

# AVALIAÇÃO DO MODELO DE ONDAS

O modelo de onda WAVEWATCH implementado operacionalmente no CP-TEC/INPE global é validado diariamente com os dados do satélite JASON-2. Este novo produto tem como finalidade fornecer uma avaliação das previsões de altura significativa ( $H_s$ ) obtidas nas simulações numéricas do modelo para o domínio global com os dados altimétricos do satélite.

Desde que as saídas do modelo WWATCH-III estão arquivadas nas horas 0,3,6,...,21,24, e em pontos de grade com espaçamento de 1 grau em ambas direções, adotou-se uma interpolação destes dados para a hora e localização referentes à observação do satélite. No espaço, aplicou-se uma interpolação bi-cúbica, e no tempo, uma interpolação linear.

A avaliação é apresentada em 3 figuras:

- I. Trajetória do satélite [superior] e série temporal da altura de onda do satélite e do modelo [inferior].

Na figura 1 superior apresenta-se a trajetória do satélite no globo terrestre. Para facilitar a visualização e localização do satélite, a cor e a forma do ponto que indicam a localização do satélite são alterados a cada hora. Uma seta na parte inferior desta figura indica o sentido da trajetória do satélite (sentido de oeste para leste na trajetória do satélite JASON).

Na figura 1 inferior apresenta-se os valores da altura da onda obtidos pelo satélite (em azul) e simulados pelo modelo WWATCH-III (em vermelho) interpolados para o ponto e tempo referentes à localização do satélite. Os eixos x e y representam, respectivamente, o tempo em horas e a altura H em metros. A barra de cores ao longo do eixo x refere-se às cores utilizadas para representar a trajetória, facilitando a localização do satélite sobre o globo terrestre.

- II. Diagrama de dispersão e avaliação estatística

Na figura 2 representa-se a dispersão entre as observações da altura de onda ( $H_s$ ) obtidas pelo satélite e pelo modelo WWATCH-III. Com esta figura e os valores da média e variância dos dados do satélite (Media\_sat e Var\_sat), da média e variância dos dados do modelo (Media\_mod e Var\_mod), o BIAS, o erro

quadrático médio (Rmse), a covariância (Covar), o coeficiente de correlação (Coef\_cor) e o índice de dispersão (Scat\_ind), obtém-se uma avaliação do erro.

- A média da série temporal foi calculada pela equação:

$$media = \mu = \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{n} \quad e \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

onde n é o número de dados e  $H_i$  é o valor da altura de onda estimado pelo modelo ou observado pelo satélite no tempo i.

- A variância é uma medida do espalhamento da distribuição ao redor da média e é calculada primeiro pela soma dos desvios quadrados da média, e dividindo-a pelo número de observações:

$$variancia = \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_i - \mu)^2$$

- O erro no tempo i é dado pela equação:

$$erro(i) = Hm(i) - Ho(i) \quad e \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

onde Hm(i) foi estimado pelo modelo e Ho(i) observado pelo satélite.

E o BIAS indica a tendência do erro. Se positivo (negativo), o modelo tende a apresentar valores maiores (menores) que os satélite.

$$BIAS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Hm(i) - Ho(i)]$$

- A raiz do erro quadrático médio (Rmse) indica o valor médio dos erros.

$$Rmse = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Hm(i) - Ho(i)]^2}$$

- A covariância é uma medida de associação (relação) linear entre duas variáveis aleatórias (neste caso, Hm e Ho), definida por:

$$Covar = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Hm_i - \mu_{Hm})(Ho_i - \mu_{Ho})$$

A covariância fornece uma medida não padronizada do grau no qual duas séries de dados se movem juntas. Um sinal positivo indica que elas movem juntas e um negativo que elas movem em direções opostas. Enquanto a covariância cresce com o poder do relacionamento, ainda é relativamente difícil fazer julgamentos sobre o poder do relacionamento entre as duas variáveis observando a covariância, pois ela não é padronizada.

- O coeficiente de correlação é a medida padronizada da relação entre duas variáveis, o qual indica se o crescimento de um tende a ser acompanhado pelo outro. Ele é calculado da seguinte forma:

$$Coe\_{f\_cor} = \frac{\sum_{i=1}^n (Hm_i - \mu_{Hm})(Ho_i - \mu_{Ho})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Hm_i - \mu_{Hm})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Ho_i - \mu_{Ho})^2}}$$

A correlação nunca pode ser maior do que 1 ou menor do que menos 1. Uma correlação próxima a zero indica que as duas variáveis não estão relacionadas. Uma correlação positiva indica que as duas variáveis movem juntas, e a relação é forte quanto mais a correlação se aproxima de um. Uma correlação negativa indica que as duas variáveis movem-se em direções opostas, e que a relação também fica mais forte quanto mais próxima de menos 1 a correlação ficar.

- O índice de dispersão é uma medida utilizada para quantificar se um conjunto de ocorrências observadas estão relativamente dispersas ou agrupadas em comparação com um modelo estatístico padrão. Quando o coeficiente de dispersão é inferior a 1, o conjunto de dados é pouco disperso. Se o índice de dispersão é maior que 1, o conjunto de dados é muito disperso. Observando o diagrama de dispersão e calculando o índice de dispersão pode-se saber a relação/associação entre duas variáveis (Neste caso, estas variáveis são a altura de onda observada pelo satélite e a estimada pelo modelo).

O índice de dispersão foi calculado da seguinte forma:

$$Scat\_ind = \frac{\sqrt{Rmse^2 - (\mu_{Ho} - \mu_{Hm})^2}}{\mu_{Ho}}$$

### III. Distribuição espacial do erro da altura da onda (H satélite - H modelo).

Na figura 3 apresenta-se a diferença entre a altura de onda observada pelo satélite e a altura estimada pelo modelo. Esta diferença é calculada para

todos os pontos de observação, os quais seguem a trajetória do satélite ao longo de um dia. Cada diferença calculada foi classificada dentro de um dos 7 intervalos de classe (usando a escala de cores proposta), que se estabeleceram para destacar as regiões com pouco ou muito erro.

Em geral, pode-se observar que existiria uma boa correlação entre a altura da onda do modelo e do satélite. Mas, também nota-se, que existiriam diferenças regionais e estudos mais detalhados poderiam verificar isto.

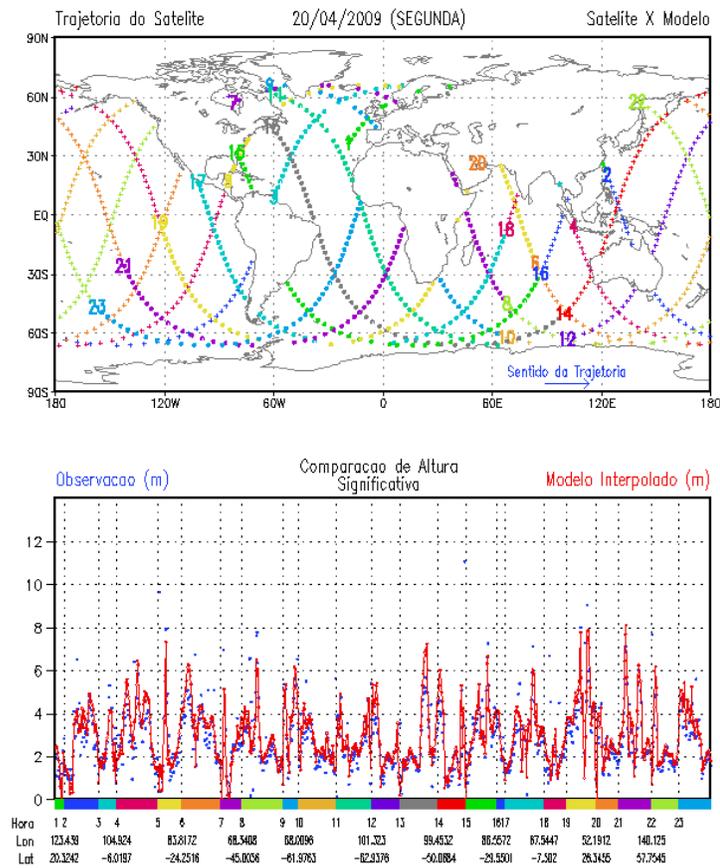


Figura 1: Trajetória do satélite [superior] e serie temporal da altura de onda do modelo e do satélite [inferior]

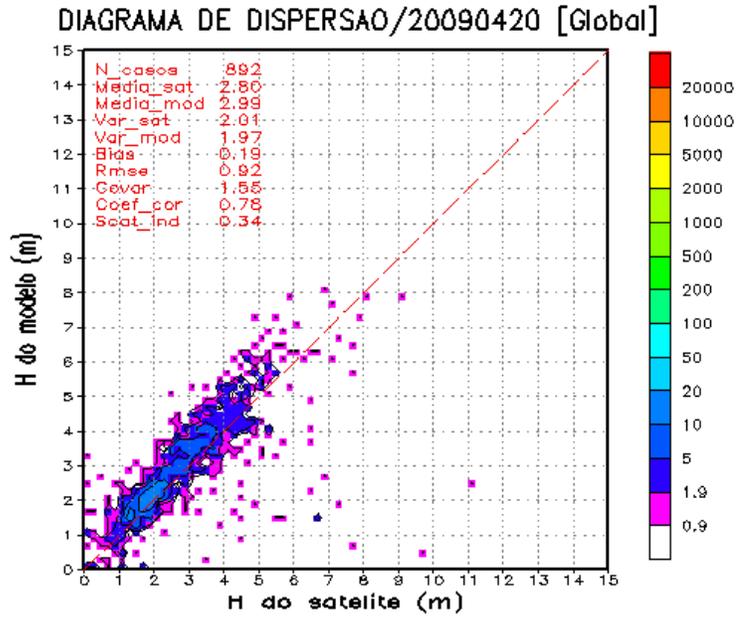


Figura 2: Diagrama de dispersão e avaliação estatística

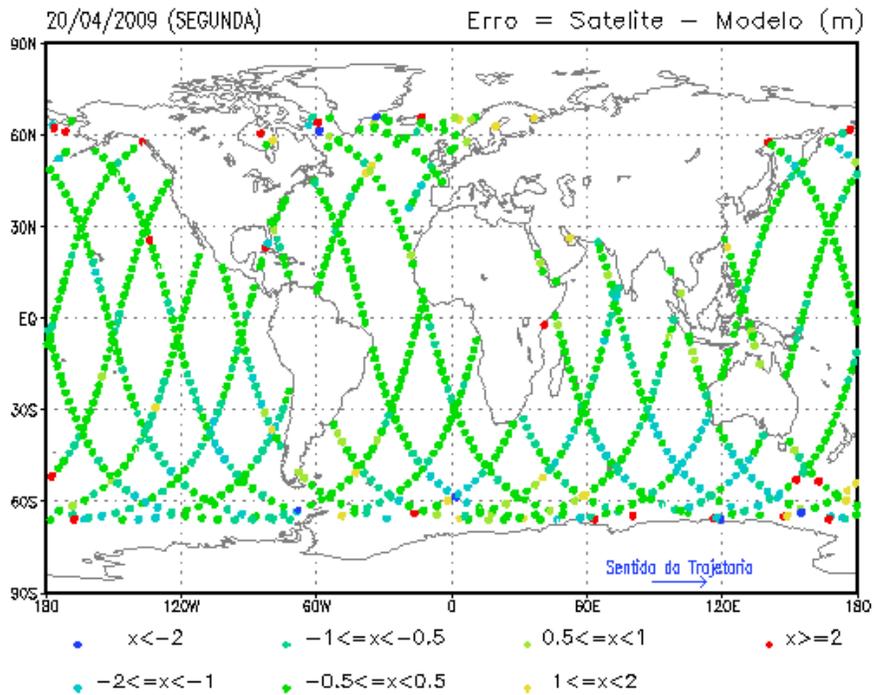


Figura 3: Distribuição espacial do erro