

## Informações:

- Duração de 2 horas.
- Pode comer e beber durante a prova.
- Pode fazer a prova à lápis.
- Pode usar calculadora (sem texto).

A tentativa de violação de qualquer uma das regras abaixo anulará o exame.

- Não consulte material ou colegas.
- Vá ao banheiro antes ou depois do exame.
- Rascunho apenas no verso da prova.
- Desligue e guarde o telefone.



1. No sistema de referência das estrelas fixas, com que frequência precessa o plano da órbita polar heliossíncrona? 5

**Resposta:**

1 volta por ano,  $2\pi$  radianos por ano,  $2 \times 10^{-7}$  rad/s.

2. Como são obtidos os coeficientes dos polinômios usados nos algoritmos que convertem brilho em temperatura da superfície do mar? 5

**Resposta:**

Ajuste linear (método dos mínimos quadrados, empírico) a um número grande de medidas in situ.

3. O escaterômetro não funciona bem quando o vento há surfactantes (e.g. óleo) na superfície do mar. Explique porquê utilizando o conceito de tensão superficial. 5

**Resposta:**

O pulso de radar emitido é espalhado por ondas capilar-gravidade, cuja dinâmica depende da tensão superficial. Óleo faz cair a tensão e com ela a amplitude das ondas.

4. Os dados de altímetro são ruins onde a água é mais rasa que 1000m. Por quê? 5

**Resposta:**

Por causa das marés locais. Elas são influenciadas pela topografia e não são bem removidas pelo modelo de maré livre.

5. MODIS é um sensor multi-bandas que coleta dados de radiância em diversas bandas do visível. A partir desses dados foram elaborados algoritmos diferentes para a obtenção da concentração de clorofila de águas do caso 1 e do caso 2. Porque precisamos de vários algoritmos se queremos medir uma só grandeza, a concentração de clorofila? 5

**Resposta:**

Porque as substâncias coloridas que estão dissolvidas nos dois casos são muito diferentes. No caso 1 são águas oceânicas, onde predomina a clorofila; no caso 2 são águas costeiras que além de uma concentração muito maior de clorofila contém sedimentos, *gelbstoff*, CDOM etc. em diversas proporções, dependendo da região. O sinal destes componentes é minimizado através de algoritmos que usam dados de brilho de vários canais para removê-los.

6. As medidas de concentração de  $\text{CaCO}_3$  tem uma escala que vai de  $5 \times 10^{-5}$  a  $5 \times 10^{-2}$  mol/m<sup>3</sup>. Qual seria a resolução radiométrica se o satélite armazenasse estes dados usando 10 bits? 10

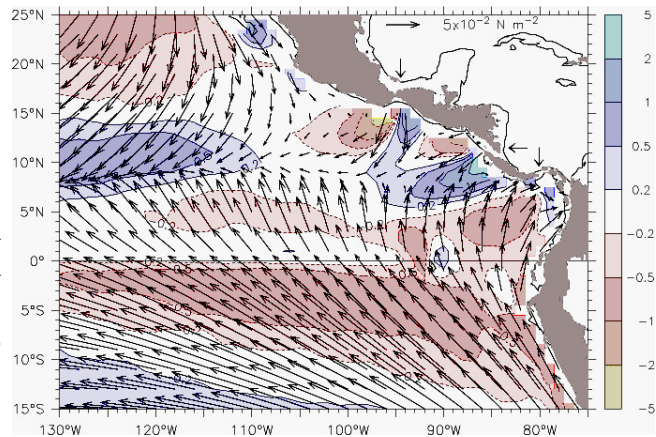
**Resposta:**

O intervalo de valores é de  $5 \times 10^{-2} - 5 \times 10^{-5}$ . Isso deve ser representado por 1024 valores, portanto a separação entre esses valores é  $\frac{5 \times 10^{-2} - 5 \times 10^{-5}}{1024} = 4.878 \times 10^{-5}$

7. Considere o bombeamento de Ekman ( $w_E$ ) dado por

$$w_E = -\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\tau_y}{\rho_0 f} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\tau_x}{\rho_0 f} \right)$$

onde  $f$  é parâmetro de Coriolis,  $f = 2\Omega \sin \theta$ , sendo  $\Omega$  a frequência angular de rotação da Terra e  $\theta$  a latitude;  $\rho_0$  é a densidade da água e  $(\tau_x, \tau_y)$  é a tensão de cisalhamento do vento obtida a partir de ventos medidos por escaterômetros e sensores de microondas como mostra a figura.



(a) Esses dados são de que Nível? Explique.

5

**Resposta:**

4, são mapas multi-satélites.

(b) Podemos calcular  $w_E$  nessa região toda? Porque?

5

**Resposta:**

Não. Como  $f$  é zero no equador, lá não pode.

(c) Marque 4 pontos em cruz no mapa onde o rotacional te parece ser não-nulo e estime o valor aproximado de  $w_E$  em m/s.

10

**Resposta:**

Os vetores estão de 2 em 2 graus. Por volta de  $10-14^\circ\text{N}$   $108-112^\circ\text{W}$  temos:  $\Delta\tau_x \simeq -1 \times 10^{-2}\text{N/m}^2$

$$\Delta\tau_y \simeq +2 \times 10^{-2}\text{N/m}^2$$

Tanto  $\Delta x$  como  $\Delta y$  são  $4^\circ$ , ou aproximadamente  $444\text{km}$  ou  $4.44 \times 10^5\text{m}$ .  $\rho_0 = 1027\text{kg/m}^3$  e  $f = 7.3 \times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ . Fazendo as contas deve dar

$$\frac{\Delta\tau_x}{\Delta y} = \frac{-1 \times 10^{-2}}{444000} = -2.3 \times 10^{-8} \quad \frac{\Delta\tau_y}{\Delta x} = \frac{2 \times 10^{-2}}{444000} = 4.6 \times 10^{-8}$$

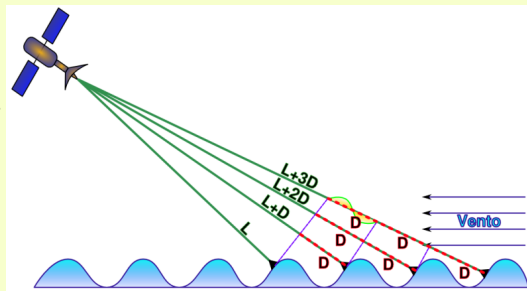
Subtraindo um do outro dá  $+3.605 \times 10^{-6}\text{m/s}$  ou seja, apenas  $36\text{cm}$  por dia!

8. Explique o princípio físico de funcionamento do escaterômetro. Inclua na tua resposta (i) a frequência das ondas eletromagnéticas e (ii) o comprimento das ondas na superfície do mar que te alteram  $\sigma_0$ . Faça um desenho pois ajudará na explicação.

20

**Resposta:**

Escaterômetros funcionam com base no espalhamento ressonante ou Bragg. Espalhamento Bragg depende do ângulo de incidência ( $20^\circ$  a  $50^\circ$ ) e da semelhança entre o comprimento da onda de radar e o comprimento das ondas capilar-gravidade projetado sobre o feixe de radar. Se os comprimentos forem iguais haverá interferência construtiva do sinal retroespalhado pelas ondas de superfície na direção do emissor/receptor (escaterômetro) e a potência recebida será maximizada.



A onda eletromagnética tem uma frequência de 13GHz e portanto um comprimento de onda da ordem de 2.3cm, que deve se assemelhar ao das ondas capilar-gravidade. Ondas capilares são forçadas pelo vento e sua amplitude depende diretamente do vento instantâneo local pois são extremamente dispersivas. O período é da ordem de 0,1s a 1s e o tempo de dispersão, cessado o vento, é da ordem de 1s.

9. Suponha que a PetrOZ<sup>1</sup> quer te contratar como consultor especialista em sensoriamento remoto para estudos oceanográficos ligados à prospecção em mar profundo. Os principais pontos da proposta inicial que eles te enviaram estão resumidos a seguir.

25

A perfuração ocorrerá sobre o paralelo  $15^\circ\text{S}$ , a 550 km da costa Bahiana, num local onde a profundidade é 4015 m. A PetrOZ propõe que você entregue mapas quinzenais do vetor velocidade total próxima à superfície do mar, independente das condições meteorológicas. A série temporal deve começar em 1/1/1993 e ir até hoje. Os mapas devem ter um tamanho de  $2000 \times 2000$  km, resolução espacial de 8 km, similar aos dados de clorofila que eles já tem. Descreva abaixo os pontos principais da sua contra-proposta.

Espero um esboço de contra-proposta que (1) foque no uso de satélites e indique quais serão os sensores ou satélites utilizados, (2) leve em conta tanto as limitações como os pontos fortes do tipo de sensor proposto, (3) discuta a resolução espacial e temporal dos dados a serem entregues e (4) inclua fontes alternativas de dados, se necessário.

**Resposta:**

- Os satélites são os que tem radar altimétrico: Jason 1/2/3, TOPEX/Poseidon, Geosat, GFO, ERS 1/2, Envisat, Saral/Altika.

<sup>1</sup>Companhia de petróleo imaginária de Osasco.

- O mapa interceptará a costa, portanto é preciso ressaltar que áreas mais rasas que 1000m não serão amostradas corretamente devido à correção de maré. Esta correção se baseia num modelo de maré livre que funciona bem apenas no oceano profundo.
- A restrição a dias nublados é desnecessária pois altímetros funcionam na banda de microondas, para a qual as nuvens são essencialmente transparentes.
- Mapas quinzenais são factíveis, pois o ciclo de repetição exata dos satélites é de 10, 17 e 35 dias. Dá para gradear e interpolar.
- O altímetro mede apenas a velocidade geostrófica. Para obter a velocidade total é preciso adicionar a componente forçada pelo vento, que pode ser obtida de escaterômetros (ERS1/2, NSCAT, QUIKScat, AScat). Há épocas em que não haverão dados de escaterômetros disponíveis, usaremos dados de modelo de previsão do tempo. A velocidade geostrófica deve ser entendida como uma média que é geralmente dominada por processos que ocorrem na camada superior.
- A resolução ao longo da passagem dos altímetros é de 7 km, porém a separação entre passagens dos satélites atinge de 85 (Envisat) a 315km (Jason). Mapas de 8 km não serão realísticos. Proponho interpolar os dados numa grade de 25×25 km pois é um valor intermediário.



Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Pontos	5	5	5	5	5	10	20	20	25	100
Nota										