

Figura 56 Gráficos de dispersão da direção principal por intervalo de variação paramétrica referentes aos experimentos com  $\lambda = 500m$ .

#### 4.2.1.3.2 Análise paramétrica - Comprimento de onda

##### Experimentos com $\lambda = 250m$ :

Os gráficos da Figura 57 indicam que o comprimento de onda é um parâmetro apresenta desvios reduzidos em torno de uma vizinhança considerável em torno dos valores de referência. É possível verificar que os experimentos com  $\theta = 0^\circ$  apresentaram menores desvios nos casos com  $H_s \leq 2.00m$ , enquanto os experimentos com  $\theta = 90^\circ$  apresentaram os melhores resultados nos demais casos ( $H_s > 2.00m$ ). Os experimentos com  $H_s > 8.00m$  apresentaram os maiores desvios sobretudo quando  $\theta = 0^\circ$ .

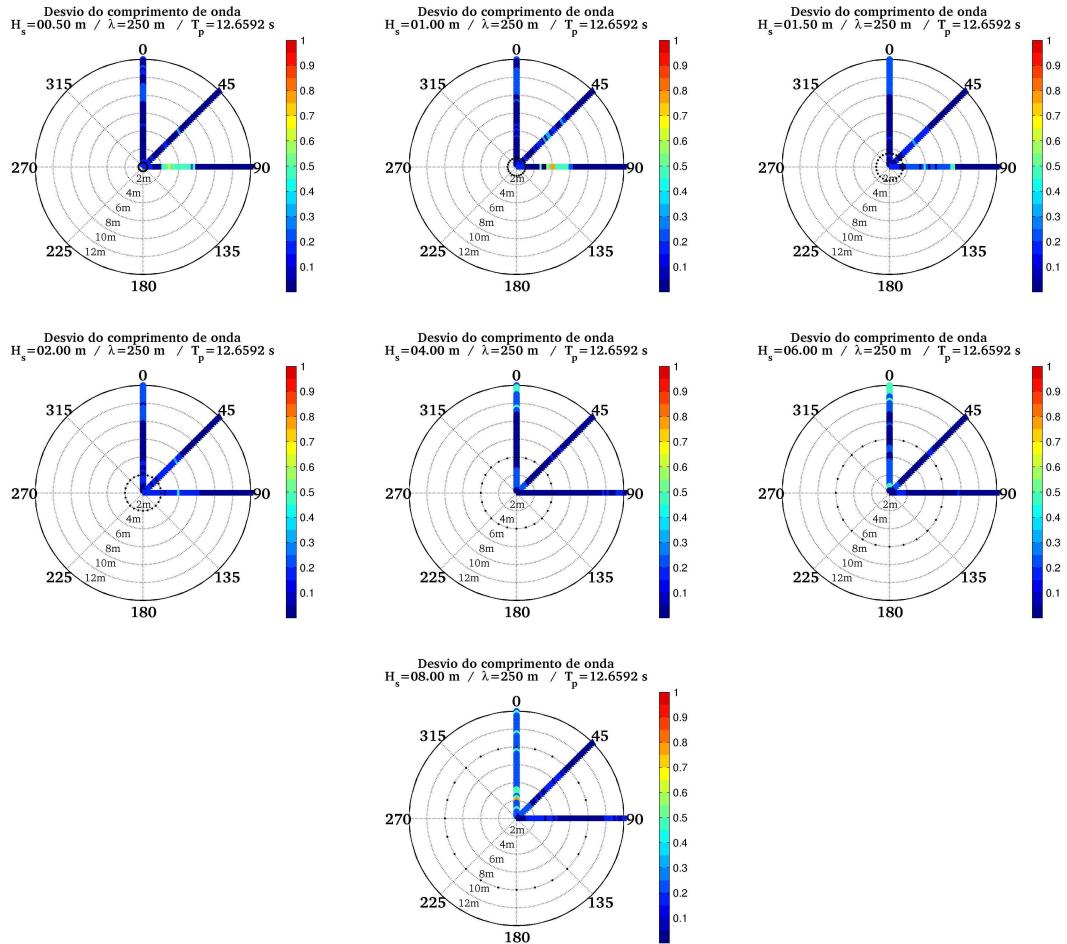


Figura 57 Gráficos polares dos desvios do comprimento de onda obtidos dos experimentos com  $\lambda = 250\text{m}$ .

A Tabela 28 confirma os resultados destacados acima e mostra, em geral, pouca diferença entre os desvios médios apresentados para cada intervalo de variação paramétrica. Pode-se dizer que os experimentos com  $H_s = 8.00\text{m}$  e  $\theta = 0^\circ$  foram os que apresentaram as maiores variações no desvio médio.

Tabela 28 Desvios médios do comprimento de onda por intervalo de variação paramétrica referentes aos experimentos com  $\lambda = 250m$ .

$\lambda = 250m$		Altura Significativa - $H_s(m)$						
$I_n$	$\theta(\text{graus})$	00.50	01.00	01.50	02.00	04.00	06.00	08.00
$I_1$	0	0,17	0,00	0,00	0,10	0,00	0,07	0,24
	45	0,18	0,12	0,00	0,14	0,00	0,04	0,05
	90	0,18	0,06	0,07	0,14	0,00	0,01	0,02
$I_2$	0	0,11	0,00	0,02	0,11	0,04	0,07	0,24
	45	0,18	0,07	0,08	0,14	0,01	0,02	0,05
	90	0,18	0,07	0,11	0,16	0,00	0,01	0,04
$I_3$	0	0,09	0,00	0,03	0,08	0,06	0,17	0,27
	45	0,18	0,08	0,08	0,15	0,03	0,01	0,06
	90	0,18	0,08	0,13	0,16	0,00	0,01	0,06
$I_4$	0	0,09	0,00	0,03	0,08	0,06	0,17	0,27
	45	0,13	0,07	0,09	0,14	0,04	0,02	0,07
	90	0,13	0,07	0,15	0,18	0,00	0,02	0,07

Analizando a Figura 58 pode-se concluir que há uma tendência à sobreestimação dos valores recuperados nos experimentos com  $\theta = 0^\circ$  e subestimação, mais sutil, nos experimentos com  $\theta = 90^\circ$ . Os experimentos com  $H_s \leq 4.00m$  apresentaram todos os desvios inferiores a 0.5 no intervalo  $I_3$ , de modo que o intervalo  $I_2$  parece ser o de melhor resultado geral.

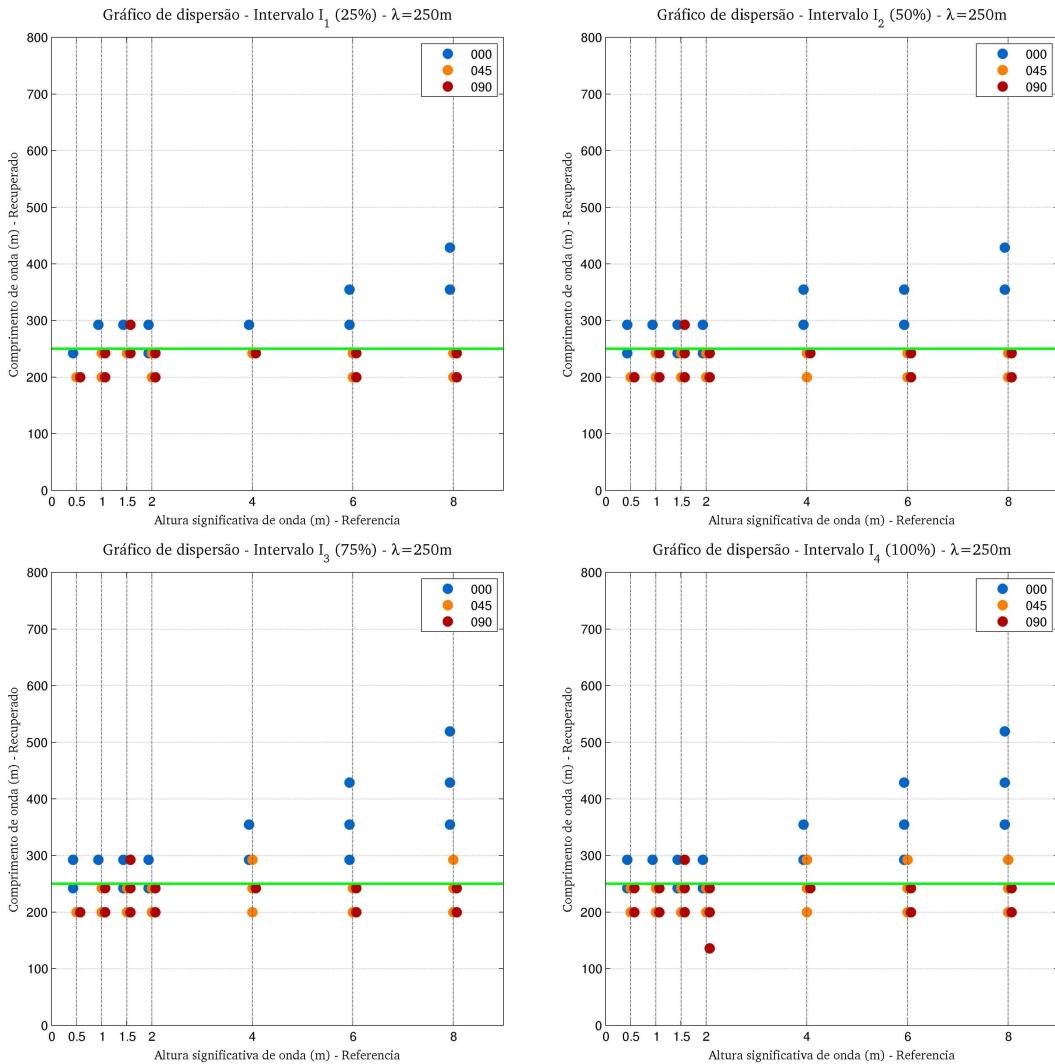


Figura 58 Gráficos de dispersão do comprimento de onda por intervalo de variação paramétrica referentes aos experimentos com  $\lambda = 250m$ .

Experimentos com  $\lambda = 500m$ :

Observando os gráficos da Figura 59 é possível verificar que os desvios dos experimentos com  $\lambda = 500m$ , em geral, são superiores aos desvios obtidos nos experimentos com  $\lambda = 250m$ . Nos experimentos com  $H_s \leq 1.50m$  os desvios em torno dos valores de referência são, em geral, superiores a 0.3 sendo os melhores resultados associados aos casos com  $\theta = 90^\circ$ . Nos experimentos  $2.00 \leq H_s \leq 6.00m$  mostram desvios abaixo de 0.3 em torno dos valores de referência. Por fim, os experimentos com  $H_s = 8.00m$  apresentaram grande ocorrência de desvios superiores a 0.3, sobretudo a certa distância dos valores de referência.

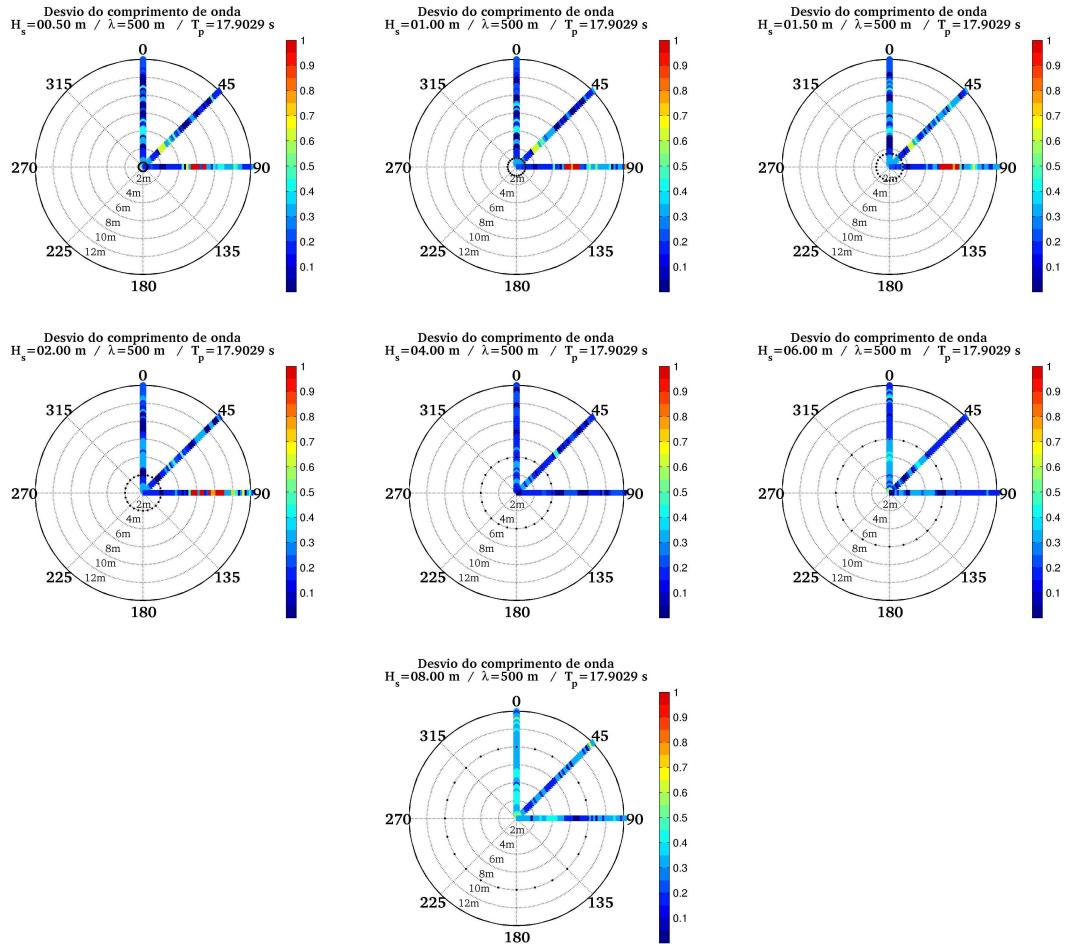


Figura 59 Gráficos polares dos desvios do comprimento de onda obtidos dos experimentos com  $\lambda = 500m$ .

A Tabela 29 mostra que os experimentos com  $H_s \leq 1.00m$  apresentam desvios médios superiores a 0.20. Os experimentos com  $H_s = 1.50m$  apresentaram este mesmo comportamento nos casos com  $\theta = 45^\circ$ , enquanto os demais casos apresentaram desvios médios inferiores a 0.17. Experimentos com  $2.00 \leq H_s \leq 6.00m$  apresentaram desvios médios inferiores a 0.24, enquanto os experimentos com  $H_s = 8.00m$  apresentaram desvios médios superiores a 0.20.

É possível notar que os experimentos com  $\theta = 90^\circ$  apresentaram os menores desvios e que há pouca diferença entre os valores apresentados por cada intervalo de variação paramétrica.

Tabela 29 Desvios médios do comprimento de onda por intervalo de variação paramétrica referentes aos experimentos com  $\lambda = 500m$ .

$\lambda = 500m$		Altura Significativa - $H_s(m)$						
$I_n$	$\theta(\text{graus})$	00.50	01.00	01.50	02.00	04.00	06.00	08.00
$I_1$	0	0,32	0,22	0,17	0,03	0,22	0,24	0,32
	45	0,32	0,27	0,22	0,07	0,16	0,24	0,25
	90	0,18	0,19	0,16	0,11	0,10	0,14	0,18
$I_2$	0	0,36	0,23	0,16	0,13	0,22	0,25	0,34
	45	0,32	0,26	0,21	0,12	0,18	0,23	0,26
	90	0,19	0,18	0,15	0,14	0,15	0,19	0,24
$I_3$	0	0,31	0,21	0,15	0,21	0,19	0,25	0,36
	45	0,32	0,26	0,22	0,17	0,19	0,20	0,25
	90	0,19	0,16	0,16	0,16	0,14	0,19	0,27
$I_4$	0	0,31	0,21	0,15	0,21	0,19	0,25	0,36
	45	0,32	0,25	0,26	0,20	0,18	0,19	0,26
	90	0,18	0,14	0,16	0,16	0,13	0,19	0,27

Por fim, a Figura 60 sugere que há uma considerável subestimação dos valores recuperados que independe das características dos experimentos. Além disso, nota-se pouca diferença nos afastamentos dos marcadores para cada intervalo de variação paramétrica apresentado.

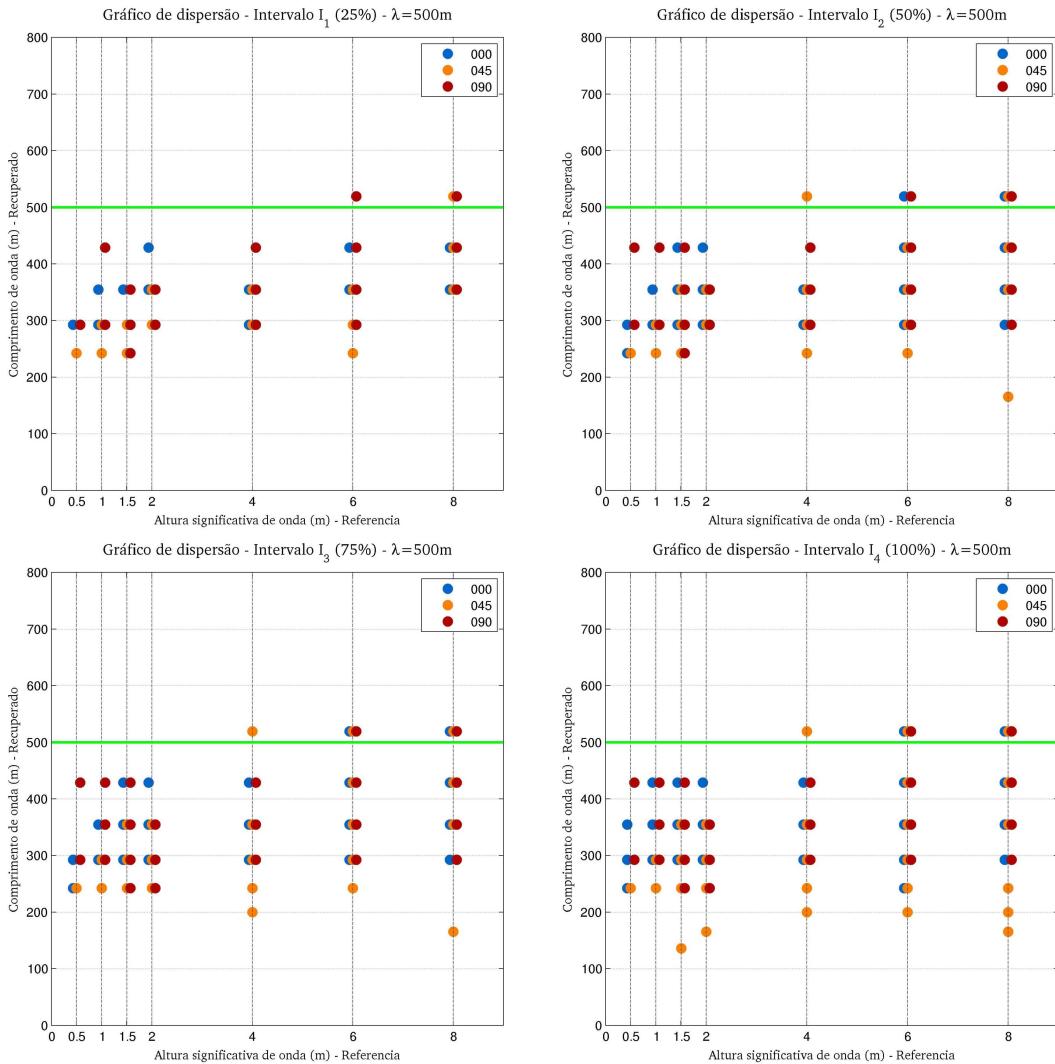


Figura 60 Gráficos de dispersão do comprimento de onda por intervalo de variação paramétrica referentes aos experimentos com  $\lambda = 500m$ .

#### 4.2.1.3.3 Análise paramétrica - Altura significativa

Experimentos com  $\lambda = 250m$ :

Analizando os gráficos da Figura 61 é possível verificar que os experimentos com  $H_s = 0.50m$  apresentaram desvios muito elevados em todas as direções. Os experimentos com  $H_s = 1.00m$  apresentaram comportamento semelhante para os casos com  $\theta = 0^\circ$  e  $\theta = 45^\circ$ , tendo os casos com  $\theta = 90^\circ$  apresentado desvios reduzidos em torno do valor de referência. Experimentos com  $1.50m \leq H_s \leq 6.00m$  apresentaram desvios reduzidos em uma faixa centrada nos valores de referência. Por fim, os experimentos com  $H_s = 8.00m$  apresentaram desvios elevados sobretudo nos casos com  $\theta = 0^\circ$  e  $\theta = 90^\circ$ , tendo os casos com  $\theta = 45^\circ$  apresentado os menores desvios em torno do valor de referência.

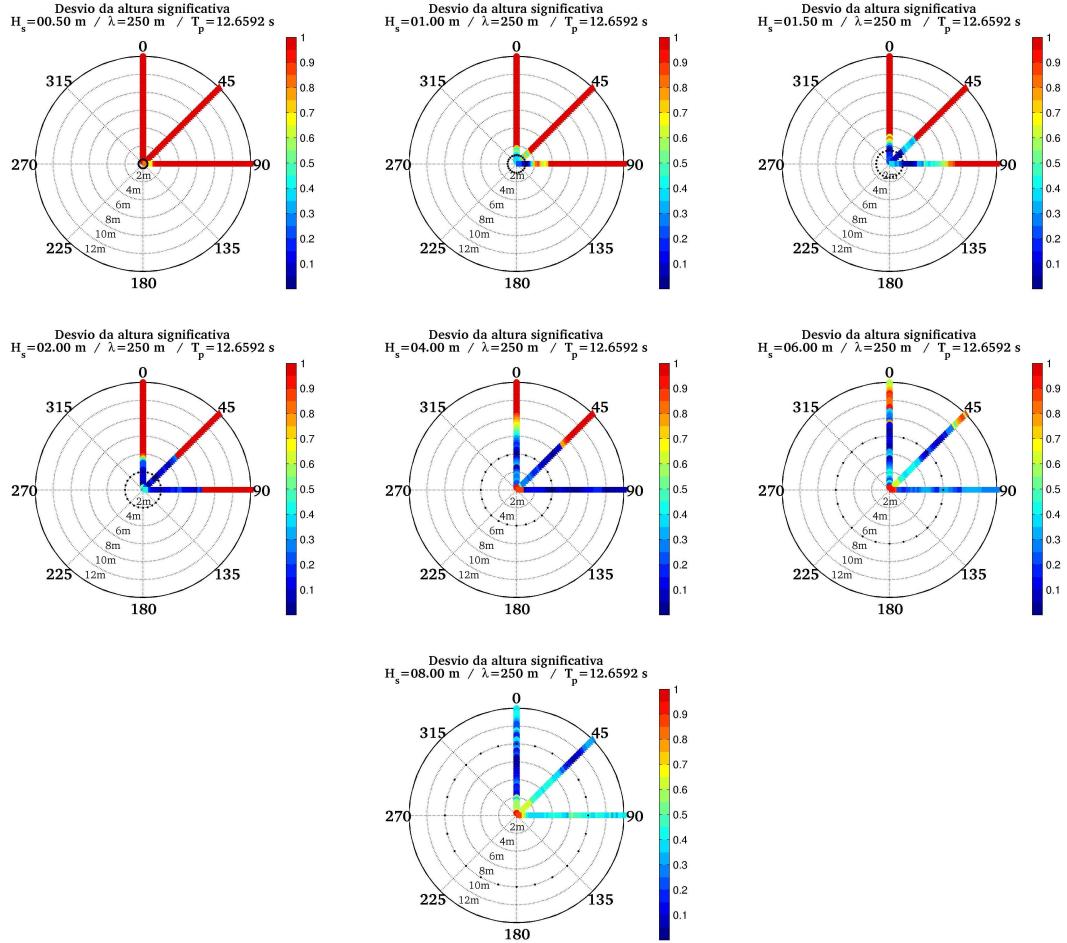


Figura 61 Gráficos polares desvios da altura significativa obtidos dos experimentos com  $\lambda = 250m$ .

A Tabela 30 reforça as observações destacadas acima. Os desvios médios dos experimentos com  $H_s = 0.50m$  variam de 0.67 a 2.25. Dos experimentos com  $H_s = 1.00m$ , apenas aqueles com  $\theta = 90^\circ$  apresentaram desvios médios inferiores a 0.3. Os experimentos com  $1.50m \leq H_s \leq 6.00m$  apresentaram desvios médios inferiores a 0.3 no intervalo de variação paramétrica  $I_2$  em todas as direções. Já os experimentos com  $H_s = 8.00m$  apresentaram desvios médios entre 0.17 e 0.44, sendo aqueles com  $\theta = 90^\circ$  os de desvios mais elevados (entre 0.41 e 0.44). Verifica-se ainda que os experimentos com  $\theta = 90^\circ$  apresentaram, em geral, os menores desvios médios.

Tabela 30 Desvios médios da altura significativa por intervalo de variação paramétrica referentes aos experimentos com  $\lambda = 250m$ .

$\lambda = 250m$		Altura Significativa - $H_s(m)$						
$I_n$	$\theta(\text{graus})$	00.50	01.00	01.50	02.00	04.00	06.00	08.00
$I_1$	0	1,98	0,40	0,09	0,12	0,12	0,12	0,20
	45	2,09	0,64	0,06	0,03	0,10	0,15	0,17
	90	0,67	0,09	0,09	0,09	0,04	0,24	0,44
$I_2$	0	1,80	0,41	0,20	0,13	0,18	0,21	0,21
	45	2,25	0,56	0,13	0,06	0,10	0,20	0,25
	90	0,73	0,16	0,12	0,10	0,05	0,26	0,42
$I_3$	0	1,82	0,52	0,33	0,30	0,33	0,40	0,27
	45	2,25	0,56	0,15	0,07	0,15	0,27	0,30
	90	0,73	0,25	0,13	0,11	0,05	0,26	0,41
$I_4$	0	1,82	0,52	0,33	0,30	0,33	0,40	0,27
	45	2,18	0,62	0,18	0,07	0,28	0,38	0,35
	90	0,78	0,32	0,16	0,14	0,11	0,29	0,43

Por fim, a Figura 62 mostra uma tendência de subestimação dos valores recuperados dos experimentos com  $H_s \geq 6.00m$  e  $\theta = 90^\circ$ . Pode-se verificar ainda uma tendência mais sutil de sobreestimação dos valores recuperados dos experimentos com  $\theta = 0^\circ$ ,  $\theta = 45^\circ$  e  $H_s \leq 1.00m$ . Nota-se também um espalhamento aumentado dos marcadores referentes aos experimentos com  $6.00m \leq H_s \leq 8.00m$ . O intervalo de variação paramétrica  $I_2$  parece ser o de melhor resultado geral, uma vez que apenas experimentos com  $6.00m \leq H_s \leq 8.00m$  apresentam ocorrências de desvios superiores a 0.5.

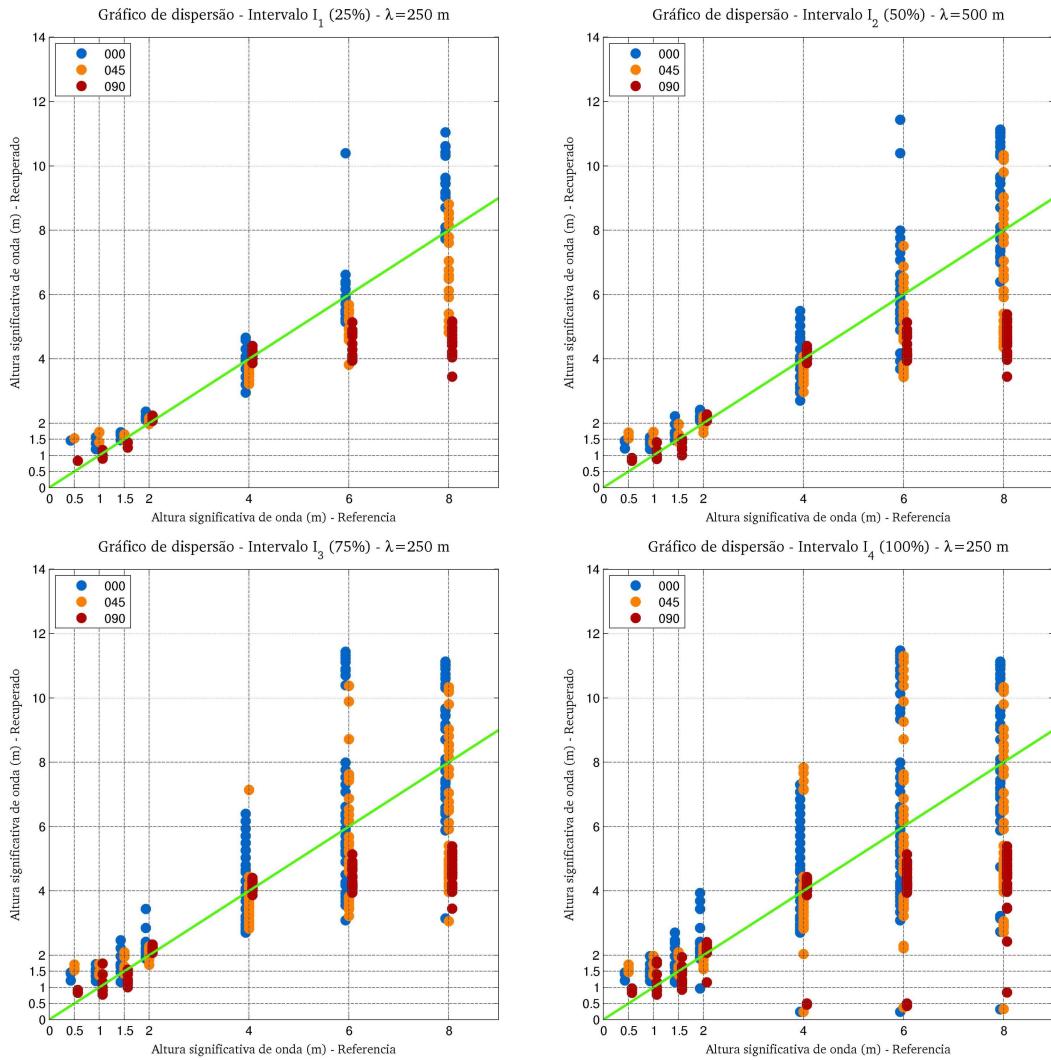


Figura 62 Gráficos de dispersão da altura significativa por intervalo de variação paramétrica referentes aos experimentos com  $\lambda = 250m$ .

#### Experimentos com $\lambda = 500m$ :

Observando os gráficos da Figura 63 é possível verificar que os experimentos com  $H_s = 0.50m$  apresentaram desvios muito elevados em todas as direções, assim como os experimentos com  $\lambda = 250m$ . Os experimentos com  $H_s = 1.00m$  apresentaram comportamento semelhante para os casos com  $\theta = 0^\circ$  e  $\theta = 45^\circ$ , tendo os casos com  $\theta = 90^\circ$  apresentado os menores desvios em torno do valor de referência. Os experimentos com  $1.50m \leq H_s \leq 6.00m$  apresentaram desvios reduzidos em uma faixa centrada nos valores de referência. Por fim, os experimentos com  $H_s = 8.00m$  também apresentaram desvios elevados.

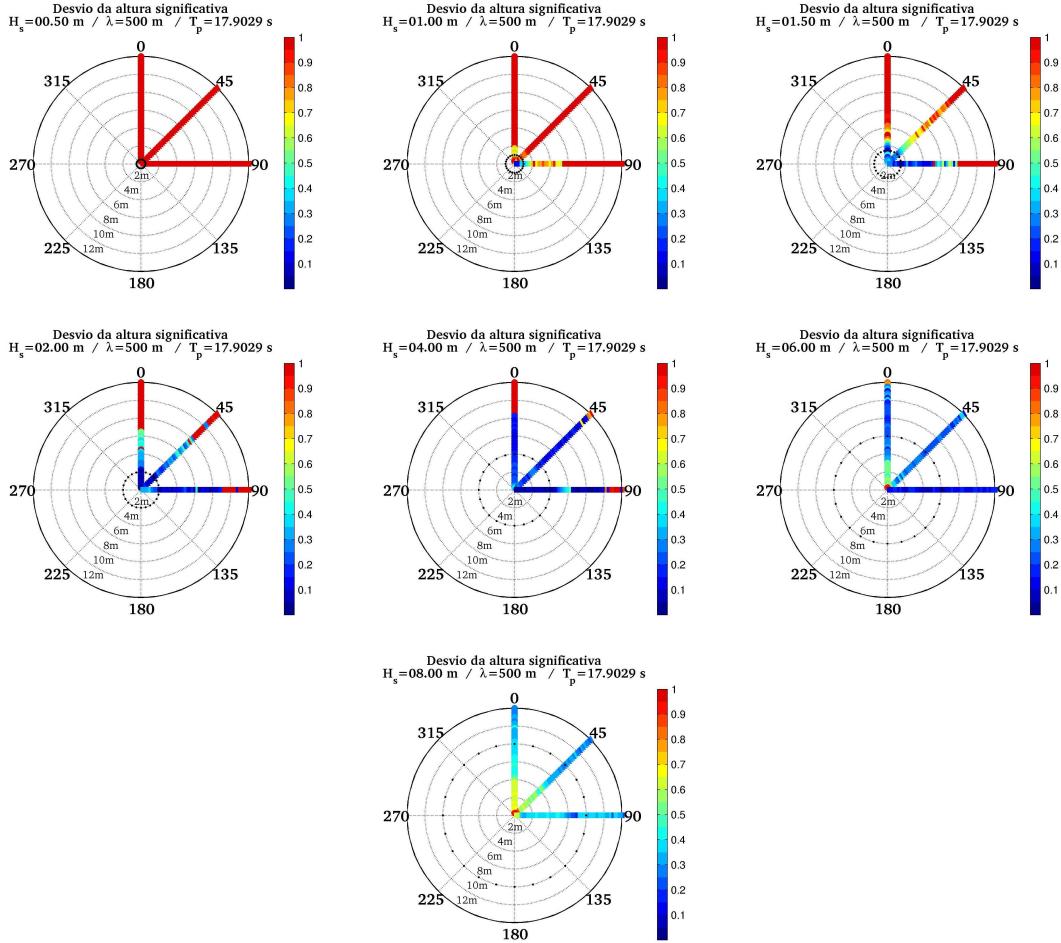


Figura 63 Gráficos polares desvios da altura significativa obtidos dos experimentos com  $\lambda = 500m$ .

A Tabela 31 confirma as observações apresentadas acima. Os experimentos com  $H_s = 0.50m$  apresentaram desvios médios entre 1.75 e 3.26. Os experimentos com  $H_s = 1.00m$  apresentaram desvios médios entre 0.39 e 0.91, estando os menores valores associados aos casos com  $\theta = 90^\circ$ . Os experimentos com  $1.50m \leq H_s \leq 6.00m$  apresentaram desvios médios entre 0.10 e 0.30 no intervalo de variação paramétrica  $I_2$ . Os experimentos com  $H_s = 8.00m$  apresentaram desvios médios entre 0.29 e 0.46. Verifica-se ainda que os experimentos com  $\theta = 90^\circ$  apresentaram, em geral, os menores desvios médios.

Tabela 31 Desvios médios da altura significativa por intervalo de variação paramétrica referentes aos experimentos com  $\lambda = 500m$ .

$\lambda = 500m$		Altura Significativa - $H_s(m)$						
$I_n$	$\theta(\text{graus})$	00.50	01.00	01.50	02.00	04.00	06.00	08.00
$I_1$	0	2,72	0,69	0,11	0,11	0,15	0,23	0,36
	45	3,26	0,85	0,26	0,09	0,16	0,22	0,29
	90	1,75	0,39	0,07	0,11	0,09	0,09	0,32
$I_2$	0	2,56	0,72	0,25	0,13	0,14	0,24	0,37
	45	3,07	0,89	0,30	0,10	0,16	0,23	0,31
	90	1,74	0,42	0,14	0,13	0,15	0,10	0,33
$I_3$	0	2,47	0,80	0,40	0,15	0,16	0,34	0,46
	45	3,07	0,88	0,32	0,12	0,16	0,24	0,35
	90	1,74	0,42	0,14	0,15	0,11	0,10	0,34
$I_4$	0	2,47	0,80	0,40	0,15	0,16	0,34	0,46
	45	3,10	0,91	0,36	0,13	0,16	0,27	0,40
	90	1,76	0,50	0,16	0,15	0,09	0,11	0,35

A Figura 64 indica que os experimentos com  $H_s \leq 1.50m$  com  $\theta = 0^\circ$  e  $\theta = 45^\circ$  apresentam tendência de sobreestimação dos valores recuperados. O mesmo ocorre com todos os experimentos com  $H_s = 8.00m$ . Já os experimentos com  $H_s = 6.00m$  com  $\theta = 0^\circ$  e  $\theta = 45^\circ$  apresentam tendência de subestimação dos valores recuperados. O intervalo de variação paramétrica  $I_3$  parece ser o de melhor resultado geral visto que seus desvios, em geral, são inferiores a 0.5.

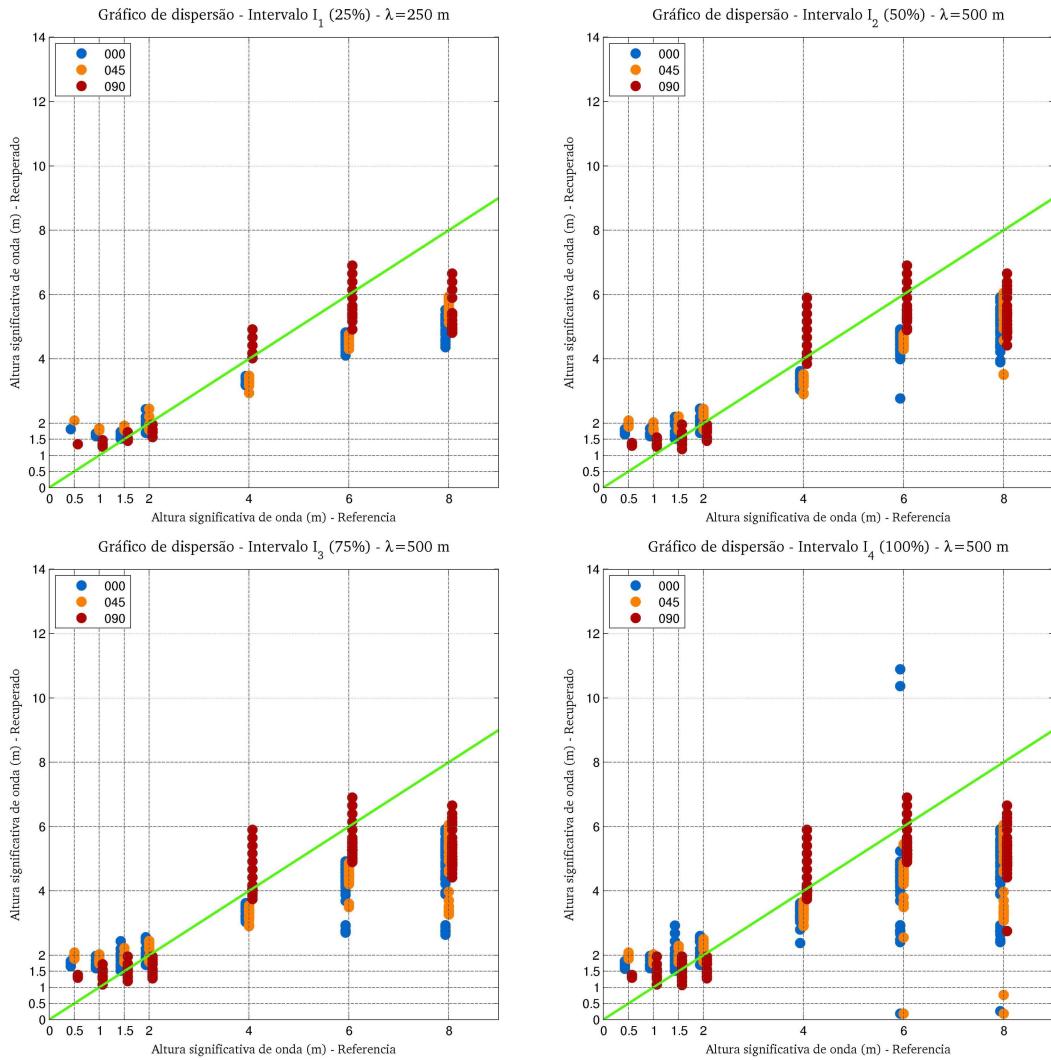


Figura 64 Gráficos de dispersão da altura significativa por intervalo de variação paramétrica referentes aos experimentos com  $\lambda = 500\text{ m}$ .

#### 4.2.2 Algoritmo MPI modificado - Sentinel-1

Nesta subseção serão apresentados os resultados obtidos através do sistema de simulação e processamento de espectros que se utiliza do MPI modificado, ou seja, ajustado com os parâmetros dos satélites Sentinel-1A e Sentinel-1B.

Os resultados serão apresentados conforme os grupos de experimentos propostos em 3.2.2, 3.2.3 e 3.2.4. Por fim, serão destacadas algumas ocorrências específicas.

#### 4.2.2.1 Experimentos com variação da direção principal

Neste tópico, serão apresentados os resultados dos experimentos baseados na variação da direção principal ( $\theta$ ) do *first-guess*. Inicialmente, serão apresentados os resultados dos desvios paramétricos (sob a forma de figuras e tabelas) e, em seguida, os resultados na forma de dispersão de acordo com os intervalos de variação paramétrica propostos.

Os gráficos polares apresentam os marcadores alinhados conforme a direção principal do espectro de ondas de referência. Suas cores estão associadas ao valor dos desvios apresentados e seu afastamento da origem indicam a variação da direção principal do *first-guess*, iniciando em  $-180^\circ$  e se encerrando em  $180^\circ$ .

As tabelas indicam os valores médios dos desvios paramétricos dos experimentos pertencentes a cada intervalo de variação paramétrica, separados conforme a direção principal do espectro de referência.

Os gráficos de dispersão apresentam os valores absolutos dos parâmetros recuperados conforme os intervalos de variação paramétrica informados.

##### 4.2.2.1.1 Análise paramétrica - Direção principal

O primeiro gráfico apresentado na Figura 65 mostra que experimentos com as três direções principais apresentam resultados próximos aos valores de referência quando a direção principal do *first-guess*,  $\theta^0$ , sofre perturbações entre  $-75^\circ$  e  $75^\circ$ , ou seja, estão no intervalo de variação paramétrica  $J_4$ . Esta figura também determina que a direção principal foi o parâmetro mais sensível às perturbações do *first-guess* neste grupo de experimentos, pois os desvios paramétricos do comprimento de onda e altura significativa apresentaram valores relativamente reduzidos.

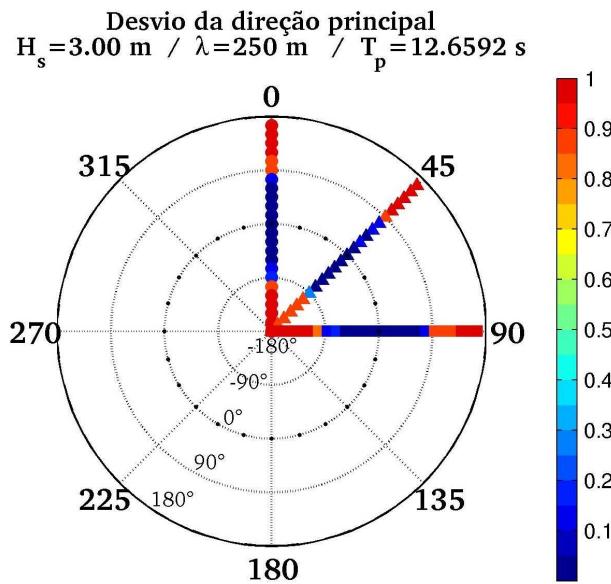


Figura 65 Gráfico polar dos desvios da direção principal obtidos.

A Tabela 32 confirma o resultado destacado acima ao exibir desvios médios entre 0.00 e 0.02 nos intervalos  $J_1$  a  $J_4$ . O intervalo  $J_5$  apresentou valores entre 0.10 e 0.11.

Tabela 32 Desvios médios da direção principal por intervalo de variação paramétrica.

$\theta$ (graus)	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J_4$	$J_5$
0	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10
45	0,02	0,01	0,02	0,02	0,11
90	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10

A Figura 66 reforça os resultados destacados anteriormente. Apenas os resultados correspondentes ao intervalo  $J_5$  apresentaram marcadores a certa distância do valor de referência.

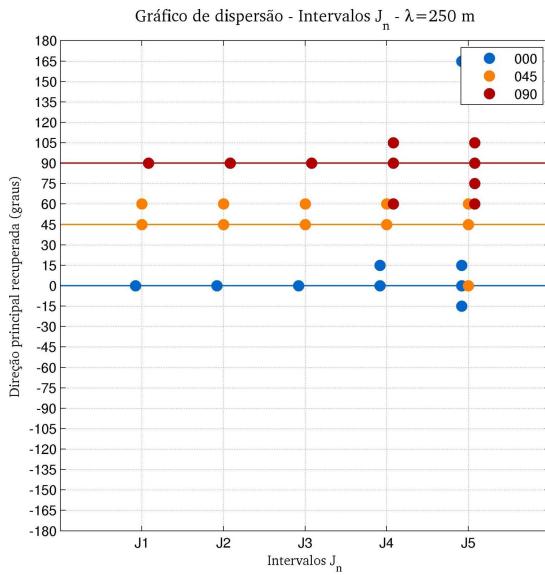


Figura 66 Gráfico de dispersão da direção principal por intervalo de variação paramétrica.

#### 4.2.2.1.2 Análise paramétrica - Comprimento de onda

O segundo gráfico da Figura 67 mostra que experimentos com as três direções principais apresentam resultados próximos ao valor de referência do comprimento de onda praticamente para todas as direções principais aplicadas ao *first-guess*.

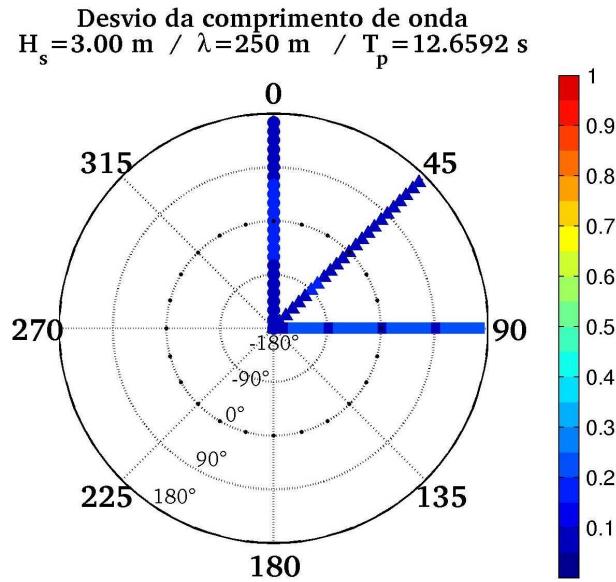


Figura 67 Gráfico polar dos desvios do comprimento de onda obtidos.

A Tabela 33 confirma o resultado acima e indica que todos os desvios médios

apresentados são inferiores a 0.20. Os experimentos com  $\theta = 45^\circ$  apresentaram os menores desvios médios (inferiores a 0.05). Houve pouca variação dos desvios médios apresentados por cada intervalo de variação paramétrica.

Tabela 33 Desvios médios do comprimento de onda por intervalo de variação paramétrica.

$\theta$ (graus)	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J_4$	$J_5$
0	0,17	0,17	0,17	0,15	0,13
45	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05
90	0,17	0,18	0,18	0,18	0,16

A Figura 68 reforça os resultados destacados acima e ainda mostra uma certa tendência na subestimação do comprimento de onda recuperado por parte dos experimentos com  $\theta = 90^\circ$  e sobreestimação por parte dos experimentos com  $\theta = 0^\circ$ . Os resultados recuperados ficaram entre 200m e 300m para todos os intervalos de variação paramétrica propostos.

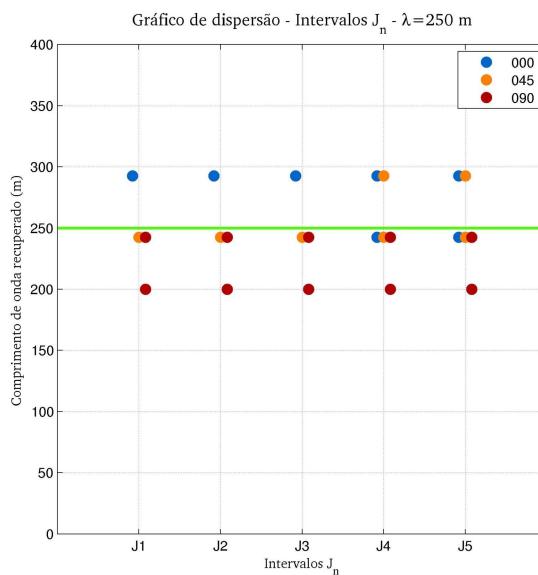


Figura 68 Gráfico de dispersão do comprimento de onda por intervalo de variação paramétrica.

#### 4.2.2.1.3 Análise paramétrica - Altura significativa

O gráfico da Figura 69 mostra que experimentos com as três direções principais apresentam resultados próximos ao valor de referência da altura significativa praticamente

para todas as direções principais aplicadas ao *first-guess*. Experimentos com  $\theta = 90^\circ$  apresentaram os maiores desvios.

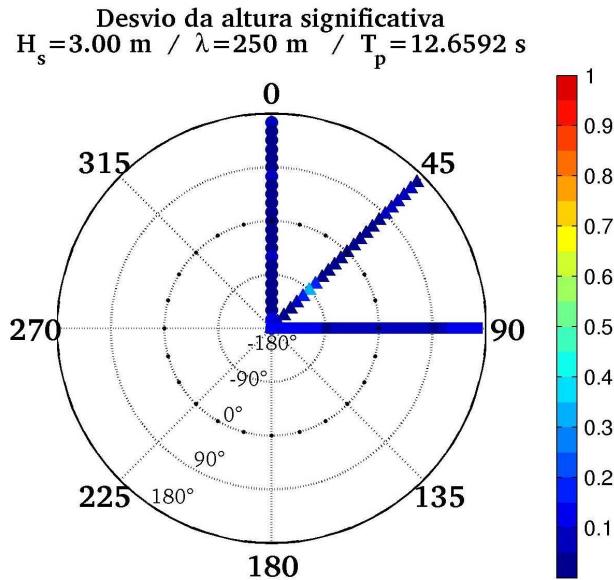


Figura 69 Gráfico polar dos desvios da altura significativa obtidos.

A Tabela 34 mostra estas características através dos valores dos desvios médios. Todos os valores ficaram entre 0,01 e 0,06. Os experimentos com  $\theta = 90^\circ$  apresentaram valores entre 0,05 e 0,06.

Tabela 34 Desvios médios da altura significativa por intervalo de variação paramétrica.

$\theta$ (graus)	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J_4$	$J_5$
0	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
45	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05
90	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05

A Figura 70 também ilustra bem os resultados destacados acima e ainda mostra sua grande regularidade, visto que estão bem próximos ao valor de referência. No intervalo  $J_5$  é possível observar o maior espalhamento dos marcadores sobretudo aqueles referentes ao experimento com  $\theta = 45^\circ$ .

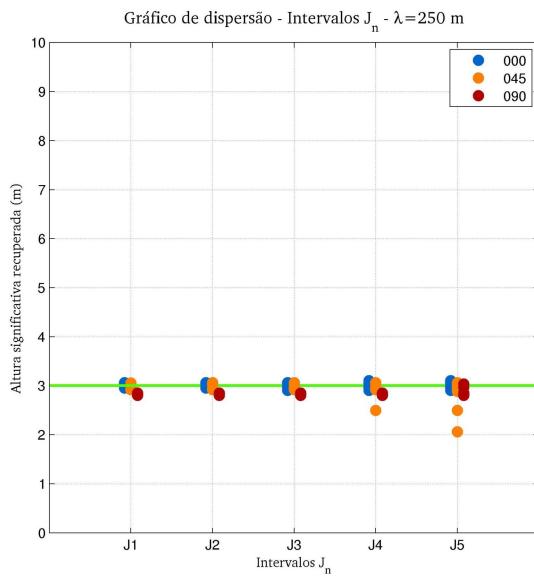


Figura 70 Gráfico de dispersão da altura significativa por intervalo de variação paramétrica.

#### 4.2.2.2 Experimentos com variação do comprimento de onda

Neste tópico, serão apresentados os resultados dos experimentos baseados na variação do comprimento de onda ( $\lambda$ ) do *first-guess*. Inicialmente, serão apresentados os resultados dos desvios paramétricos (sob a forma de figuras e tabelas) e, em seguida, os resultados na forma de dispersão de acordo com os intervalos de variação paramétrica propostos.

Os gráficos polares apresentam os marcadores alinhados conforme a direção principal do espectro de ondas de referência. Suas cores estão associadas ao valor dos desvios apresentados e seu afastamento da origem indicam a variação do comprimento de onda do *first-guess*, iniciando em 50m e se encerrando em 600m.

As tabelas indicam os valores médios dos desvios paramétricos dos experimentos pertencentes a cada intervalo de variação paramétrica, separados conforme a direção principal do espectro de referência.

Os gráficos de dispersão apresentam os valores absolutos dos parâmetros recuperados conforme os intervalos de variação paramétrica informados.

#### 4.2.2.2.1 Análise paramétrica - Direção Principal

Analizando os gráficos apresentados na Figura 71, verifica-se que os resultados da direção principal recuperada são bastante satisfatórios. Em geral, os desvios foram bem reduzidos sobretudo na vizinhança de  $\lambda$ . É possível notar que os experimentos com  $\theta = 45^\circ$  apresentaram os maiores desvios.

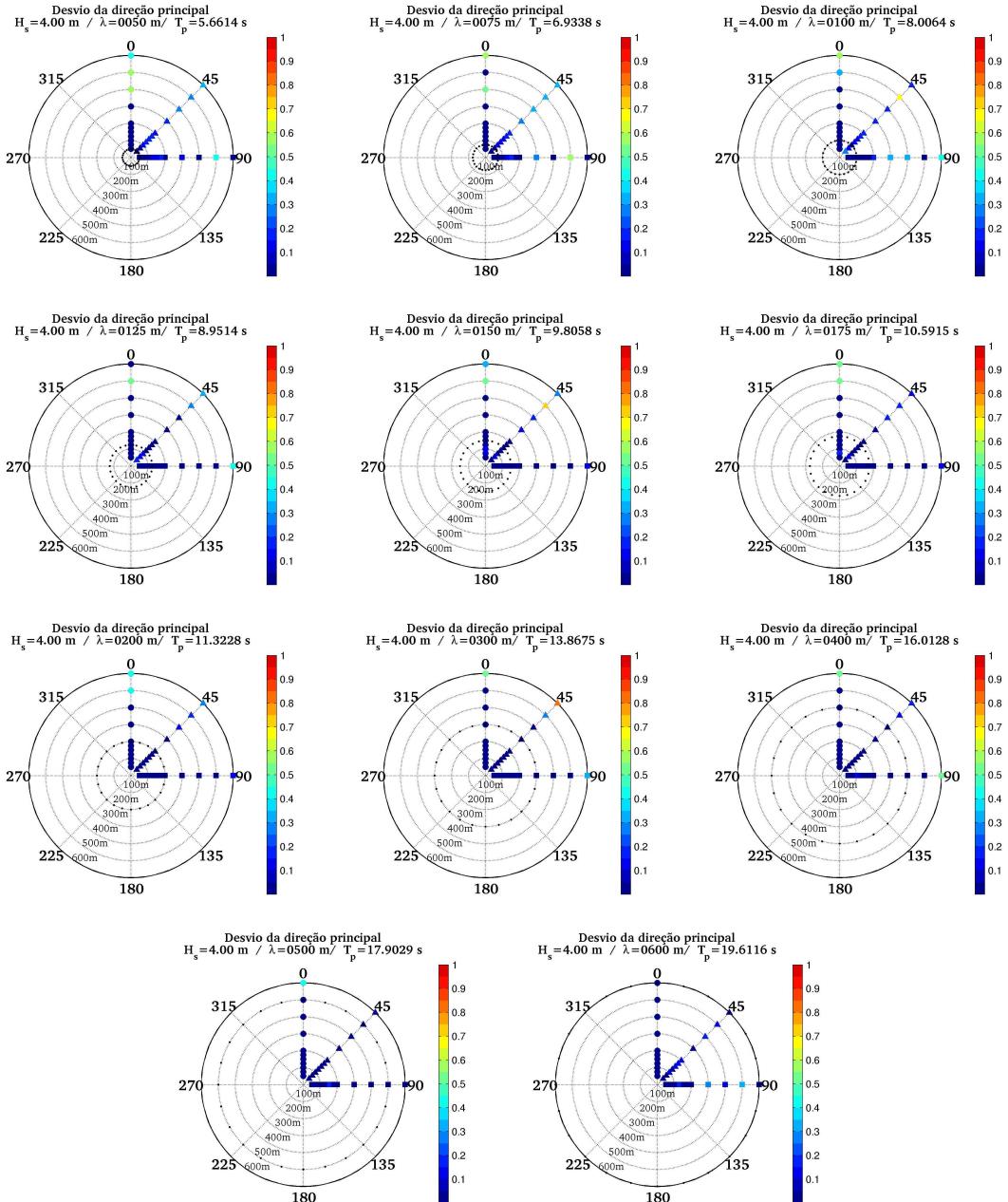


Figura 71 Gráficos polares dos desvios da direção principal obtidos.

A Tabela 35 confirma as observações feitas acima, pois todos os desvios médios apresentados estão entre 0.00 e 0.17, com os maiores valores associados aos casos com

$\lambda \geq 500m.$

Tabela 35 Desvios médios da direção principal por intervalo de variação paramétrica.

		Comprimento de onda - $\lambda(m)$										
$K_n$	$\theta$ (graus)	50	75	100	125	150	175	200	300	400	500	600
$K_1$	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
	45	0,00	0,00	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04
	90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
$K_2$	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00
	45	0,00	0,03	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,06
	90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,17
$K_3$	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00
	45	0,00	0,04	0,11	0,03	0,01	0,01	0,00	0,03	0,03	0,00	0,07
	90	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,11
$K_4$	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,05	0,05	0,04	0,00
	45	0,03	0,05	0,12	0,05	0,02	0,01	0,01	0,10	0,02	0,00	0,05
	90	0,00	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,02	0,08

Observando a Figura 72, é possível verificar que mesmo o intervalo de variação paramétrica mais amplo,  $K_4$ , apresenta marcadores bastante concentrados em torno dos valores de referência.

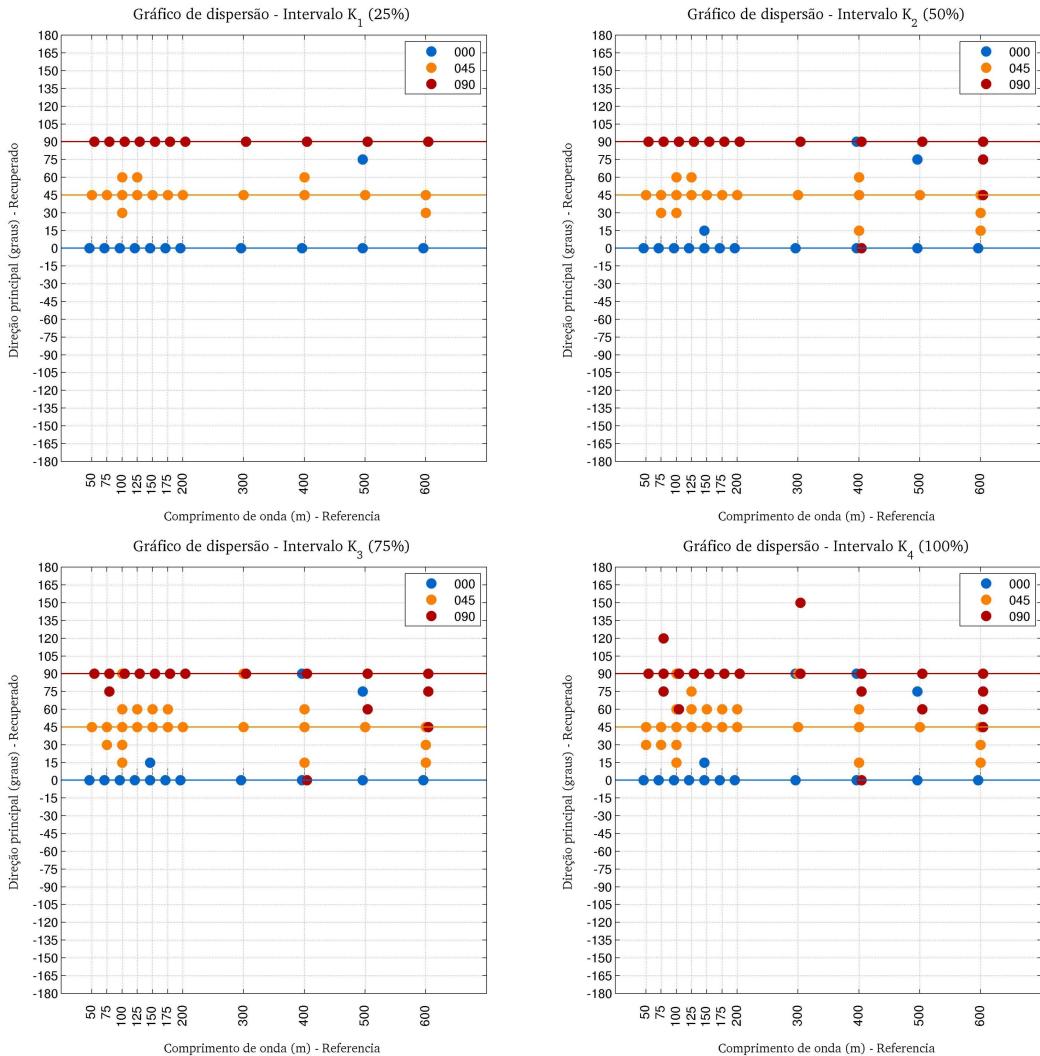


Figura 72 Gráficos de dispersão da direção principal por intervalo de variação paramétrica.

#### 4.2.2.2.2 Análise paramétrica - Comprimento de onda

Investigando os gráficos da Figura 73 é possível verificar que quase todos os resultados dos experimentos com  $\lambda \leq 75m$  e  $\lambda = 600m$  estão próximos ao valor de referência em uma vizinhança bastante restrita. Quando  $100m \leq \lambda \leq 500m$  os resultados apresentam desvios reduzidos em uma faixa mais ampla em torno dos valores de referência. Esta figura indica ainda que o comprimento de onda recuperado é consideravelmente afetado pelas perturbações do *first-guess* propostas neste grupo de experimentos.

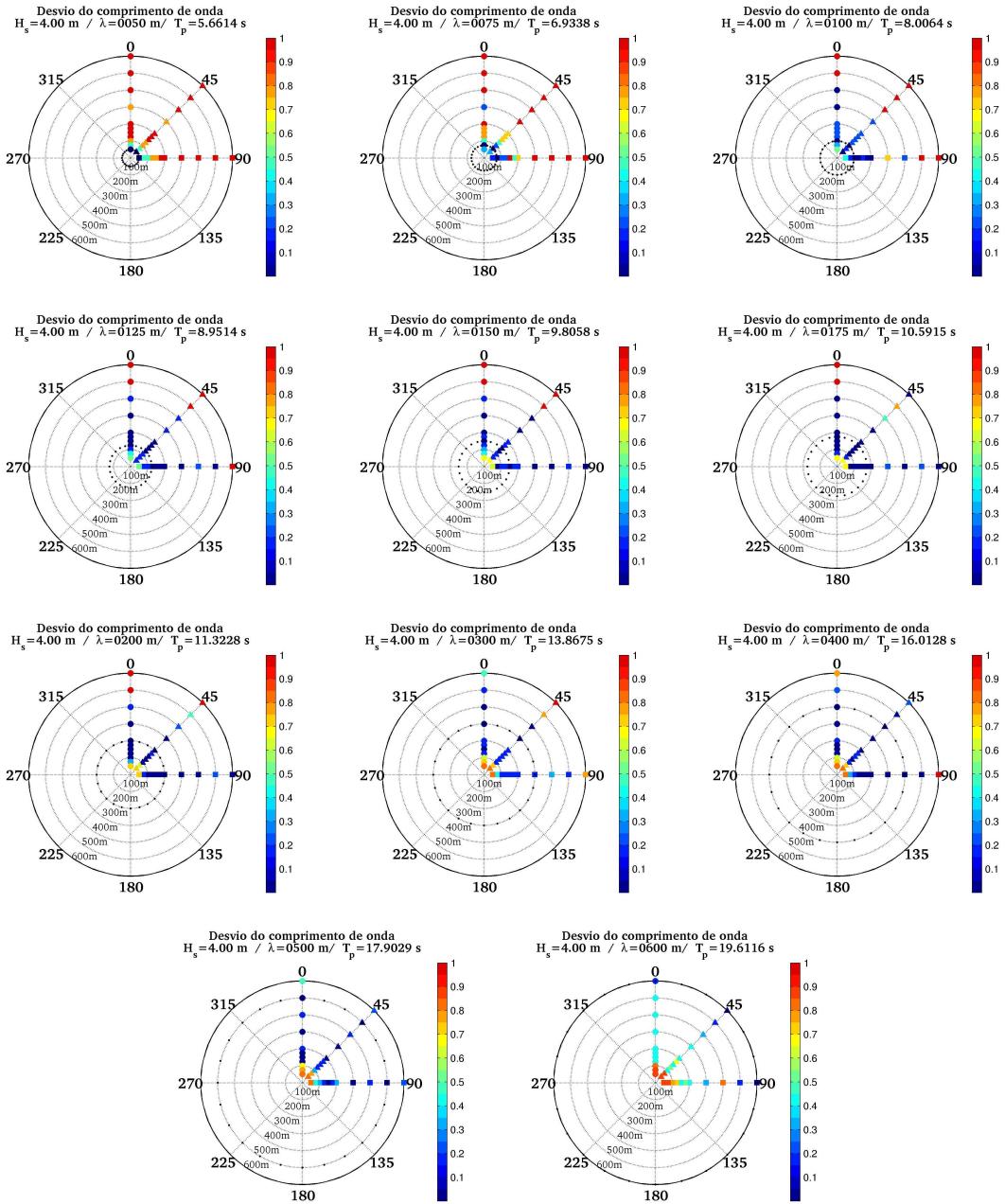


Figura 73 Gráficos polares dos desvios do comprimento de onda obtidos.

A Tabela 36 reforça os resultados apontados acima. Experimentos com  $\lambda \leq 75\text{m}$  e  $\lambda = 600\text{m}$  apresentaram, em geral, os menores desvios médios associados ao intervalo de variação paramétrica  $K_1$ . Os experimentos com  $100\text{m} \leq \lambda \leq 500\text{m}$  apresentaram desvios médios inferiores a 0.25 associados ao intervalo de variação paramétrica  $K_3$ .

Tabela 36 Desvios médios do comprimento de onda por intervalo de variação paramétrica.

$K_n$	$\theta$ (graus)	Comprimento de onda - $\lambda(m)$										
		50	75	100	125	150	175	200	300	400	500	
$K_1$	0	0,00	0,00	0,18	0,06	0,12	0,00	0,00	0,00	0,07	0,21	0,30
	45	0,00	0,00	0,12	0,05	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,13	0,09
	90	0,00	0,00	0,06	0,05	0,12	0,00	0,00	0,17	0,00	0,13	0,09
$K_2$	0	0,23	0,26	0,19	0,12	0,13	0,00	0,00	0,09	0,23	0,16	0,37
	45	0,23	0,18	0,14	0,07	0,11	0,00	0,04	0,09	0,04	0,10	0,23
	90	0,23	0,13	0,09	0,07	0,14	0,00	0,00	0,21	0,23	0,10	0,34
$K_3$	0	0,23	0,38	0,25	0,10	0,18	0,02	0,05	0,16	0,14	0,12	0,39
	45	0,23	0,25	0,13	0,05	0,12	0,03	0,11	0,20	0,07	0,10	0,34
	90	0,23	0,15	0,13	0,05	0,12	0,03	0,02	0,19	0,14	0,13	0,39
$K_4$	0	0,41	0,46	0,24	0,16	0,22	0,11	0,14	0,30	0,30	0,28	0,53
	45	0,41	0,35	0,14	0,07	0,17	0,11	0,19	0,39	0,21	0,26	0,48
	90	0,31	1,03	0,11	0,12	0,16	0,11	0,10	0,32	0,22	0,24	0,55

Por fim, ao examinar os gráficos da Figura 74, é possível perceber que, quando  $\lambda \geq 300m$ , os experimentos com  $\theta = 90^\circ$  mostram considerável tendência à subestimação dos resultados. O mesmo acontece para as demais direções nos casos com  $\lambda \geq 500m$ .

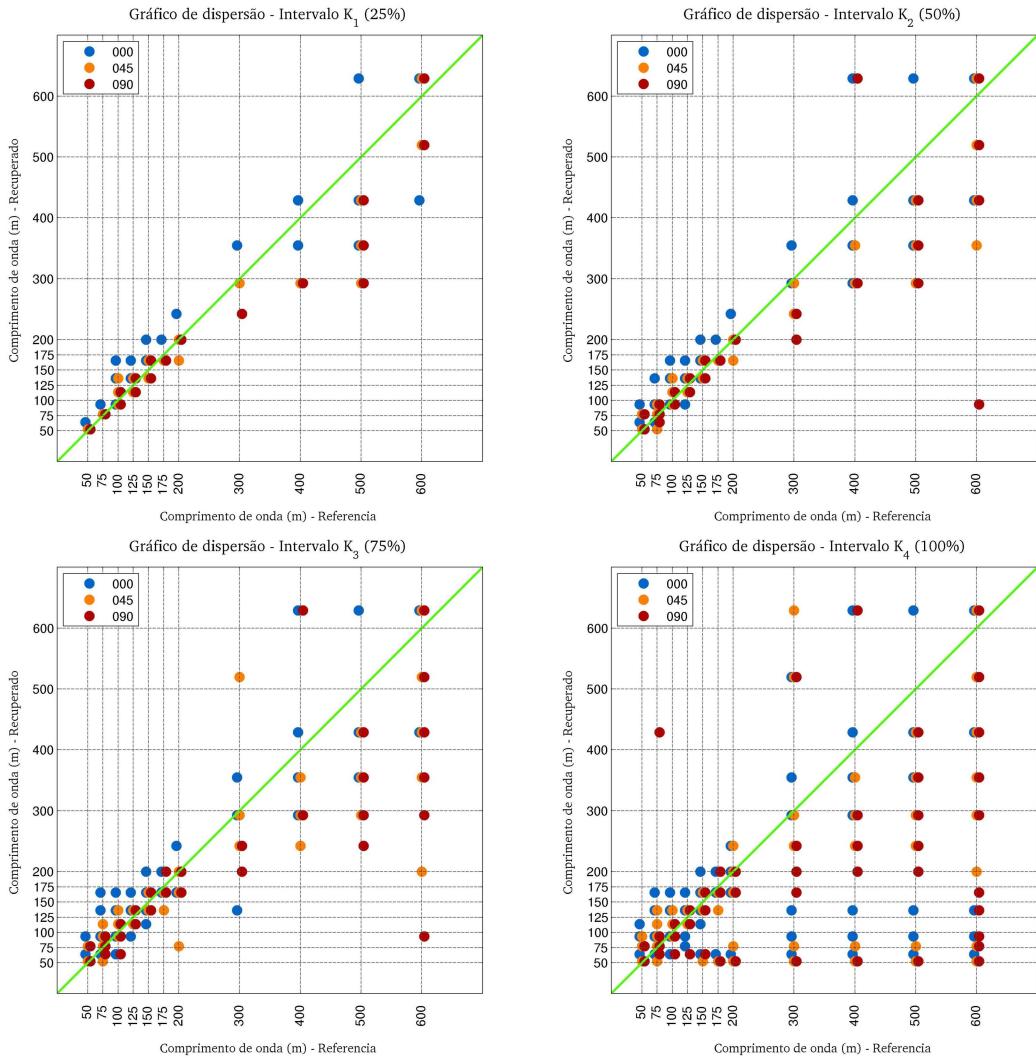


Figura 74 Gráficos de dispersão do comprimento de onda por intervalo de variação paramétrica.

#### 4.2.2.2.3 Análise paramétrica - Altura significativa

Analizando os gráficos da Figura 75 verifica-se que os experimentos com  $\lambda = 50m$  apresentaram resultados próximos do valor de referência em vizinhanças bastante ampla em torno deste nos casos com  $\theta = 0^\circ$ , enquanto as demais direções apresentaram bons resultados em vizinhanças mais restritas. Ainda sobre esses experimentos, destacam-se ocorrências de desvios muito elevados em casos com  $\theta = 0^\circ$  e  $\theta = 45^\circ$ . Experimentos com  $\lambda = 75m$  em todas as direções apresentaram os menores desvios em uma vizinhança restrita em torno do valor de referência. Nos experimentos com  $100 \leq \lambda \leq 600$  os resultados, em geral, são muito bons em todas as direções, com apenas algumas ocorrências mais distantes dos valores de referência.

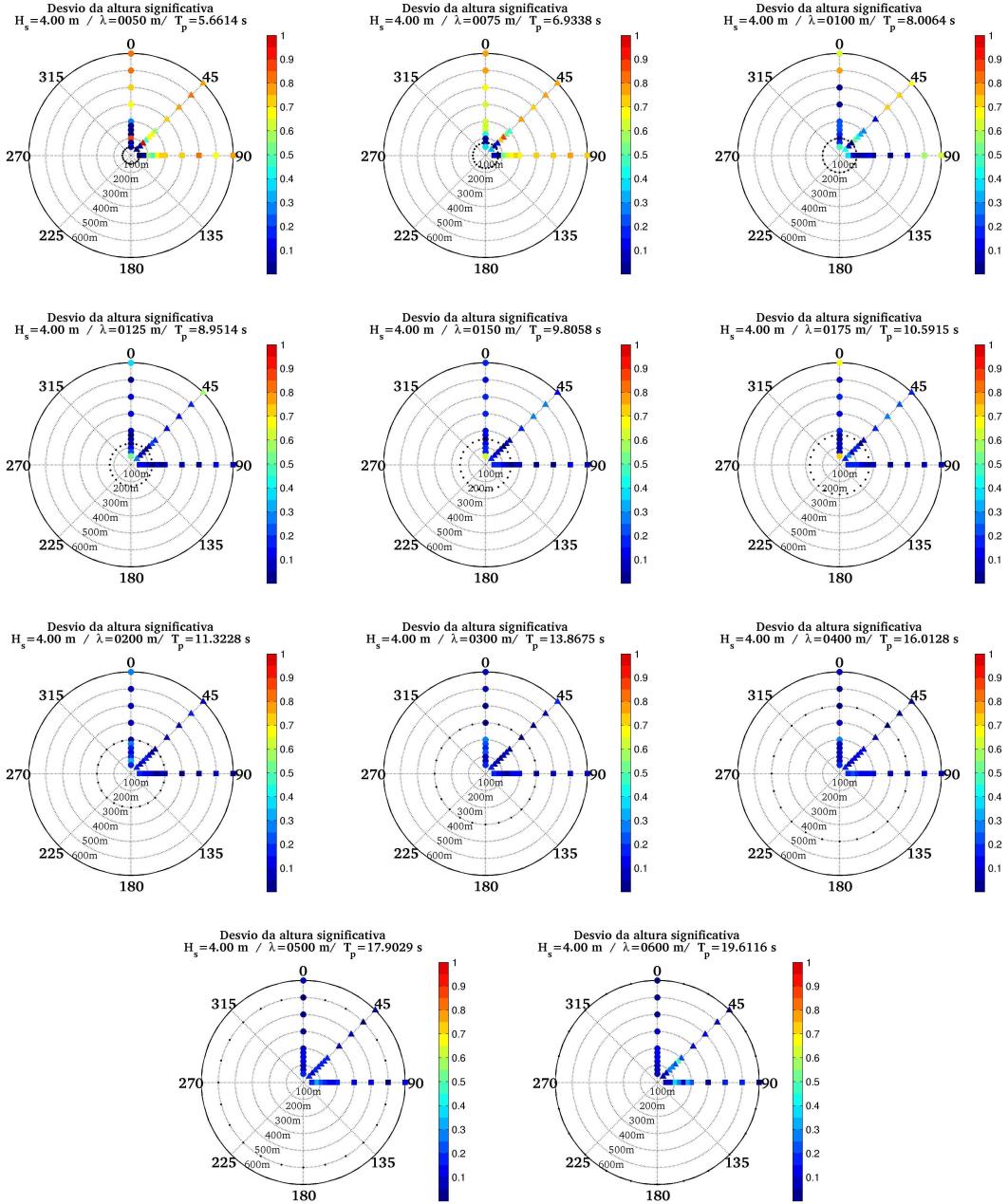


Figura 75 Gráficos polares dos desvios da altura significativa obtidos.

A Tabela 37 confirma os resultados destacados anteriormente. Os experimentos com  $\lambda = 50\text{m}$  apresentaram desvios médios entre 0.00 e 0.10 no intervalo de variação paramétrica  $K_1$  e entre 0.19 e 0.35 no intervalo  $K_4$ . A vizinhança mais ampla de bons resultados associada aos experimentos com  $\theta = 0^\circ$  não chega a estar aparente nesta tabela, pois sua extensão está além do intervalo  $K_4$ . Os experimentos com  $\lambda = 75\text{m}$  apresentaram desvios médios entre 0.00 e 0.07 no intervalo  $K_1$  e entre 0.30 e 0.43 no intervalo  $K_4$ . Os experimentos com  $100 \leq \lambda \leq 600$  apresentaram grande parte de seus desvios médios com

valores inferiores a 0,15.

Tabela 37 Desvios médios da altura significativa por intervalo de variação paramétrica.

$K_n$	$\theta$ (graus)	Comprimento de onda - $\lambda(m)$										
		50	75	100	125	150	175	200	300	400	500	600
$K_1$	0	0,10	0,07	0,13	0,05	0,07	0,07	0,13	0,00	0,02	0,02	0,02
	45	0,06	0,07	0,20	0,04	0,04	0,07	0,06	0,00	0,03	0,03	0,04
	90	0,00	0,00	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05	0,07	0,07	0,08
$K_2$	0	0,05	0,15	0,15	0,07	0,10	0,06	0,11	0,12	0,08	0,02	0,03
	45	0,03	0,17	0,26	0,08	0,05	0,08	0,06	0,02	0,04	0,04	0,07
	90	0,00	0,20	0,05	0,05	0,04	0,07	0,02	0,07	0,07	0,08	0,08
$K_3$	0	0,05	0,21	0,21	0,06	0,11	0,07	0,15	0,12	0,07	0,05	0,05
	45	0,03	0,31	0,30	0,09	0,06	0,12	0,07	0,03	0,07	0,09	0,15
	90	0,00	0,31	0,11	0,05	0,06	0,08	0,05	0,06	0,09	0,10	0,13
$K_4$	0	0,33	0,30	0,21	0,13	0,18	0,15	0,14	0,11	0,07	0,06	0,07
	45	0,35	0,43	0,29	0,12	0,09	0,12	0,08	0,05	0,08	0,11	0,16
	90	0,19	0,39	0,09	0,06	0,06	0,09	0,06	0,08	0,11	0,15	0,14

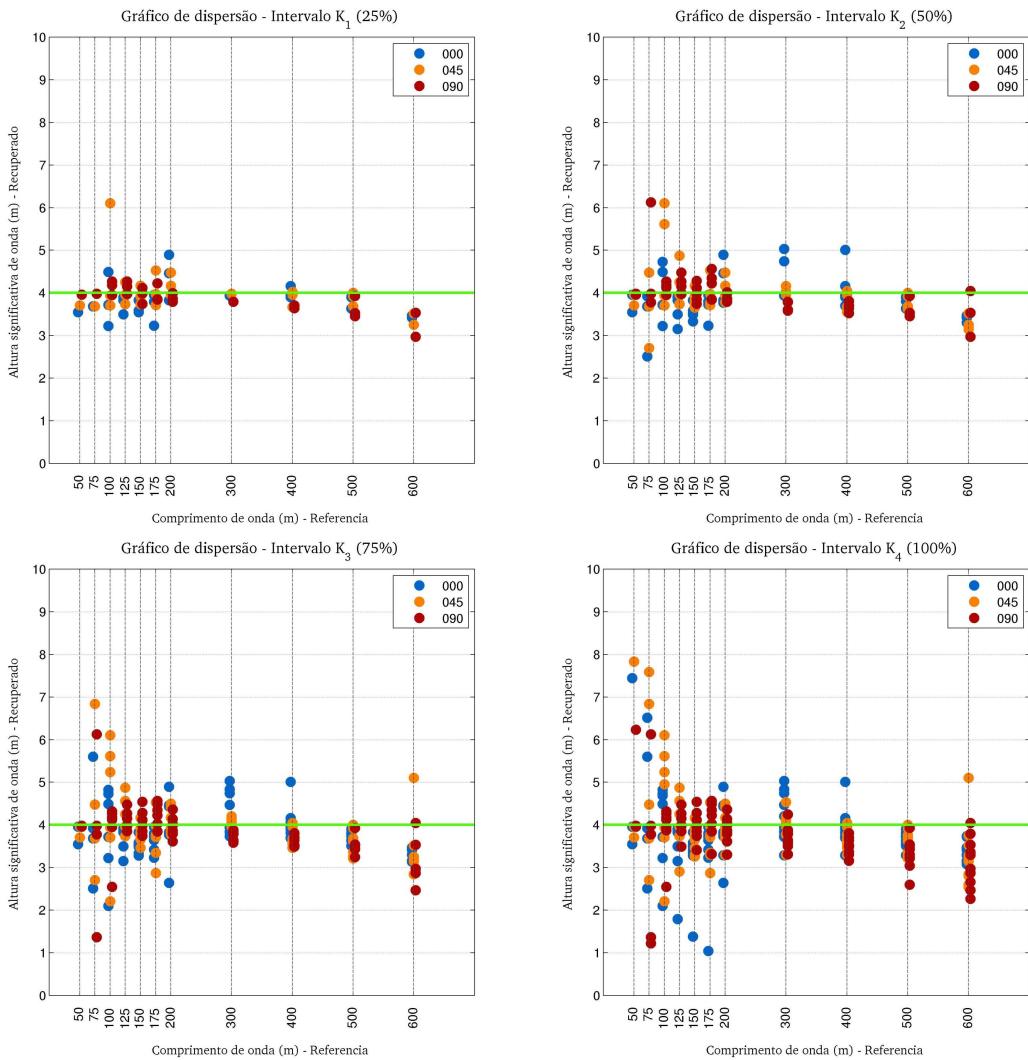


Figura 76 Gráficos de dispersão da altura significativa por intervalo de variação paramétrica.

A Figura 76 mostra que experimentos com  $\lambda \leq 100m$  apresentaram maior espalhamento de seus marcadores, sobretudo nos intervalos de variação paramétrica  $K_2$ ,  $K_3$  e  $K_4$ . Os experimentos com  $125m \leq \lambda \leq 600m$  apresentaram marcadores mais agrupados em torno do valor de referência, majoritariamente com desvios inferiores a 0.5 mesmo no intervalo  $K_4$ . É possível notar ainda que os experimentos com  $\lambda \geq 500m$  mostraram leve tendência para subestimação dos valores recuperados para este parâmetro.

#### 4.2.2.3 Experimentos com variação da altura significativa

Neste tópico, serão apresentados os resultados dos experimentos baseados na variação da altura significativa ( $H_s$ ) do *first-guess*. Inicialmente, serão apresentados os

resultados dos desvios paramétricos (sob a forma de figuras e tabelas) e, em seguida, os resultados na forma de dispersão de acordo com os intervalos de variação paramétrica propostos.

Os gráficos polares apresentam os marcadores alinhados conforme a direção principal do espectro de ondas de referência. Suas cores estão associadas ao valor dos desvios apresentados e seu afastamento da origem indicam a variação da altura significativa do *first-guess*, iniciando em 0.25m e se encerrando em 12.00m.

As tabelas indicam os valores médios dos desvios paramétricos dos experimentos pertencentes à cada intervalo de variação paramétrica, separados conforme a direção principal do espectro de referência.

Os gráficos de dispersão apresentam os valores absolutos dos parâmetros recuperados conforme os intervalos de variação paramétrica informados.

#### 4.2.2.3.1 Análise paramétrica - Direção principal

Experimentos com  $\lambda = 250m$ :

Observando os gráficos da Figura 77, verifica-se que a direção principal sofre pouca influência da variação da altura significativa do *first-guess* uma vez que os desvios estão em uma faixa de valores bem reduzidos. Notam-se desvios maiores que 0.30 apenas nos casos com  $H_s = 8.00m$ .