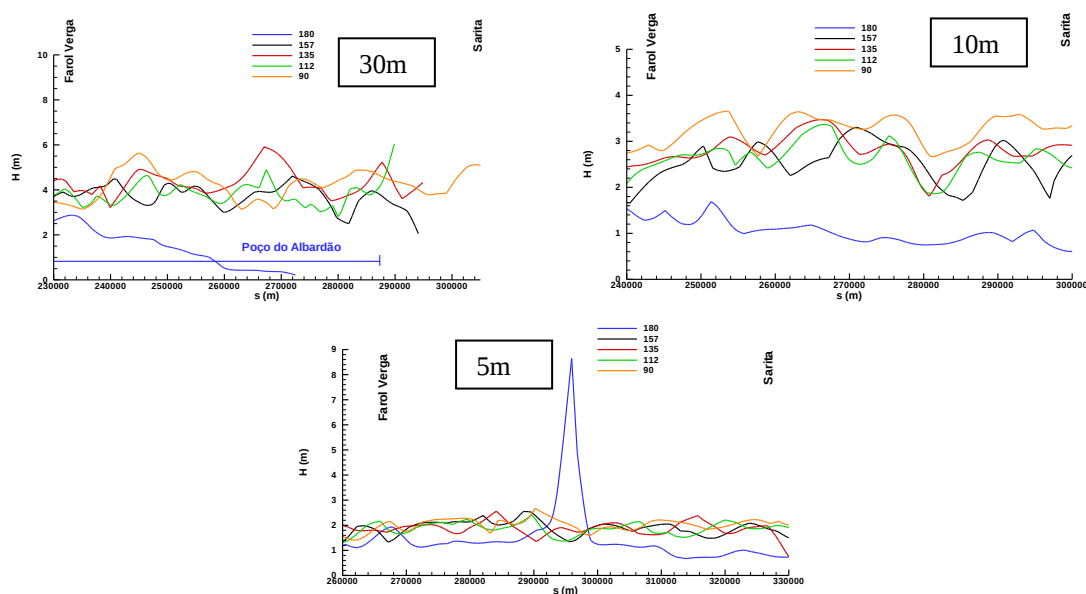


Figura 4.117 - Alturas significativas de ondas ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m no trecho entre Farol Verga e Sarita para onda de $T=16s$ e para todas incidências analisadas.

4.4 PERÍODO DE 12s E ALTURA SIGNIFICATIVA DE 4m – ACIDENTE LIMPO – POÇO DO ALBARDÃO

A Figura 4.118 mostra a batimetria da região de estudo sem o Poço do Albardão.

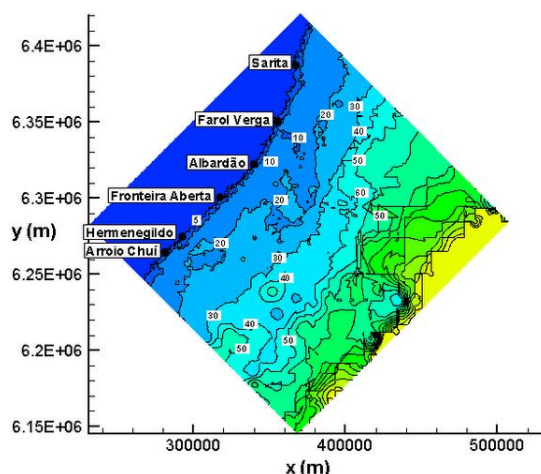


Figura 4.118 – Batimetria da região entre Arroio Chuí e Sarita sem o poço do Albardão.

As Figuras 4.119 e 4.120 mostram a distribuição de alturas significativas no domínio e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para o ângulo de incidência da onda de 135° e período de 12s com e sem o Poço do Albardão, respectivamente.

Tem-se notado para as outras simulações que a onda de incidência sudeste sofre com mais intensidade a influência dos acidentes topográficos que são sentidos logo a sua frente e na simulação sem o Poço do Albardão não é diferente.

Aqui será destacado somente o que ocorreu de diferente entre as simulações, com e sem o Poço do Albardão. Observando as figuras com as distribuições das alturas no domínio e a batimétrica de 30m é possível perceber que a presença do Poço do Albardão intensifica a convergência que chega à costa nas proximidades da Fronteira Aberta. Já entre as regiões do Albardão e Farol Verga observa-se que sem o Poço há uma convergência de quase 7m de altura e com o Poço essa convergência é de quase 6m. Assim, pode-se afirmar que o Poço contribui para a convergência que ocorre na Fronteira Aberta e ameniza a convergência que acontece entre Albardão e Farol Verga.

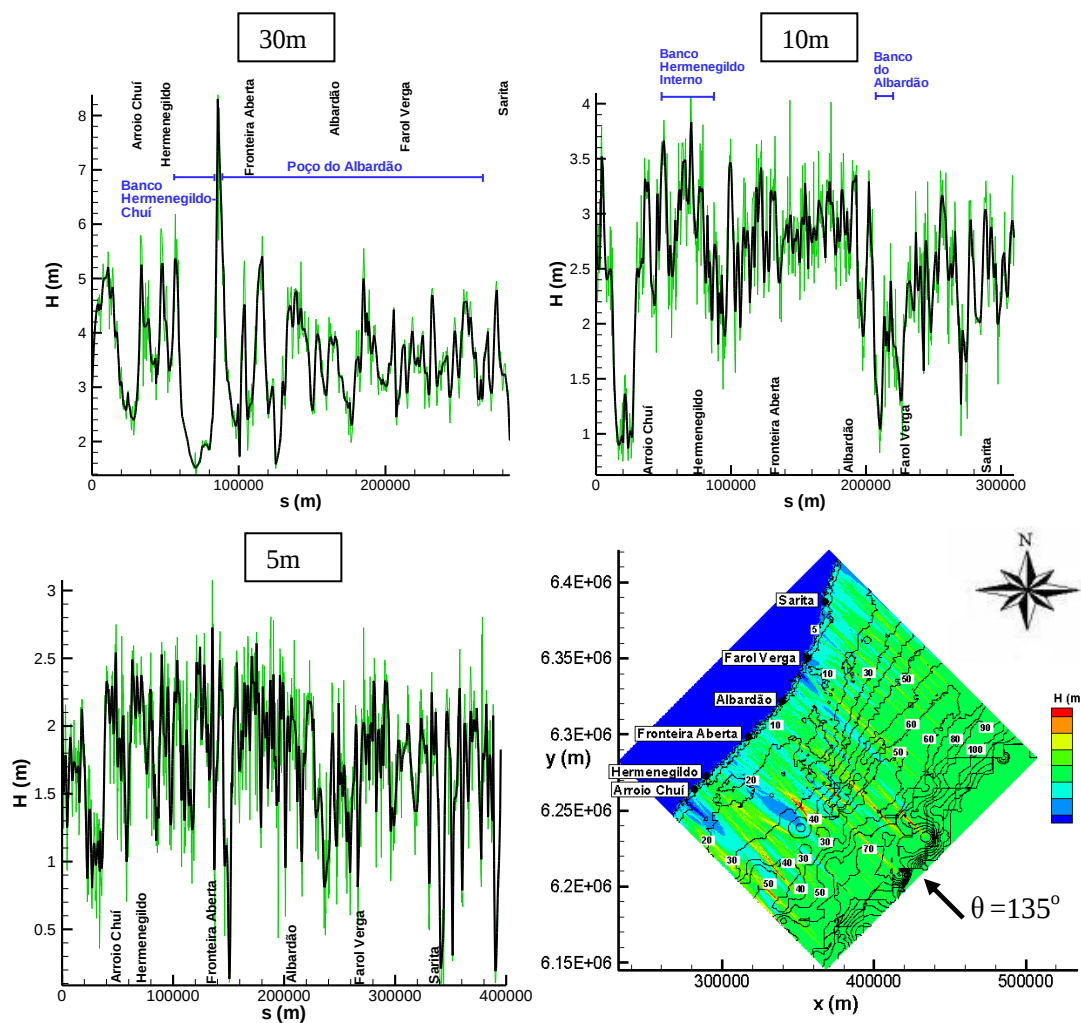
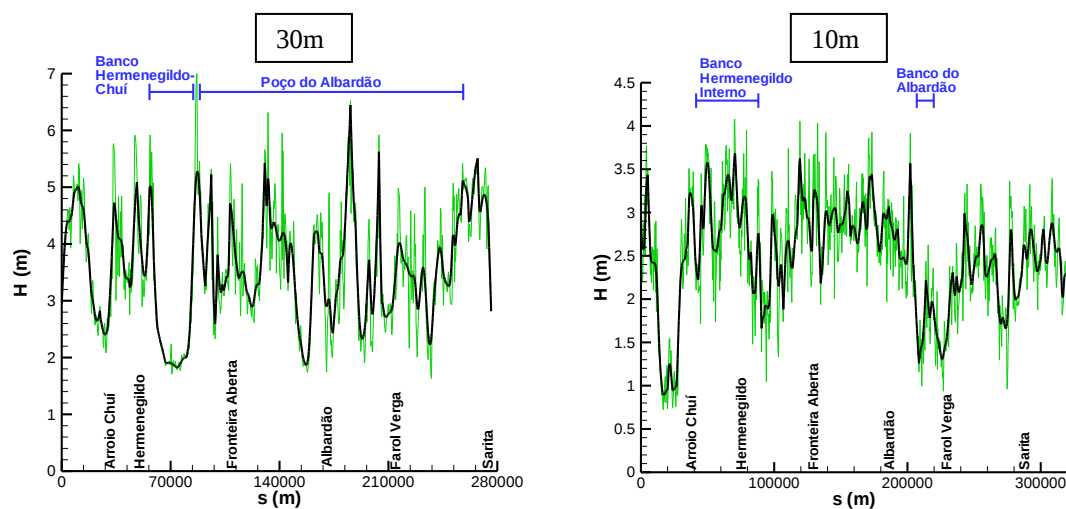


Figura 4.119 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.



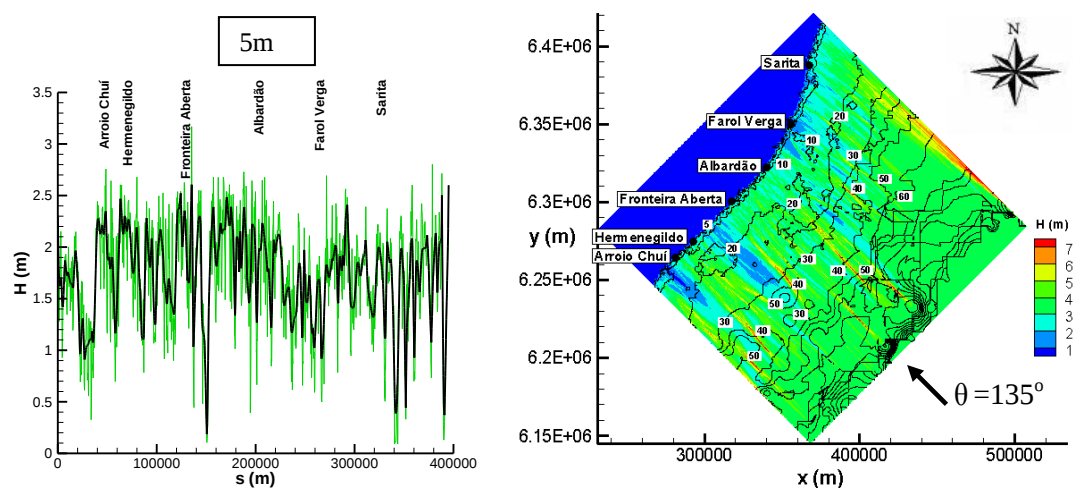
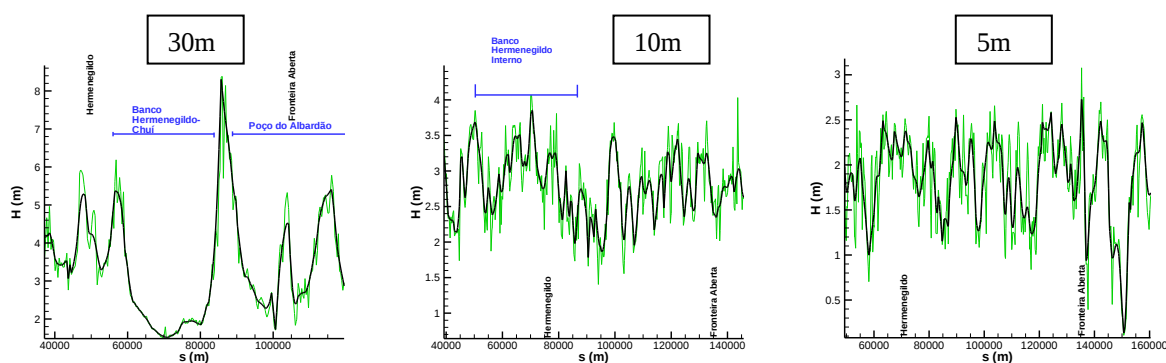


Figura 4.120 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Poço do Albardão.

4.4.1 Trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta

As Figuras 4.121 e 4.122 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Hermenegildo a Fronteira Aberta e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para a direção de sudeste com e sem o Poço do Albardão, respectivamente.

Comparando essas simulações percebe-se que o Poço do Albardão causa, juntamente com o Banco do Hermenegildo-Chuí, uma convergência de mais de 8m de altura e na simulação onde o Poço não está presente, essa convergência chega a aproximadamente 7m de altura. Nas batimétricas de 10m e 5m, percebe-se que ambas simulações tem um comportamento semelhante, o que possivelmente ocorre devido as rebentações parciais.



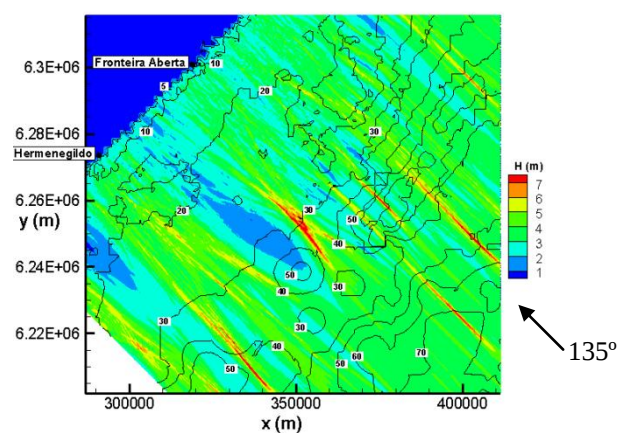


Figura 4.121 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

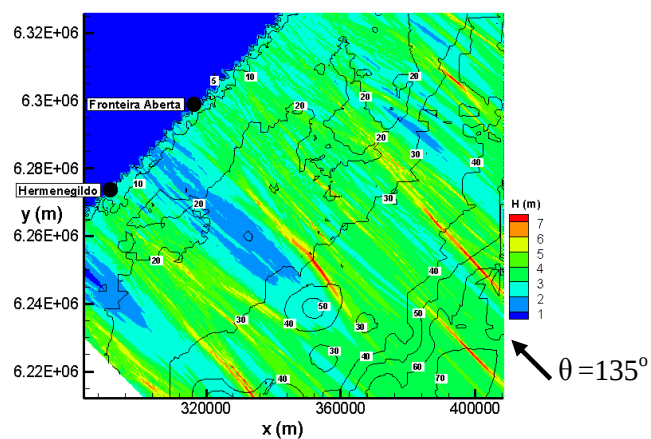
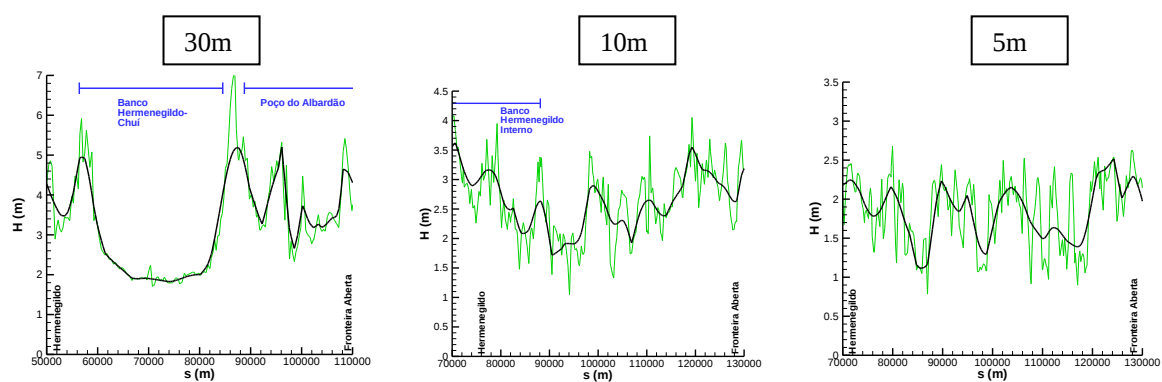


Figura 4.122 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Poço do Albardão.

As Figuras 4.123 e 4.124 apresentam o comportamento da altura significativa ao longo do perfil da Fronteira Aberta para onda de $T=12s$ e direção de sudeste com e sem a presença do Poço do Albardão respectivamente. No perfil onde o Poço não está presente, observa-se que na região onde o Poço se localiza ocorre um aumento das alturas de onda e no restante do trecho percebe-se um comportamento semelhante.

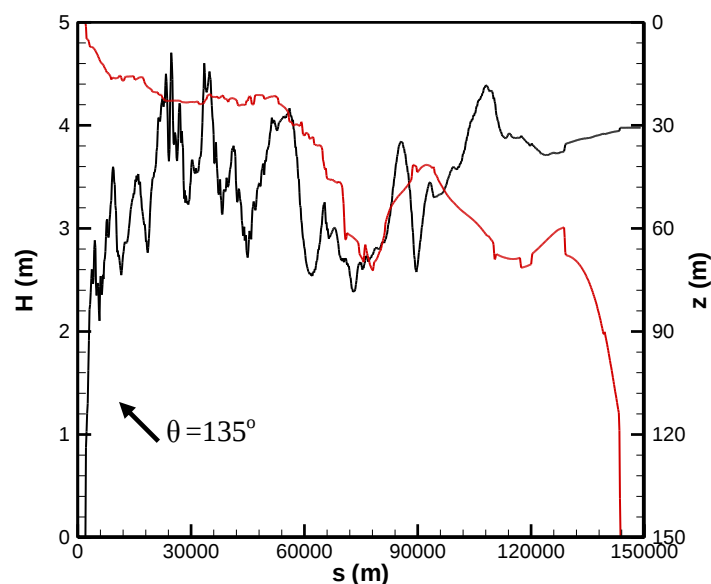


Figura 4.123 - Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

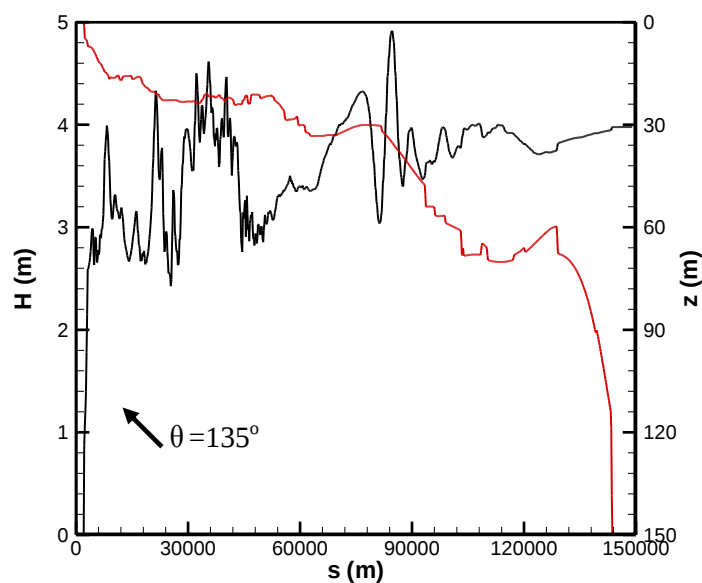


Figura 4.124 - Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Poço do Albardão.

4.4.2 Trecho entre Fronteira Aberta e Albardão

As Figuras 4.125 e 4.126 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Fronteira Aberta a Albardão e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para a direção de sudeste com e sem a presença do poço do Albardão, respectivamente. Pelas batimétricas nota-se que em 30m ocorre uma convergência de aproximadamente 5m de altura com a presença do Poço e de quase 7m sem a presença do Poço. Nota-se também, que nas proximidades do Albardão existe uma convergência de mais de 4m de altura de onda com o Poço e de 5m sem o Poço. Em 10m e 5m o comportamento é semelhante entre as duas simulações.

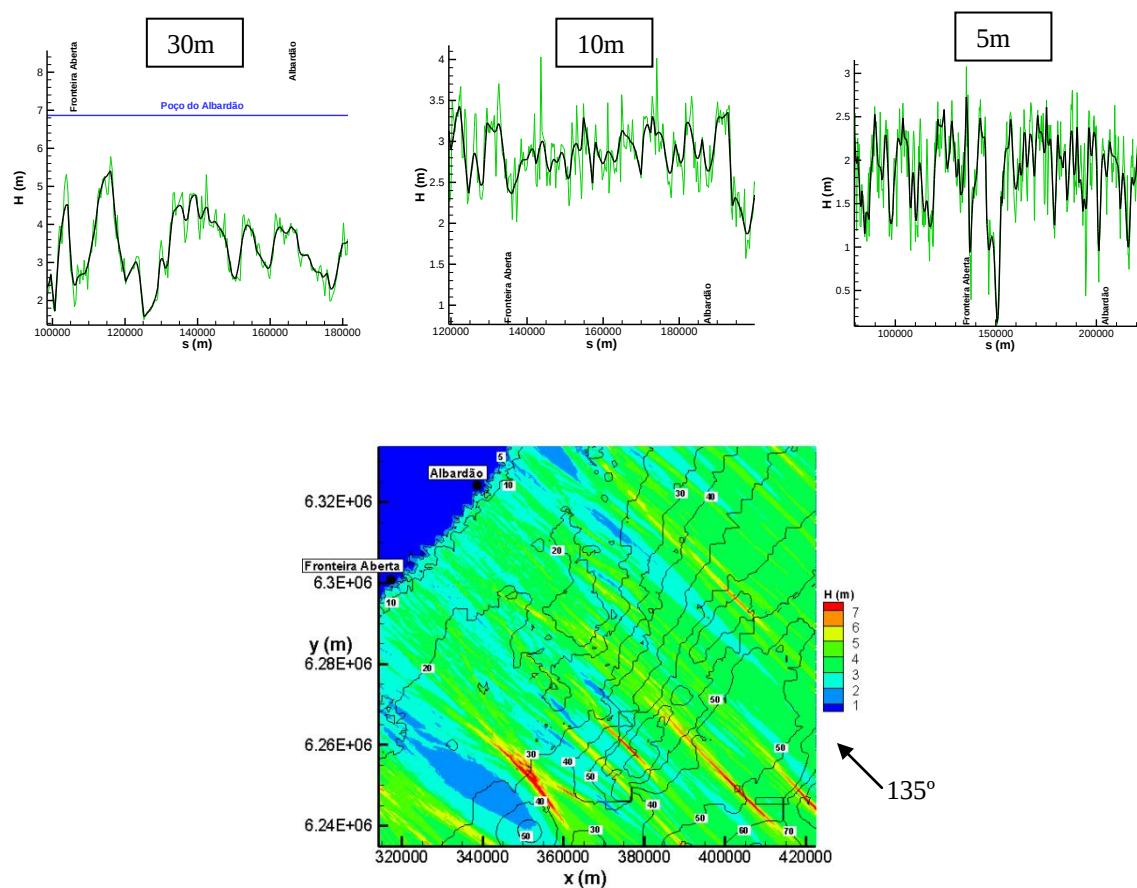


Figura 4.125 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

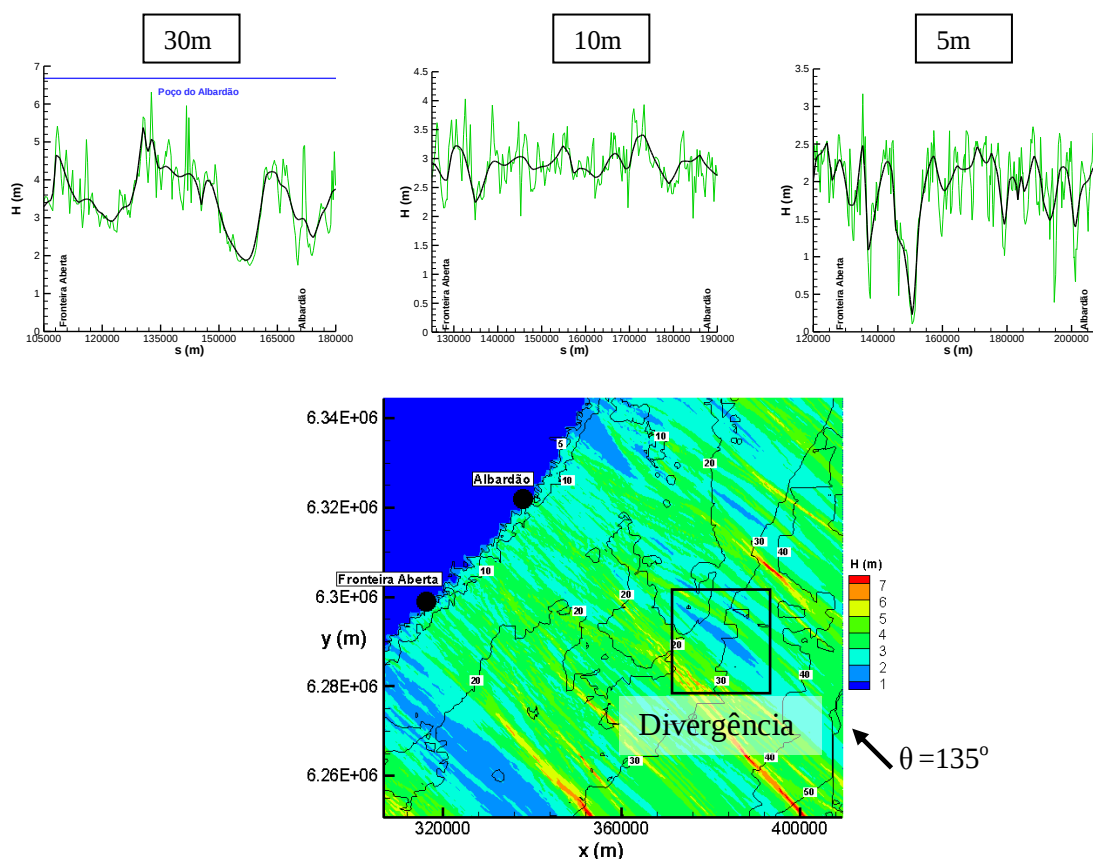


Figura 4.126 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Fronteira Aberta e Albardão e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Poço do Albardão.

No perfil de Albardão observa-se que sem a presença do Poço do Albardão as alturas chegam à costa maiores cerca de 0,5m do que com a presença do Poço, o que possivelmente ocorre pela perda de energia que o Poço causa. Observa-se ainda que mais próximo a costa há um empolamento de aproximadamente 4m de altura o que não ocorreu na simulação com o Poço.

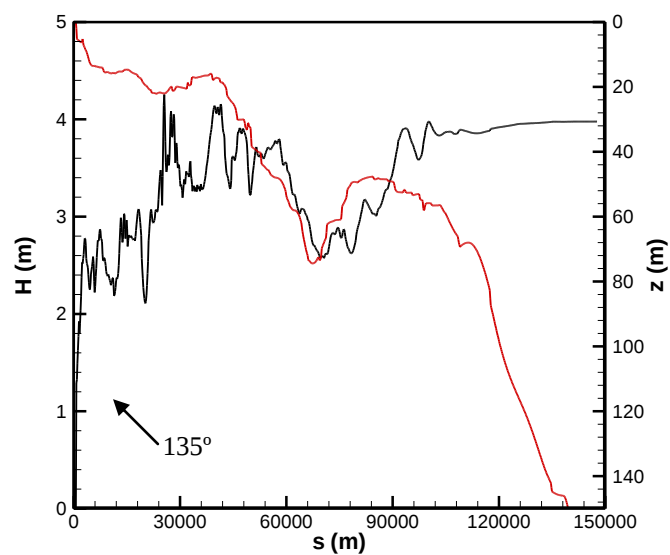


Figura 4.127 - Altura significativa ao longo do perfil Albardão para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

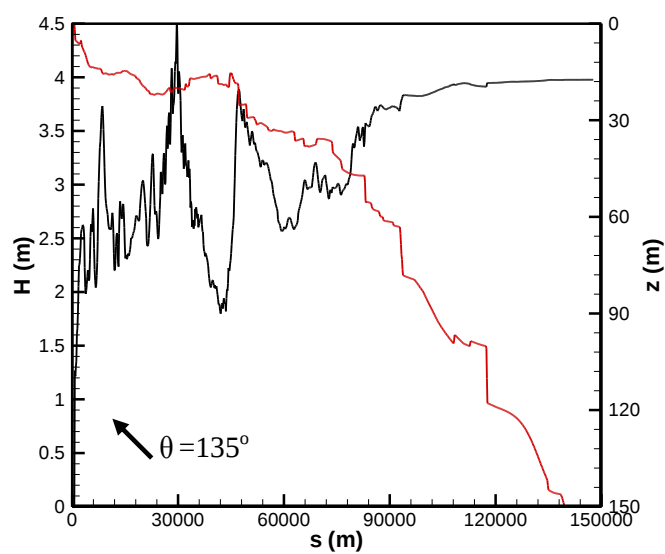


Figura 4.128 - Altura significativa ao longo do perfil Albardão para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Poço do Albardão.

4.4.3 Trecho entre Albardão e Farol Verga

As Figuras 4.129 e 4.130 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Albardão a Farol Verga e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para a direção de sudeste com e sem a presença do poço do Albardão, respectivamente.

Nessa simulação percebem-se nas proximidades do Banco do Albardão dois picos de divergência que ocorrem devido à influência desse banco causando assim uma convergência que chega a costa com altura de onda próxima a 3m.

Observando as figuras é possível perceber na batimétrica de 30m que os picos de convergências que ocorrem em ambas as simulações são maiores na simulação onde o Poço do Albardão não está presente. O mesmo se percebe na convergência que é vista nas proximidades do Banco do Albardão na batimétrica de 10m. Já em 5m o comportamento das ondas é mais semelhante. Observa-se que, sem o Poço do Albardão, ocorrem leves gradientes laterais do sul para o norte vistos nas batimétricas de 10m e 5m, que não aparecem no caso com o Poço.

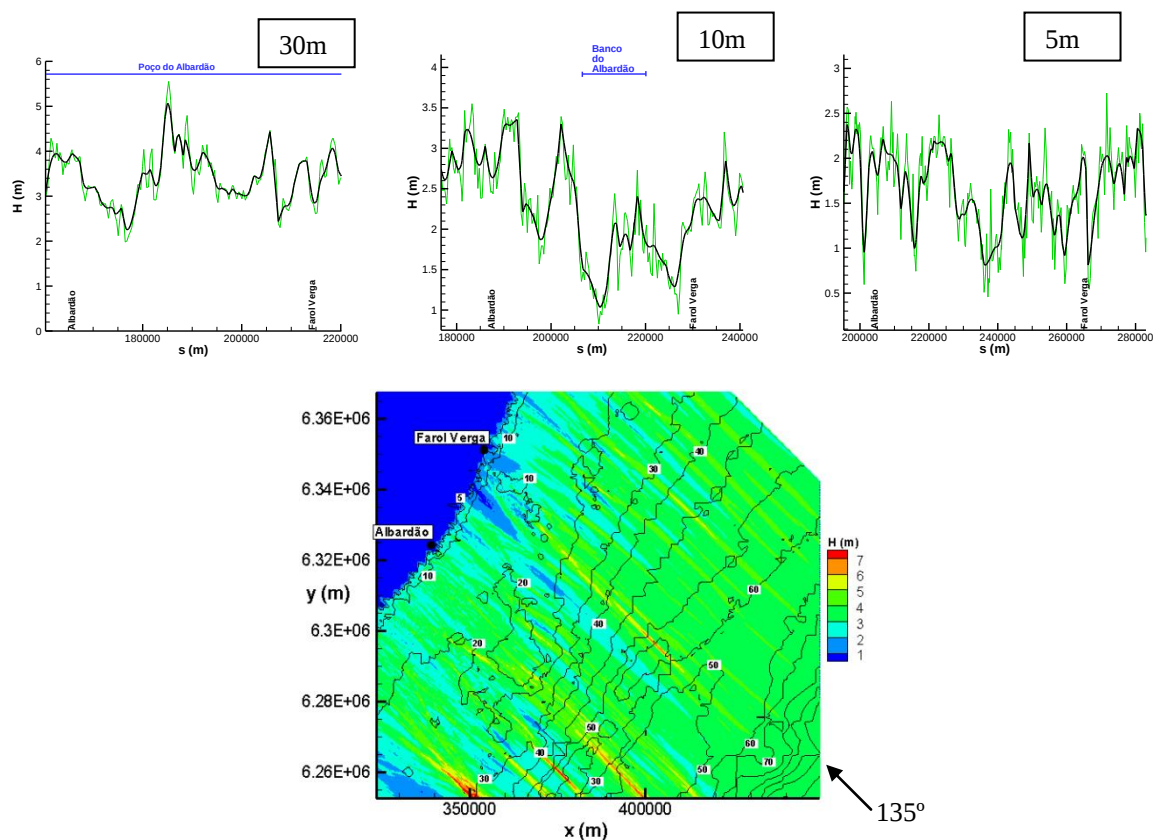


Figura 4.129 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

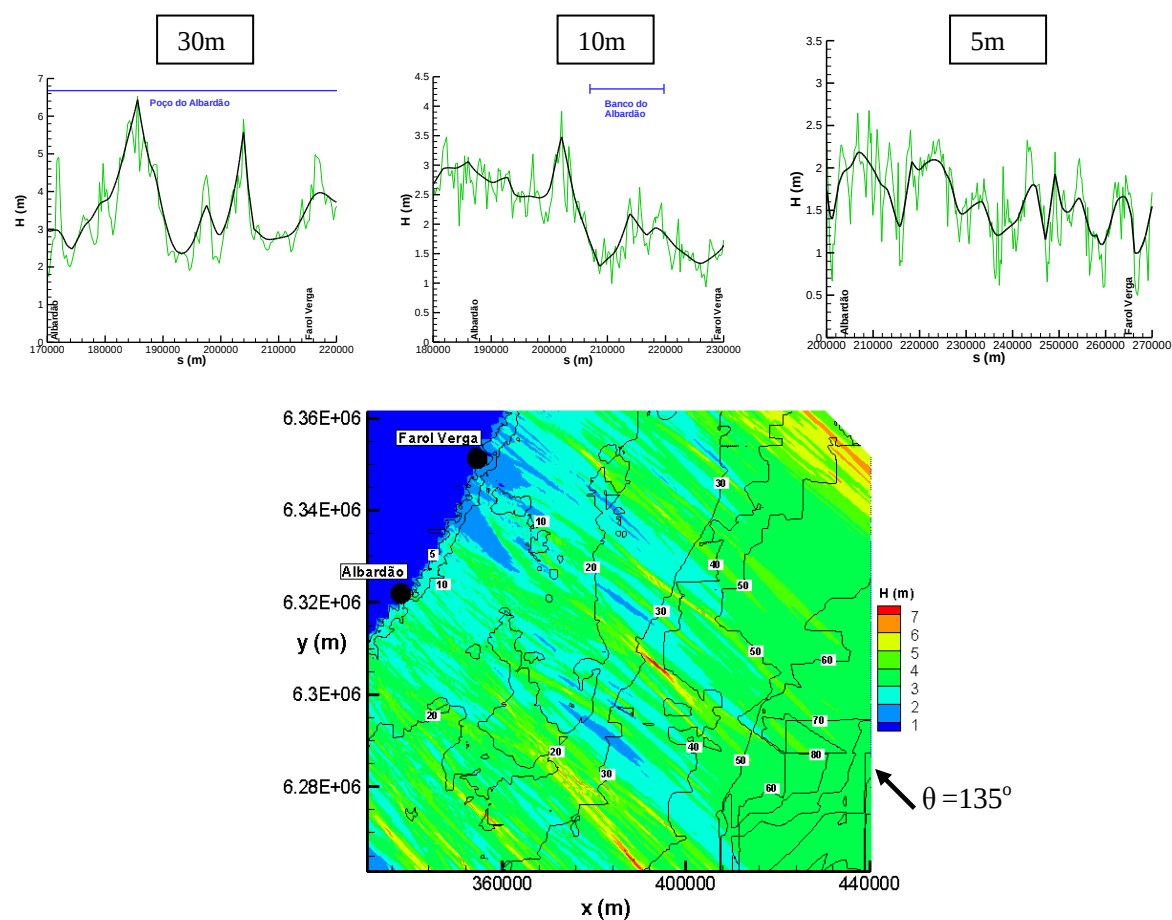


Figura 4.130 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Albardão e Farol Verga e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Poço do Albardão.

No perfil do Farol Verga (Fig. 4.131 e 4.132), nota-se um comportamento semelhante para ambas as simulações.

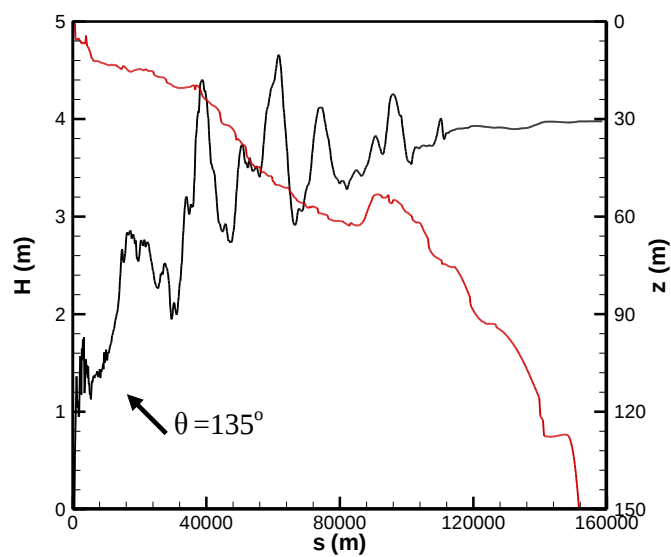


Figura 4.131 - Altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

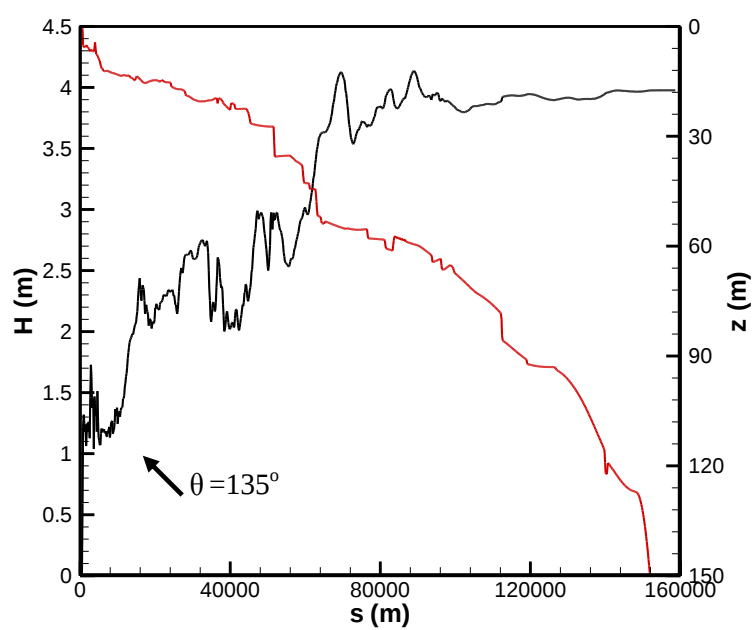


Figura 4.132 - Altura significativa ao longo do perfil Farol Verga para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Poço do Albardão.

4.5 PERÍODO DE 12s E ALTURA SIGNIFICATIVA DE 4m – ACIDENTE LIMPO – BANCO DO HERMENEGILDO-CHUÍ

A Figura 4.133 mostra a batimetria da região de estudo sem o Banco Hermenegildo-Chuí.

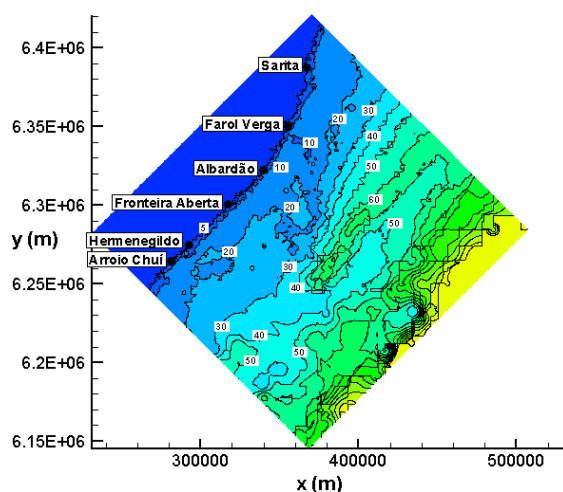


Figura 4.133 - Batimetria da região entre Arroio Chuí e Sarita sem o Poço do Albardão.

As Figuras 4.134 e 4.135 mostram a distribuição de alturas significativas no domínio e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para o ângulo de incidência da onda de 135° e período de 12s com e sem o Banco do Hermenegildo-Chuí, respectivamente.

Tem-se notado para as outras simulações, a onda de incidência sudeste tem sentido muito os acidentes topográficos e sentidos logo a sua frente e nessa simulação não é diferente.

As figuras com as alturas significativas ao longo do domínio apresentam uma divergência causada pelo Banco Hermenegildo-Chuí e uma convergência que é acentuada pelo Poço localizado nas batimétricas de 40m e 50m. Porém essa divergência ocorre em menor escala na simulação onde o Banco não está presente, diminuindo a intensidade da convergência que atinge a região do Hermenegildo.

Já observando as batimétricas percebe-se que o comportamento das ondas é bem semelhante entre a simulação com a presença do Banco Hermenegildo-Chuí e sem a presença do referido Banco.

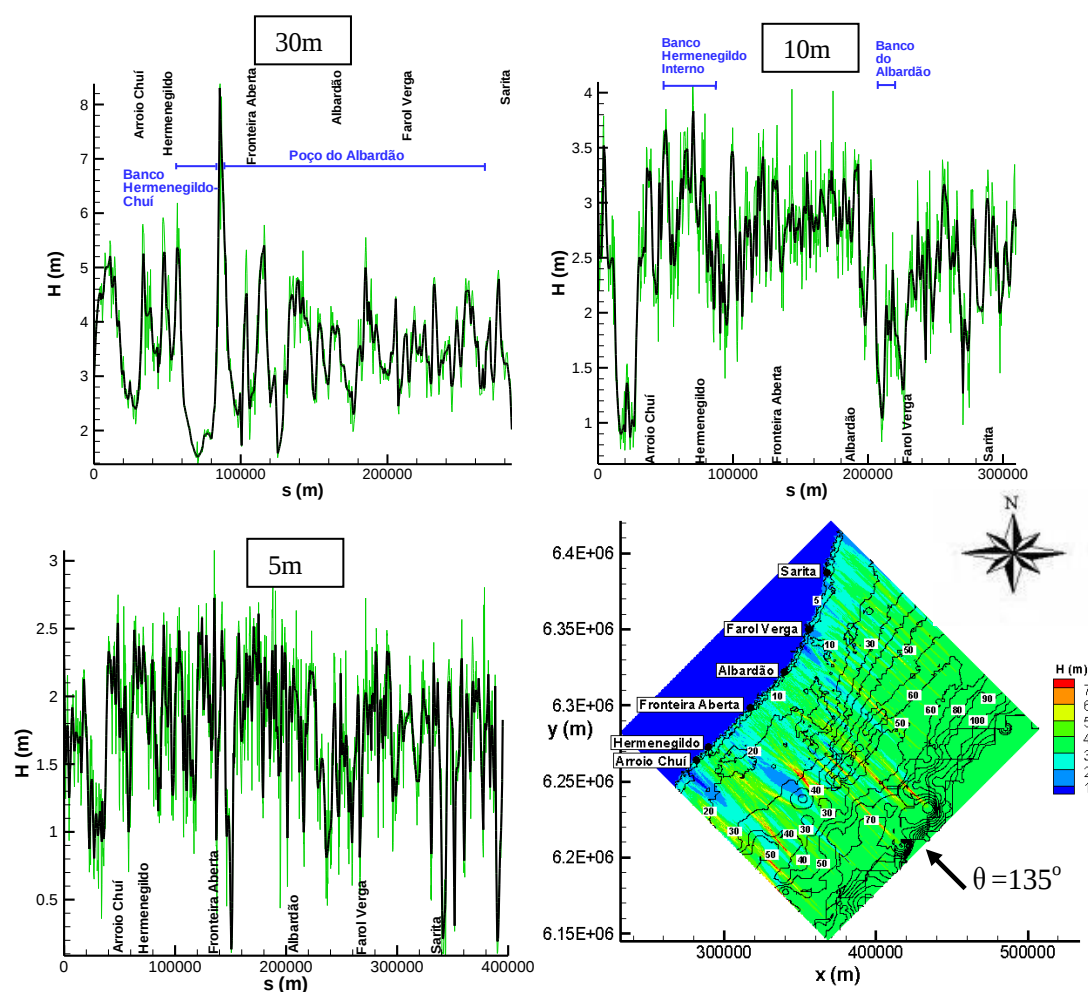
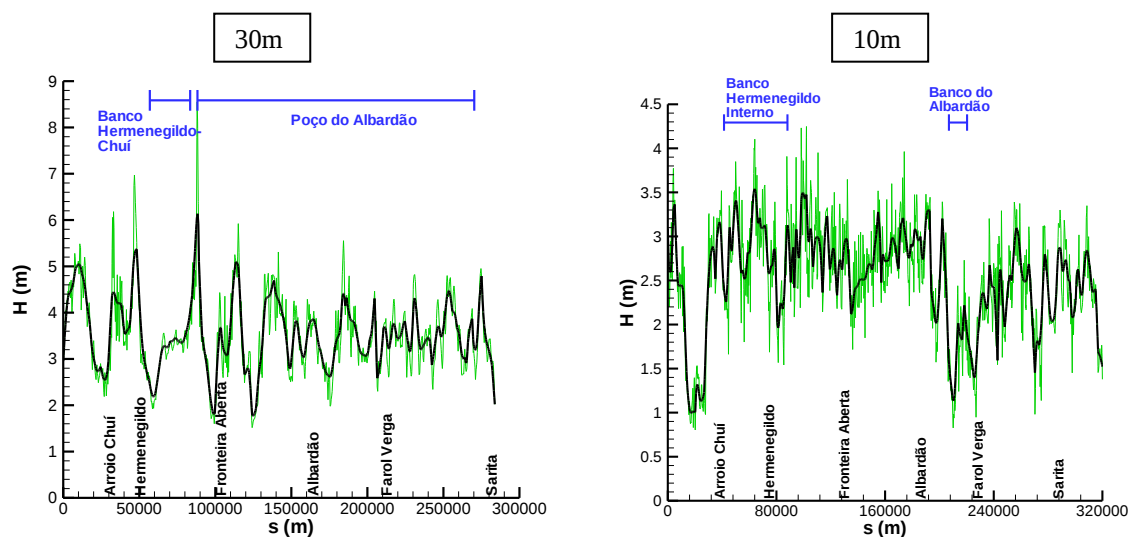


Figura 4.134 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.



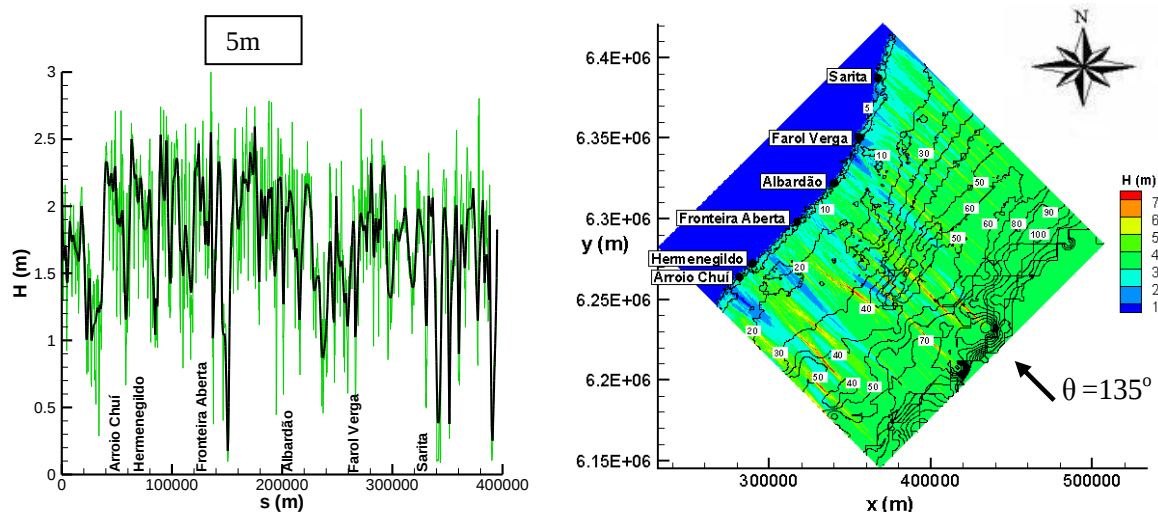
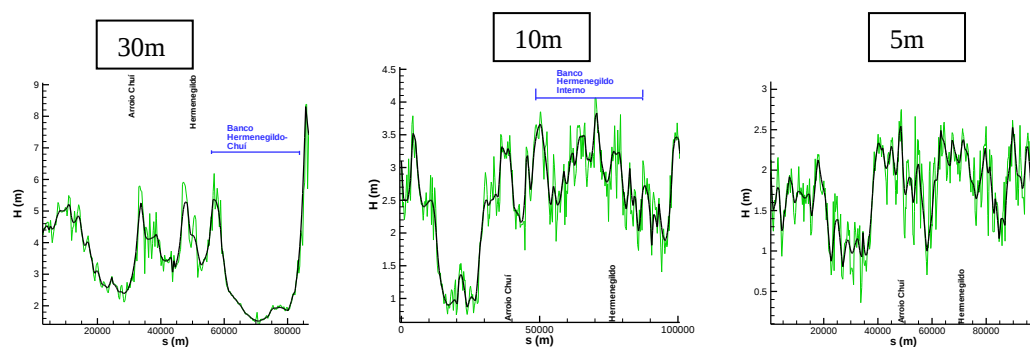


Figura 4.135 - Distribuição da altura significativa e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Banco Hermenegildo-Chuí.

4.5.1 Trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo

As Figuras 4.136 e 4.137 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Arroio Chuí a Hermenegildo e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para a direção de sudeste com e sem a presença do banco Hermenegildo-Chuí, respectivamente.

Na batimétrica de 30m é possível perceber que o pico de convergência nas proximidades do Hermenegildo é levemente maior na simulação onde o Banco Hermenegildo-Chuí não está presente (Fig. 4.137). Já nas outras batimétricas se nota que as ondas têm um comportamento semelhante em ambas simulações.



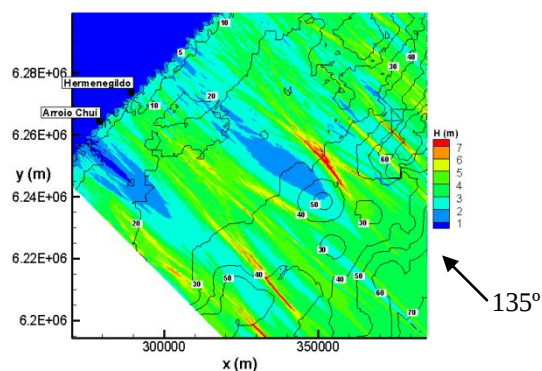


Figura 4.136 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

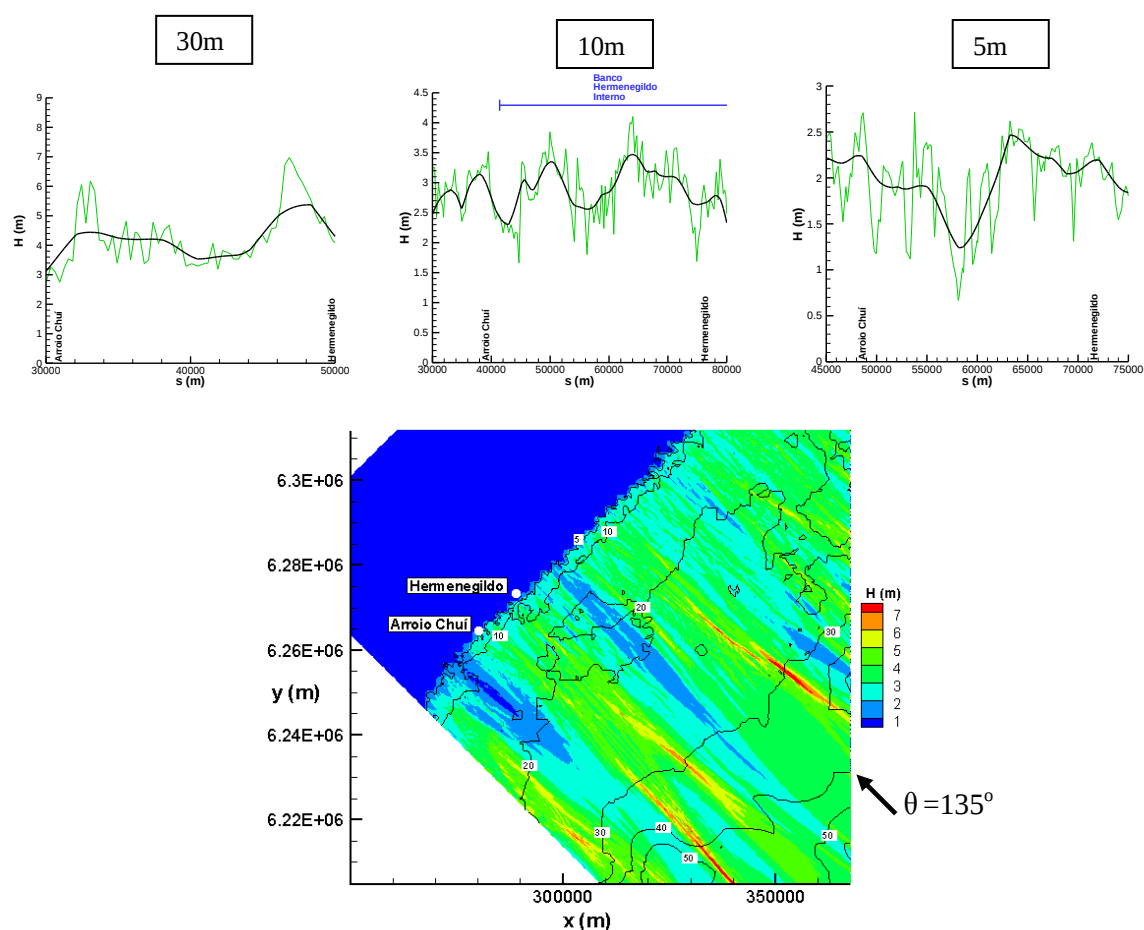


Figura 4.137 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Arroio Chuí e Hermenegildo e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Banco Hermenegildo-Chuí.

No perfil de Hermenegildo (Fig. 4.138 e 4.139), com e sem a presença do Banco Hermenegildo-Chuí, respectivamente, observa-se alturas de ondas maiores com a presença do deste Banco antes do Banco Hermenegildo Externo, porém mais próximo à costa o comportamento das ondas é semelhante.

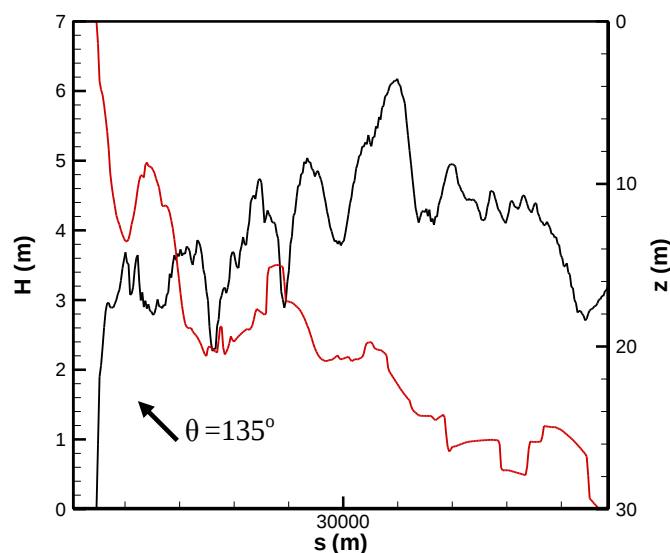


Figura 4.138 - Altura significativa ao longo do perfil Hermenegildo para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

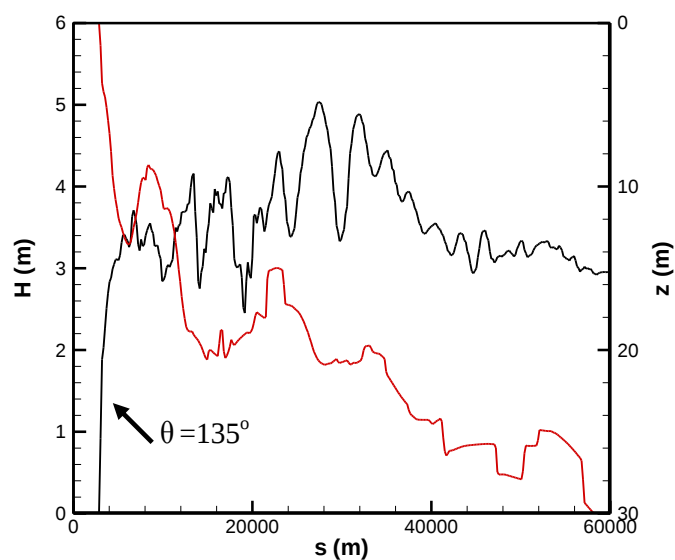


Figura 4.139 - Altura significativa ao longo do perfil Hermenegildo para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Banco Hermenegildo-Chuí.

4.5.2 Trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta

A Figuras 4.140 e 4.141 mostram as distribuições de alturas significativas no trecho de Hermenegildo a Fronteira Aberta e ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m para a direção de sudeste com e sem a presença do Banco Hermenegildo-Chuí, respectivamente.

Na batimétrica de 30m percebe-se que a convergência que ocorre nas proximidades do Hermenegildo com quase 6m de altura não ocorre na simulação onde o Banco não está presente, o que mostra que o Banco acentua tal convergência. Já na batimétrica de 10m observa-se que as alturas de onda são maiores em todo o trecho na simulação onde o Banco Hermenegildo-Chuí não está presente, o que possivelmente ocorre devido ao poço localizado a frente desse Banco também não estar mais presente, já que a batimetria foi modificada. Na batimétrica de 5m notam-se alturas de onda levemente maiores sem a presença do Banco Hermenegildo-Chuí.

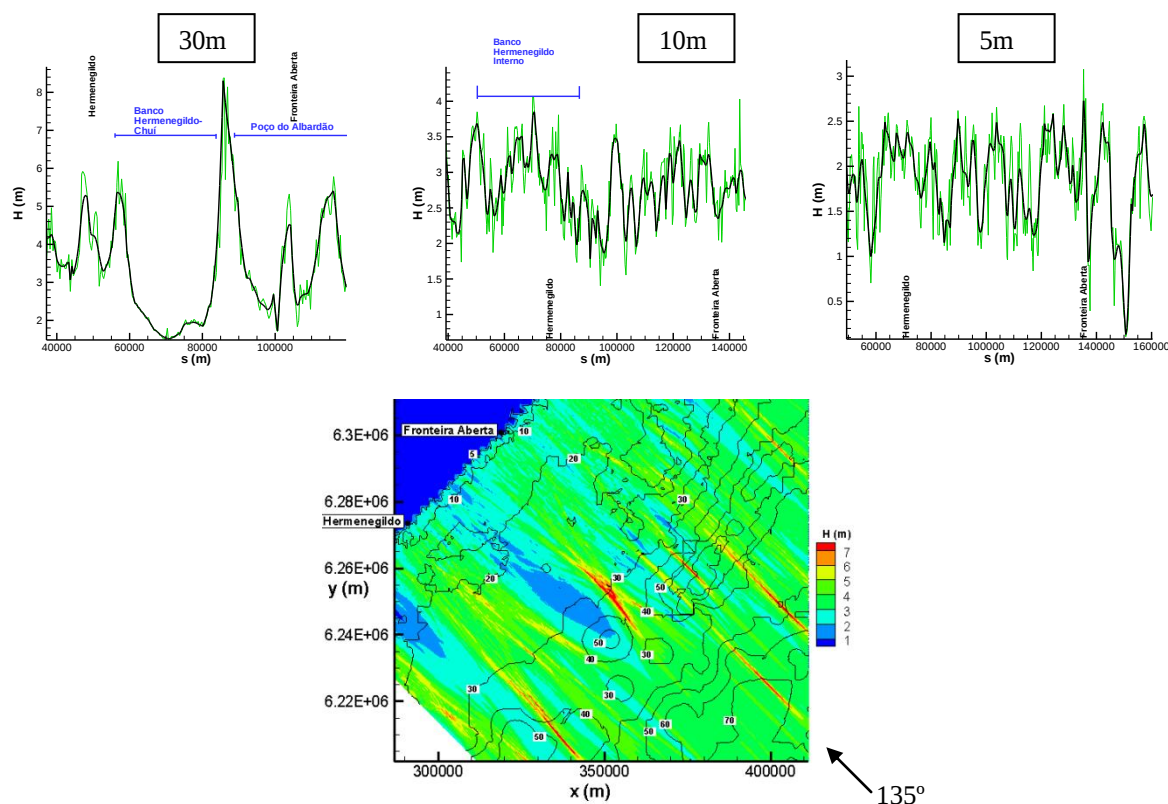


Figura 4.140 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

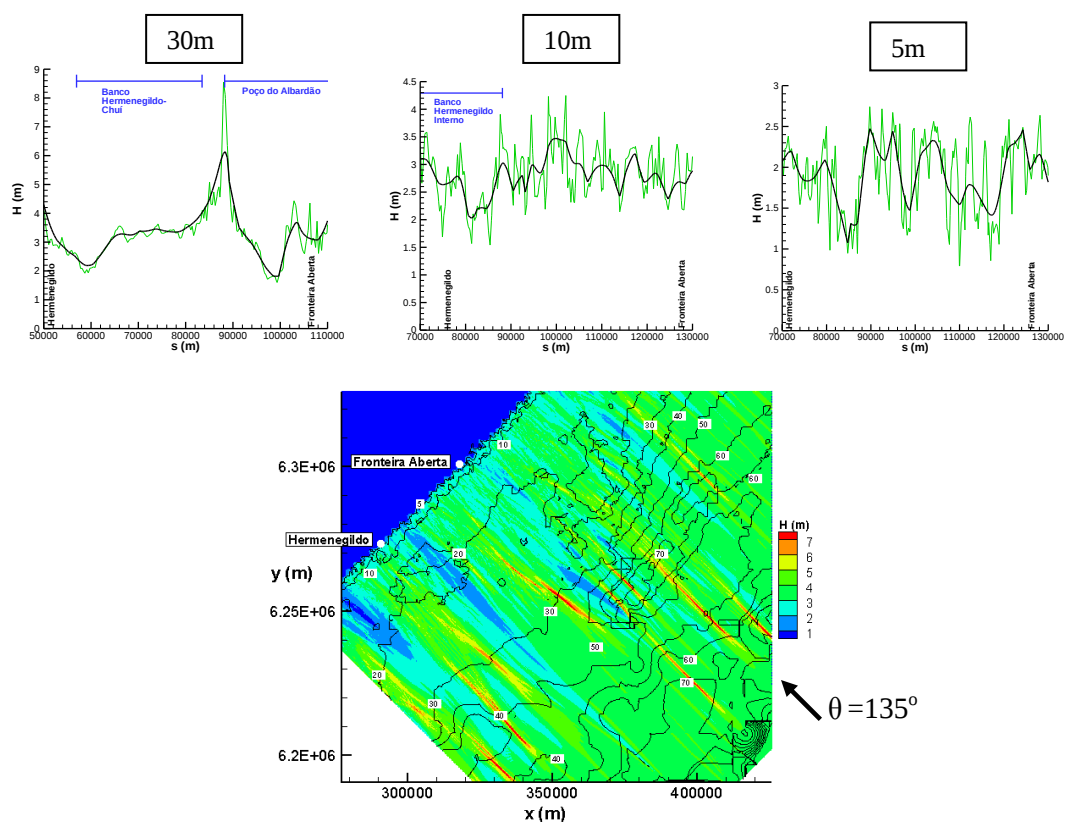


Figura 4.141 - Distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e ao longo das batimetrias de 30m, 10m e 5m para onda de $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Banco Hermenegildo-Chuí.

No perfil de Fronteira Aberta percebe-se alturas de onda um pouco maiores após o Poço do Albardão com a presença do Banco Hermenegildo-Chuí, o que mostra que tal Banco acentua a convergência nas proximidades da Fronteira Aberta.

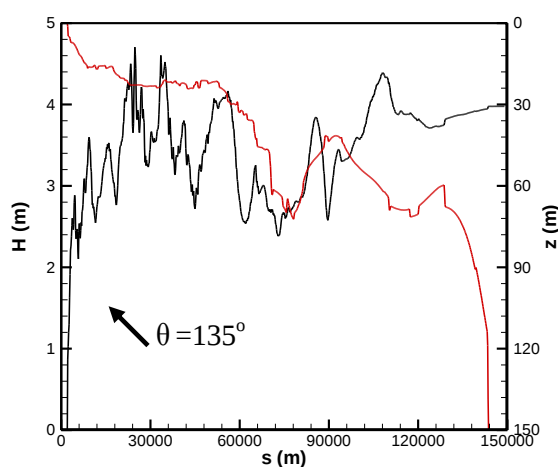


Figura 4.142 - Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$.

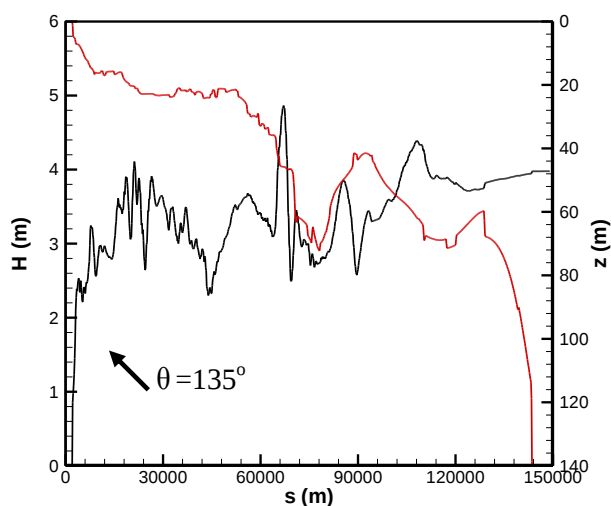


Figura 4.143 - Altura significativa ao longo do perfil Fronteira Aberta para onda $T=12s$ e $\theta=135^\circ$ - sem o Banco Hermenegildo-Chuí.

4.6 DISCUSSÕES FINAIS

Nesse item será visto a comparação entre os resultados apresentados anteriormente nos itens de 4.1 a 4.5, onde foram analisadas as propagações das ondas de períodos de 10s, 12s e 16s e incidências de 90° , 112° , 135° , 157° e 180° , bem como das ondas de período de 12s com incidência de 135° e sem a presença dos acidentes topográficos do Poço do Albardão e do Banco do Hermenegildo Chuí. Também serão realizadas comparações dos resultados obtidos com aqueles apresentados por outros autores na área de estudo.

A partir dos resultados obtidos para os diferentes períodos de onda, pode-se afirmar que, de maneira geral, as ondas de períodos de 12s e 16s, apesar de alturas significativas diferentes, chegam à costa com praticamente a mesma energia de onda, o que provavelmente ocorre pelo fato da onda com 16s ser influenciada pelo fundo em profundidades maiores e, por consequência, sofrer rebentações parciais mais intensas do que a onda com 12s. A onda de período de 10s é a que menos sofre rebentações parciais, possivelmente por ser influenciada pelo fundo em profundidades menores do que aquelas dos demais períodos, chegando à costa com alturas próximas a altura significativa usada como entrada na simulação. Tal fato não ocorre para os períodos de 12s e 16s.

Com relação ao Banco Hermenegildo-Chuí, localizado de 20 a 30m de profundidade, com exceção das ondas vindas do sul, observa-se que ele provoca aumento das alturas das ondas no Arroio Chuí e, com mais intensidade, no Hermenegildo. O Poço localizado entre as batimétricas de 40m e 50m, ao sul do Banco Hermenegildo-Chuí, atua em conjunto neste processo para as incidências SSE (157°), SE (135°) e SEE (112°). Este Poço provoca um aumento de altura das ondas vindas do Sul em direção ao norte de Hermenegildo. De forma semelhante, o Poço do Albardão atua em conjunto com o Banco Hermenegildo-Chuí no seu lado norte para intensificar este processo para a onda vinda de E (90°), enquanto que para ondas vindas do sul esta intensificação é deslocada para o Albardão.

A Fig. 4.144 mostra um esquema do Banco Hermenegildo-Chuí, composto de dois bancos e um poço, representando de forma simplificada o que pode ser visto nos cortes reais da topografia deste Banco mostrados nas Fig. 2.10 e 2.14. Nessas figuras aparecem dois bancos adjacentes aproximadamente paralelos a costa e um poço localizado entre estes bancos na direção da costa. O esquema da Fig. 4.144 mostra o caso de uma onda vinda de SE (135°), onde os raios de onda (vindos da esquerda para a direita) passam pelos bancos (lentes convergentes) os quais provocam dois focos que são reforçados pela presença do poço (lente divergente). A Fig. 4.15, que mostra a distribuição da altura significativa no trecho entre Hermenegildo e Fronteira Aberta ao longo das batimétricas para uma onda de período de 10s e incidência de 135° , indica claramente o mesmo efeito representado pelo modelo do esquema, observando-se dois focos: um próximo ao Hermenegildo e outro a Fronteira Aberta.

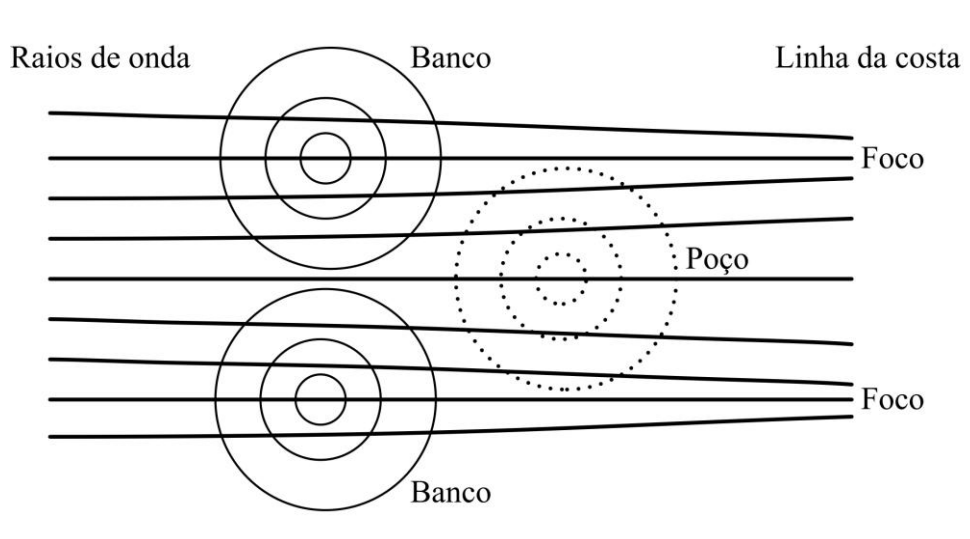


Figura 4.144 - Esquema simplificado do Banco Hermenegildo-Chuí.

As irregularidades do Poço do Albardão provocam divergências e convergências dispersas. Para ondas SSE (157°), SE (135°) e SEE (112°), o Poço causa convergências na região do Albardão. Na incidência sul, observa-se baixa energia de onda após o Poço.

Mais próximo à costa, entre 15m e 20m, o Banco Hermenegildo Externo causa convergência na região entre o Arroio Chuí e Hermenegildo. Para a incidência SEE (112°), as alturas de ondas são menores, enquanto que para ondas S (180°) a convergência está mais deslocada ao norte da região do Hermenegildo e para a incidência E (90°) a convergência ocorre em menor escala e mais dispersa. Para onda de direção SSE (157°) constata-se que, após o Banco, a energia da onda diminui antes de passar pelo Banco Hermenegildo Interno.

O Banco Hermenegildo Interno, entre as batimétricas de 5m e 10m, a frente do Hermenegildo, provoca convergência próxima a esta região em todas as direções de onda, com maior intensidade para a direção SE (135°). Percebe-se que a presença do Banco Hermenegildo-Chuí, do Poço localizado entre as batimétricas de 40m e 50m ao sul deste e o lado sul do Poço do Albardão, localizados a profundidades maiores, causam transformações nas ondas que são ampliadas pelo Banco Hermenegildo Interno, localizado mais próximo à costa. Esta constatação permite inferir que a ação das ondas contribui fortemente para a erosão na região do Hermenegildo. Destaca-se ainda que a energia das ondas na batimétrica de 5m é sempre maior na região do Hermenegildo e Fronteira Aberta (alturas superiores a da onda incidente nos casos de períodos de onda de 10s), decrescendo desta área para o norte com exceção das ondas de direção leste. Estas alturas elevadas próximas a última rebentação, provocam um fenômeno mais intenso de *set up* na área de Hermenegildo e Fronteira Aberta em relação as áreas adjacentes. Este fenômeno proporciona gradientes laterais de energia que, considerando a incidência das ondas do quadrante sudeste, podem formar correntes para o norte e conseqüente transporte de areia nessa direção. Este mecanismo foi constatado por Speranski e Calliari (2001) em seus estudos sobre as erosões que ocorrem nessa mesma região e no Farol da Conceição.

O Poço localizado na batimétrica de 20m, entre as regiões Fronteira Aberta e Albardão, influencia nas transformações das ondas apenas para a direção E (90°), em todos os períodos, causando uma divergência que chega à costa acentuando a convergência na região da Fronteira Aberta.

O Banco do Albardão, localizado entre as batimétricas de 5m e 20m, tem influência sobre a transformação das ondas à frente da região do Albardão e Farol Verga. De modo geral, observou-se que a influência do Banco do Albardão nas ondas ocorre em conjunto com a do Poço do Albardão, localizado a profundidades maiores e na mesma direção em relação à

costa. As ondas vindas de sul, não são muito influenciadas por esse Banco. Já para as incidências de SSE (157°), SE (135°) e SEE (112°), o Banco causa forte convergência nas proximidades do Farol Verga. Para ondas vindas de leste, nota-se uma baixa energia de onda em frente ao Banco, pois mesmo com sua presença, a onda já atingiu a rebentação antes de alcançar o local.

Na comparação entre as simulações realizadas com e sem a presença do Poço do Albardão para o período de 12s e direção sudeste, percebeu-se um comportamento semelhante nas alturas das ondas ao longo da propagação. No entanto, na batimétrica de 30m, próxima a região do Poço do Albardão, notou-se a diferença entre os resultados, mostrando a contribuição desse Poço para a convergência que ocorre na região do Hermenegildo. Já na região do Albardão e Farol Verga, observa-se que o Poço do Albardão diminui a convergência que é vista na batimétrica de 30m, o que possivelmente acontece devido a sua irregularidade.

Comparando as simulações com e sem a presença do Banco Hermenegildo-Chuí, para o período de 12s e direção de sudeste, observa-se a sua influência na convergência percebida na batimétrica de 30m. No entanto, mesmo sem a presença do Banco Hermenegildo-Chuí, nota-se ainda a existência de uma convergência provocada pelo lado sul do Poço do Albardão, mas de menor intensidade, uma vez que, nesse caso, não existe a interação com o Banco.

Embora ambas as análises sem as presenças do Poço do Albardão e do Banco Hermenegildo-Chuí para uma incidência de onda de período de 12s e direção sudeste tenham mostrado diferenças significativas na propagação das ondas, observou-se que as alturas de onda não sofreram grandes variações nas regiões próximas à costa em relação às análises com a presença desses acidentes topográficos. Possivelmente as rebentações parciais identificadas para as ondas de 12s podem ter contribuído para esta conclusão e, por essa razão, o mesmo pode não ocorrer para as ondas de período de 10s.

Ainda para ondas de 10s, notou-se que o Banco Hermenegildo Externo causa convergência na região entre o Arroio Chuí e Hermenegildo. Para a incidência 112° , as alturas de ondas são menores, enquanto que, para a incidência de 180° , esta convergência está deslocada mais ao norte da região do Hermenegildo e para a incidência de 90° esta convergência ocorre em menor escala e mais espalhada. Speranki et al (2001), através de análises de diagramas de refração, observaram que, mesmo as ondas providas de sudoeste, provocam convergência acentuada de raios (foco) na região do Hermenegildo e adjacências. Como as simulações realizadas neste trabalho através do REFDIF_S, que considera os quatro processos de transformação das ondas (refração, empolamento, difração, dissipação) também

mostraram tendências semelhantes, pode-se inferir que, dos quatro processos de transformação das ondas, o mais importante nesse caso da plataforma dessa área é o da refração.

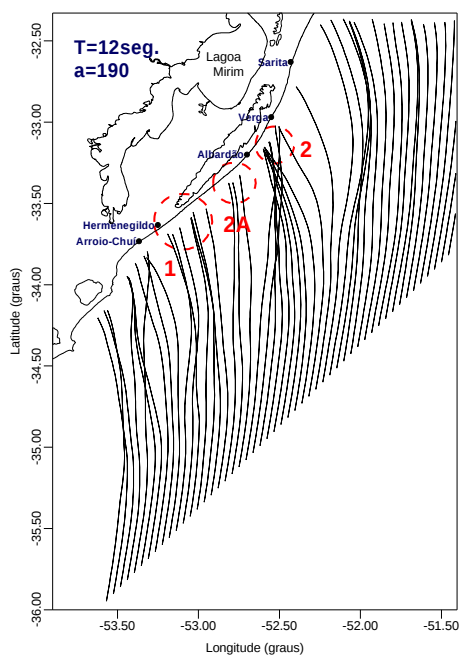
Os resultados obtidos neste trabalho podem ser comparados com aqueles de algumas análises apresentadas por Pimenta (1999), as quais foram baseadas no método dos raios de onda e nos mesmos dados batimétricos usados neste trabalho. Considerando as ondas de período de 12s e direções próximas a 180° (S), o autor constatou a presença de alguns focos na região, conforme mostra a Fig. 4.145 (a) e (b). O foco 1 atua na região de Hermenegildo e pode ser relacionado às convergências que ocorrem pelas presenças simultâneas do Poço entre as batimétricas de 40m e 50m e do Banco Hermenegildo-Chuí, também observado neste trabalho, como mostrou a Fig. 4.40 de distribuições das alturas (principalmente a da batimétrica de 30m). Pelo fato das simulações com o REFDIF_S incluírem as dissipações de energia, pôde-se perceber um decréscimo de alturas de ondas nas batimétricas mais próximas a costa devido a esses efeitos, o que não pode ser identificado quando se trata de simulações baseadas no método dos raios de onda. O foco 2 atua entre Albardão e Farol Verga e, pela proximidade das mudanças de direções dos raios de onda da costa, pode-se relacionar estas transformações principalmente pela presença do Banco do Albardão, embora o Poço do Albardão cause também algumas transformações na onda. Da mesma forma, um foco semelhante foi notado neste trabalho. O foco 2A, destacado por Pimenta, aparece somente para ondas de 205° a 190° . Na simulação realizada neste trabalho, também não foi observado este foco para incidência de 180° , corroborando com a afirmação de Pimenta. Ressalta-se que a forte divergência que ocorre entre Hermenegildo e Albardão, próxima a Fronteira Aberta, percebida na batimétrica de 5m neste trabalho (ver Fig. 4.40), também é mostrada nos diagramas apresentados por Pimenta.

Na Fig. 4.145 (c), é mostrado o diagrama de refração para uma onda de 12s e ângulo de incidência de 150° (SSE), apresentado por Pimenta. O diagrama mostra os dois focos (1 e 2) já comentados e deslocados mais ao sul, os quais são reproduzidos também na simulação da onda de 157° deste trabalho (ver Fig. 4.41), com mais clareza na distribuição das alturas da batimétrica de 30m. O foco denominado de 2B por Pimenta, é destaque na batimétrica de 30m próximo a Fronteira Aberta mostrada na Fig. 4.41 deste trabalho, resultado principalmente da interação do Banco do Hermenegildo-Chuí com o Poço do Albardão.

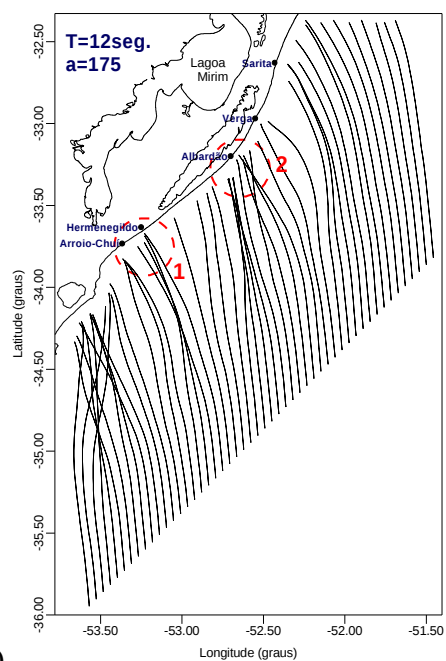
Segundo os diagramas de refração construídos por Pimenta, para a onda de sudeste (135°) (Fig. 4.145 (d)), já não aparece mais o que ele denomina de foco 1, pois este se deslocou mais ao sul da região de estudo. Os focos 2B e 2 aparecem mais deslocados para o

sul, atingindo regiões ao sul e ao norte de Fronteira Aberta, respectivamente. O gráfico da Fig. 4.42 (principalmente na distribuição de alturas ao longo da batimétrica de 30m), apresentado neste trabalho, mostra tais convergências, além de divergências acentuadas entre Hermenegildo e Fronteira Aberta e na região de Fronteira Aberta, também mostradas no diagrama 4.145 (d) do trabalho do Pimenta pelos afastamentos dos raios de onda.

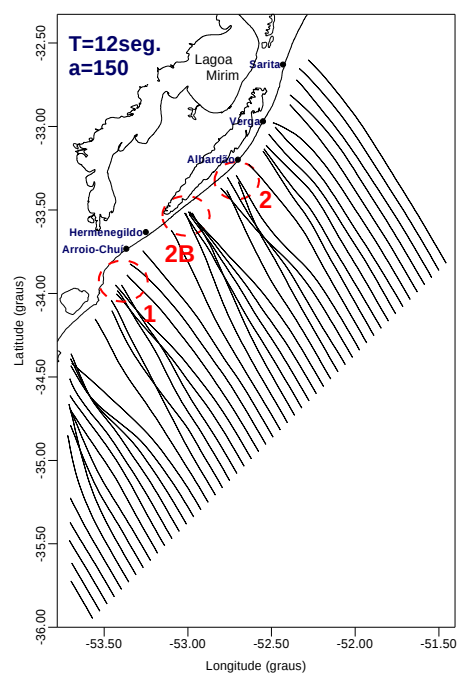
As ondas de 12s vindas de SEE (112°) e E (90°), cuja distribuição de alturas obtidas pelas simulações deste trabalho estão mostradas nas Fig. 4.43 e 4.44, respectivamente, indicam ainda a presença dos focos 2B e 2, só que mais deslocados para o sul em direção a Arroio Chuí e Hermenegildo. Pimenta comenta que, nessas incidências, há uma superposição dos focos, conforme mostra a Fig. 4.145 (e) e (f). O autor destaca também o aparecimento do foco 3 ao norte de Fronteira Aberta e as divergências adjacentes ao foco, também notada na Fig. 4.44 deste trabalho para uma onda de incidência de 90° . Ressalta-se que a diminuição das alturas de ondas do norte para o sul, característica da refração da onda do sul notada neste trabalho, é incapaz de ser identificada pelo uso de diagramas de refração baseados no método dos raios de onda.



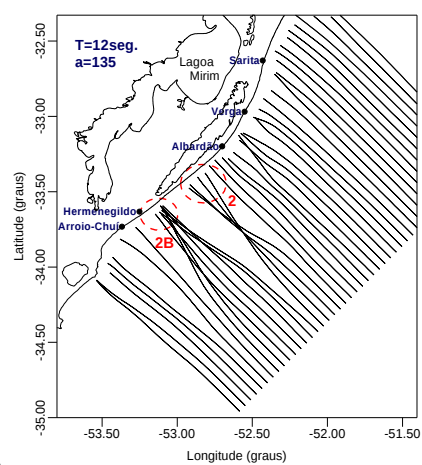
(a)



(b)



(c)



(d)

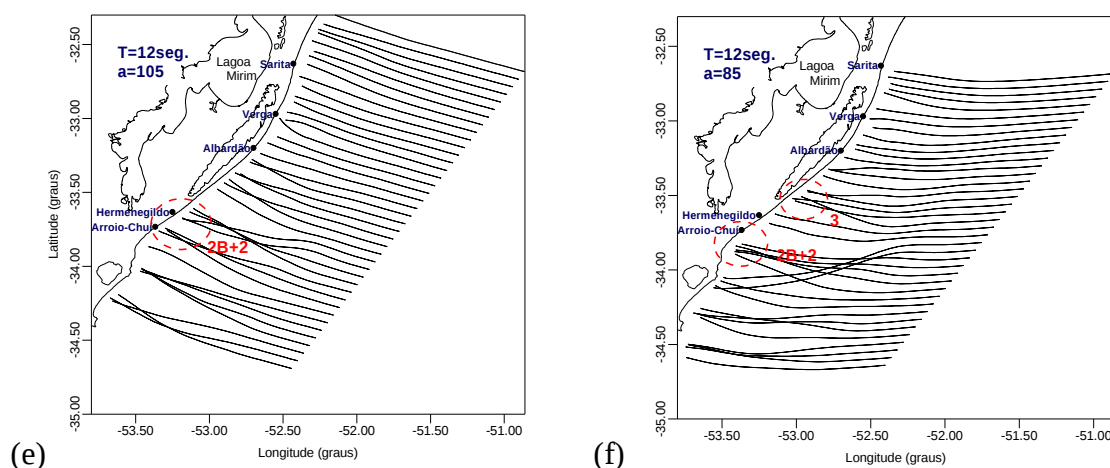


Figura 4.145 – Diagramas de refração de ondas com período de 12s para as incidências de (a) 190°, (b) 175°, (c) 150°, (d) 135°, (e) 105° e (f) 85°, reproduzidos de Pimenta (1999).

De uma forma geral, os resultados obtidos neste trabalho mostram focos presentes principalmente nas regiões entre Arroio Chuí e Fronteira Aberta para ondas de incidências SSE (157°) a SEE (112°) e, com mais intensidade para ondas de incidências SE (135°) e SSE (157°). Os efeitos de refração mais significativos foram notados para as ondas de incidências S (180°) e E (90°), mesmo assim as ondas de S chegaram na costa com mais intensidade do que a de E. Speranski e Calliari (2004) apresentaram resultados a partir de análises de diagramas de refração (Fig. 4.146). Os autores concluíram que as ondas de NE a E criam um campo divergente na região, coerente com as conclusões deste trabalho em relação as ondas de E. Para as incidências de E a SSE, os autores identificaram um padrão variável, ou seja, sem qualquer singularidade relativamente à existência de convergência/divergência da energia de ondas. Neste caso, este trabalho mostrou a presença de focos para incidência SSE, mas não foram realizadas simulações entre E e SSE. Finalmente, os autores registraram focos nas incidências de SSE a SW, confirmados pelas simulações apresentadas neste trabalho para as incidências SSE e SE e com menos intensidade para ondas de S.

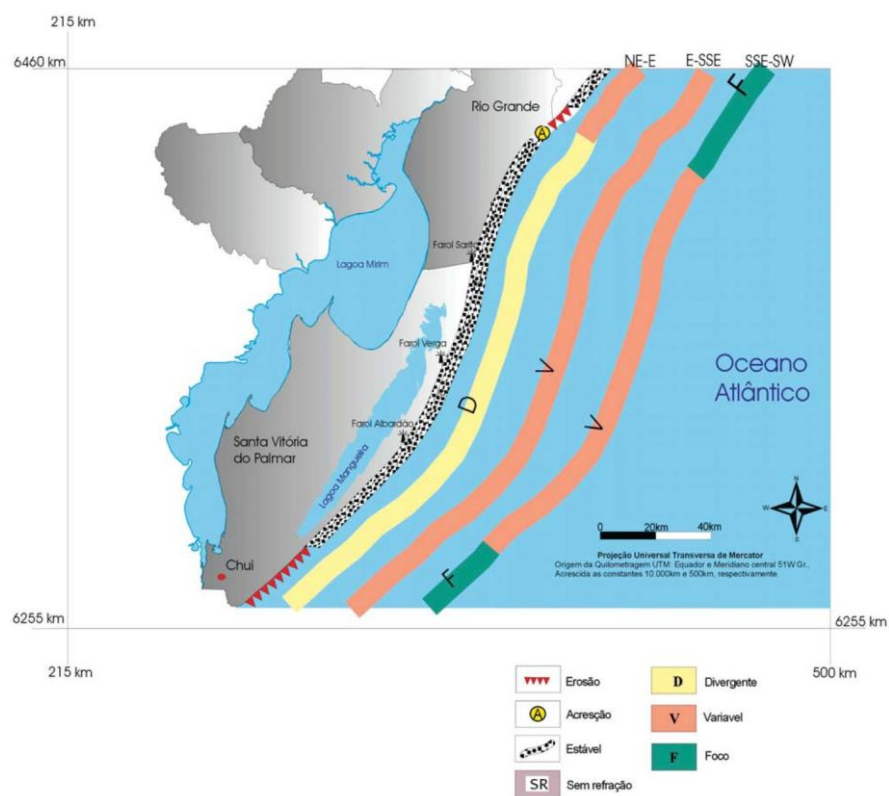


Figura 4.146 - Resultados da análise dos diagramas de refração de ondas para o litoral sul do RS (reproduzido de Speranski e Calliari, 2004).

5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES

Neste trabalho apresentou-se um estudo que buscou entender o mecanismo de erosão existente na região entre Arroio Chuí e Sarita. O objetivo geral foi o de verificar possíveis relações da erosão local com fenômenos associados à concentração de energia das ondas propagando-se sobre a batimetria complexa da plataforma interna e ante-praia. Para isso, foram realizadas simulações numéricas de ondas com períodos de pico de 10s, 12s e 16s e alturas significativas de 2,0m, 4,0m e 4,8m, respectivamente, para as incidências de sul (180°), sudeste-sul (157°), sudeste (135°), sudeste-leste (112°) e leste (90°). Também foram simuladas ondas com períodos de 12s e direções sudeste sem as presenças do Poço do Albardão e do Banco Hermenegildo-Chuí para entender melhor a influência desses acidentes topográficos na propagação das ondas. As simulações foram realizadas através do modelo numérico REF2DIF_S (KIRBY e OZKAN, 1994), que é um modelo de propagação de um espectro de ondas e considera simultaneamente os efeitos da difração, refração, empolamento (*shoaling*) e perda de energia por fricção. A análise dos resultados foi baseada nas observações das distribuições de alturas significativas no domínio de propagação, ao longo das batimétricas de 30m, 10m e 5m e de alguns perfis perpendiculares à praia para todas as incidências e todos os períodos entre as regiões de Arroio Chuí e Sarita.

Com essas simulações realizadas, pode-se observar que a diferenciação geomorfológica do relevo submarino condiciona, ao longo da região, diferentes transformações das ondas, sendo que em alguns acidentes topográficos isso pode ser visto com mais ênfase. Além disso, constatou-se que essas transformações proporcionam variações de energia das ondas ao longo da linha da costa, contribuindo para o fenômeno de erosão que comprovadamente ocorre na região.

As análises mostraram que as variações de energia das ondas ocorreram com mais intensidade para as direções de incidências sudeste-sul (157°), sudeste (135°) e sudeste-leste (112°), diferentemente das ondas de incidências sul (180°) e leste (90°), que sofrem uma maior influência dos efeitos de refração. De maneira geral, as ondas mostraram comportamentos semelhantes para os diferentes períodos e alturas na chegada à costa. No entanto, as ondas de períodos de 12s (4,0m de altura) e 16s (4,8m de altura) apresentaram séries consecutivas de rebentações parciais ao longo da propagação, não vistas com tanta

intensidade nas ondas de 10s (2,0m de altura), causando dissipações que diminuíram a energia dessas ondas sobre a costa.

Após as análises realizadas, pode-se elaborar conclusões à respeito da ação das ondas nas zonas da costa de interesse neste estudo, como segue abaixo.

As regiões próximas ao Arroio Chuí e ao Hermenegildo ficam sujeitas aos focos das ondas causados pelo Banco Hermenegildo-Chuí, localizado de 20 a 30m de profundidade, com exceção das ondas vindas do sul. Também pelo Poço entre as batimétricas de 40m e 50m para as ondas de 112° a 180° e pelo Poço do Albardão para ondas vindas de 90° . A proximidade do Poço entre as batimétricas de 40m e 50m com o lado sul do Banco do Hermenegildo-Chuí e o Poço do Albardão com o lado norte do Banco provocam uma intensificação das transformações das ondas. Mais próximo à costa, entre 15m e 20m, o Banco Hermenegildo Externo causa convergência na região entre o Arroio Chuí e Hermenegildo. O Banco Hermenegildo Interno, entre as batimétricas de 5m e 10m, a frente do Hermenegildo, provoca convergência próxima a esta região em todas as direções de onda.

Próximo a linha da costa, observou-se que a energia das ondas é sempre maior na região do Hermenegildo e Fronteira Aberta, decrescendo desta área para o norte com exceção das ondas de direção leste. O fenômeno de *set up* mais intenso nestas áreas, proporciona gradientes laterais de energia que, considerando a incidência das ondas do quadrante sudeste, podem formar correntes para o norte e conseqüente transporte de areia nessa direção. O Poço localizado na batimétrica de 20m, entre as regiões Fronteira Aberta e Albardão, influencia nas transformações das ondas apenas para a direção E (90°), em todos os períodos, causando uma divergência que chega à costa e acentuando a convergência na região da Fronteira Aberta.

A região de Albardão recebe a influência de divergências e convergências provocadas pelas irregularidades do Poço do Albardão para ondas de 112° a 180° , sendo que as ondas vindas do sul (180°) sofrem a ação conjunta desse Poço com o Banco Hermenegildo-Chuí.

A região de Farol Verga sofre fortes convergências das ondas vindas de 112° a 157° causadas pelo Banco do Albardão, localizado entre as batimétricas de 5m e 20m, intensificadas pelo Poço do Albardão, localizado a profundidades maiores e na mesma direção em relação à costa.

Os resultados obtidos neste trabalho foram comparados com aqueles de algumas análises apresentadas por Pimenta (1999), Speranski et al (2001) e Speranski e Calliari (2004), as quais foram baseadas no método dos raios de onda. De maneira geral, os diagramas de refração mostrados pelos autores foram confirmados neste trabalho. Destaca-se que o

REFDIF_S inclui na sua formulação todos os efeitos importantes para a análise numérica da propagação das ondas, além de proporcionar um detalhamento maior dos resultados em relação ao método dos raios de onda. Portanto, a similaridade das conclusões obtidas neste trabalho em relação às apresentadas pelos autores citados em termos da ação das ondas ao longo da linha da costa na região em estudo, permite inferir que, dos quatro processos de transformação das ondas, o mais importante no caso da plataforma dessa área é o da refração.

As simulações apresentadas neste trabalho sem as presenças do Banco do Hermenegildo-Chuí e do Poço do Albardão, pela alteração das grades batimétricas, permitiram analisar com mais detalhe a influência desses acidentes topográficos na transformação das ondas, mesmo considerando apenas a incidência de ondas de 12s e 135°. Um estudo mais completo deve incluir as outras ondas propostas neste trabalho. Ressalta-se que esta técnica poderá ser aplicada tanto nos outros acidentes dessa região, como em qualquer acidente presente em uma determinada zona costeira.

A análise minuciosa das características dos poços e bancos na região em estudo e as influências de cada acidente na transformação das ondas, mostrou a importância de dois acidentes sem denominação atual: um poço localizado entre as batimétricas de 40m e 50m em frente ao Arroio Chuí e um poço na batimétrica de 20m entre as regiões de Fronteira Aberta e Albardão. Além disso, observou-se que o Banco do Hermenegildo-Chuí é composto de três acidentes, dois bancos adjacentes alinhados com a linha da costa e um poço entre esses bancos, mas deslocado na direção da linha da costa. Mostrou-se que essas características típicas desse Banco, provocam dois focos de grande importância para os efeitos de erosão na costa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARLETTA, R. C. Aspectos morfodinâmicos das praias situadas ao norte da desembocadura da laguna dos patos – Farol da Conceição e praias adjacentes. Rio Grande, 1997, 77p. Trabalho de graduação, Curso de Oceanologia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG).
2. BARLETTA, R.C. Teste e Aplicação de Modelos Parabólicos de Refração-difração com Ênfase na Propagação de Ondas sobre Parcéis, Florianópolis, 2006, 155 p. Tese de Doutorado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
3. BOOIJ, N., 1981, Gravity Waves on Water with Non-uniform Depth and Current, Doctoral dissertation, Technical University of Delft, The Netherlands, 131 pp.
4. BORGMAN, L. E., 1984. Directional spectrum estimation for the S xy gages. Technical Report, Coastal Engrg. Res. Center, Vicksburg, 1-104.
5. CALLIARI, L. J.; SPERANSKI N. S. e BOUKAREVA, I. I. Stable focus of wave rays as a reason of local erosion at the Southern Brazilian coast. Proc. Internat. Coastal Symp., Florida, p. 19-23, 1998.
6. COLI, A.B. Análise das Alturas de Onda ao Longo do Rio Grande do Sul: Dados Históricos e Altimétricos, Rio Grande, 1994, 58p. Monografia de Graduação, Curso de Oceanologia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG).
7. COLI, A.B. Estudo do Clima Ondulatório em Rio Grande, Rio Grande, 2000, 76p. Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Oceânica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG).
8. CRANK, J.; NICOLSON, P. (1947). A practical method for numerical evaluation of solutions of partial differential equations of the heat conduction type. Proc. Camb. Phil. Soc. 43 (1): 50–67.

9. DALRYMPLE, R.A., J.T. KIRBY AND, P.A. HWANG, 1984, Wave diraction due to areas of energy dissipation, "J. Waterway,Port,Coastal and Ocean Div., ASCE, 110, 67-79.
10. DEAN, R.G. e R.A. DALRYMPLE, 1984, Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
11. FONTOURA, J.A.S. Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da Barra do Rio Grande, RS, Brasil. Porto Alegre, 2004, 281p. Tese de doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
12. GRISWOLD, G. M. Numerical Calculation of Wave Refraction. Journal of Geophysical Research, v. 8, p. 1715-1723, 1963.
13. HUGHES, S. A., 1984. The TMA shallow-water spectrum description and applications. Tech. Rept. CERC-84-7, Coast. Engrg. Res Center, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss. 42 p.
14. KIRBY, J. T. e DALRYMPLE, R. A., 1986, "An approximate model for nonlinear dispersion in monochromatic wave propagation models",Coast.Eng., 9, 545-56.
15. KIRBY, J. T. e OZKAN, H. T. 1994. Combined Refraction/Diffraction Model for Spectral Wave Conditions, Documentation and User's Manual, Dept. of Civil Engrg., University of Delaware, report nº. CACR-92-06. 128 p.
16. MOTTA, V. F. Análise e previsão das alturas de ondas em Tramandaí, Porto Alegre. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 30p, 1963.
17. PEROTTO, H. Preenchimento de falhas de dados de ondas e cálculo da profundidade de fechamento para a região de Tramandaí Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010, 4p.

- Trabalho de pós-graduação, Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (URGS).
18. PIMENTA, F.M. Caracterização dos regimes de refração de onda ao longo da zona costeira do Rio Grande do Sul. Rio Grande, 1999, 66p. Monografia de graduação, Curso de Oceanologia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG).
 19. PITOMBEIRA, E.S. Estimativa do volume anual de transporte litorâneo na costa do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1975, 96 p. Dissertação de Mestrado em Ciências em Hidrologia Aplicada, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).
 20. SIEGLE, E. Distribuição dos Sedimentos Litorâneos entre o Farol da Conceição e Farol do Chuí, RS, e Fatores Condicionantes. Monografia de Graduação, 1996, 91p Curso de Oceanologia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG).
 21. SPERANSKI, N. S. Computer-oriented atlas of dynamic process in coastal zone. Proceedings of Journal of Coastal Research Congress – Especial issue. Florida, 1998.
 22. SPERANSKI M., CALLIARI L., 2001. Bathymetric lenses and localized coastal erosion in Southern Brazil. Journal of Coastal Research, (ICS 2000 Proceedings, New Zealand), p. 209-215.
 23. SPERANSKI N.S. E CALLIARI L.J. Padrões de refração de ondas para a costa do Rio Grande do Sul e sua relação com a erosão costeira. Relatório técnico. Atlas de erosão e progradação do litoral do Brasil, 2004.
 24. SPRING -Manual do usuário. São José dos Campos, SP. INPE/DPI, 2002.
 25. STRAUCH, J.C. Um ano de monitoramento de ondas em Rio Grande. XI Semana Nacional de Oceanografia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Oceanografia e suas interfaces, resumos expandidos. 1998.

26. SZEWCZYK, S.B.O. Ferramentas de pré e pós-processamento para um modelo de propagação de ondas em zonas costeiras usando um SIG. Rio Grande, RS, 2004. 86p. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica da FURG – Fundação Universidade do Rio Grande.
27. TECPLOT. Reference Manual. Version 7.5. Amtec Engineering, Inc. Bellevue. Washington. 1998.
28. THORNTON, E.B. e GUZA, R.T., 1983, Transformation of wave height distribution,"J. Geophys. Res., 88, 5925-5938.
29. TOLMAN, H. L. User manual and system documentation of WAVEWATCH-III version 1.15. NOAA/NWS OMB. Contribution n° 166, 100p, 1999.
30. TOMAZELLI, L. J. VILLWOCK, J. A., DILLENBURG, S. R., BACHI, F. A., DEHNHART, B. A., 1996. A erosão costeira no Rio Grande do Sul. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia. Vol. 4. p. 435–438.
31. TOMAZELLI, L. J. VILLWOCK, S. R., BACHI, F. A., DEHNHART, B. A., 1995. A tendência atual de subida do nível do mar na costa do Rio Grande do Sul: Uma análise de evidências. In: VI Simpósio Sul–Brasileiro de Geologia e I Encontro de Geologia do Cone Sul. p. 281–283.