

Aula 1: Introdução  
Fundamentos de Oceanografia Física

Prof. Dr. Marcelo Dottori

Departamento de Oceanografia Física, Química e  
Geológica

Instituto Oceanográfico

29 de novembro de 2018

## **Aula 1: Introdução**

### **Assuntos**

- Definição do que é Oceanografia Física;
- Histórico da Oceanografia Física;
- Principais feições dos oceanos;
- Mapas e projeções;
- Plataformas de amostragem.

### **Referências bibliográficas**

- Notas de aula;
- Livro em preparação.

## 1 O que é Oceanografia Física?

A Oceanografia Física é a área da ciência que tem como objetivo a descrição, a compreensão, a quantificação e a previsão dos processos físicos que ocorrem nos oceanos, como ondas correntes e marés. Estes estudos estendem-se desde de os estuários e a costa até as regiões mais profundas dos oceanos.

Uma parte importante da oceanografia física inclui a interação dos oceanos (hidrosfera) com os seus contornos, a atmosfera e a litosfera (fundo do oceano e costas).

A fundamentação teórica e experimental para a oceanografia física é retirada da hidrodinâmica, derivada da mecânica de fluidos, e da termodinâmica. A primeira dá suporte para compreensão dos movimentos e a segunda, para entender a distribuição das propriedades físicas, como a temperatura. As duas, entretanto, são indissociáveis.

As escalas espaciais e temporais dos fenômenos que ocorrem nos oceanos varia significativamente, indo de centímetros/segundos a milhares de quilômetros/séculos. Normalmente, os processos com escalas iguais ou maiores que  $10^5$  m sofrem grande influência da rotação da Terra e, neste caso, passam a fazer parte da Dinâmica de Fluidos Geofísicos.

Há várias similaridades entre os oceanos e a atmosfera e, de fato, a ciência mais próxima da oceanografia física é a meteorologia.

A oceanografia também é uma das 4 áreas da oceanografia, que ainda inclui a oceanografia química, biológica e geológica.

## 2 Histórico

O conhecimento empírico de alguns processos físicos oceânicos remonta a milhares de anos. Características regionais dos ventos, das correntes e das marés foram utilizadas na antiguidade pelos navegantes em suas rotas comerciais e de exploração de novos territórios. Polinésios, fenícios, gregos, romanos e indianos estão entre os povos que navegaram em partes dos Oceanos Pacífico, Atlântico

e Índico ainda na antiguidade.

Outros momentos importantes foram a introdução da bússola pelos chineses (século XI) e a escola de Sagres, em Algarve, no fim da idade média.

O primeiro livro sobre oceanografia física descritiva foi publicado por Matthew F. Maury, oficial da Marinha Americana, em 1855 (*Physical Geography of the Sea*).

A primeira expedição científica oceanográfica global também ocorreu no século XIX, com a corveta britânica *HMS Challenger* (Figura 1), entre 1873 e 1876. Foram feitas medições de vento, correntes, temperatura e salinidade.

Dentre as expedições que se seguiram, pode ser destacada a do navio de pesquisa alemão *Meteor* (Figura 2), que entre 1925 e 1927 percorreu todo o oceano Atlântico Sul e Equatorial (Figura 3).

Paralelamente à Oceanografia Física Observacional, descritiva, houve o desenvolvimento da Oceanografia Física Teórica, quantitativa. Esta última deve muito aos trabalhos de Isaac Newton, no século XVII. Posteriormente, outros cientistas dedicaram-se a expandir as ideias de Newton sobre as marés, estabelecendo os primórdios da Mecânica dos Fluidos, como, por exemplo, os matemáticos e físicos suíços Daniel Bernoulli e Leonhard P. Euler.

Pierre Simon Laplace considerou pela primeira vez os efeitos da rotação da Terra sobre as marés oceânicas, no início do século XIX, introduzindo na equação do movimento da água do mar parcelas que hoje são conhecidas como componentes da Aceleração de Coriolis.

Destacam-se ainda o físico e matemático britânico William Thomson (Lorde Kelvin), que desenvolveu o método prático de análise harmônica de marés e identificou um tipo de onda de gravidade conhecido, atualmente, como Onda de Kelvin, o francês Jules Henri Poincaré (ondas de Poincaré), o norueguês Vilhelm F.K. Bjerknes (Teorema de Circulação) e os suecos Johan W. Sandström (método dinâmico) e Vagn W. Ekman (deriva do vento).

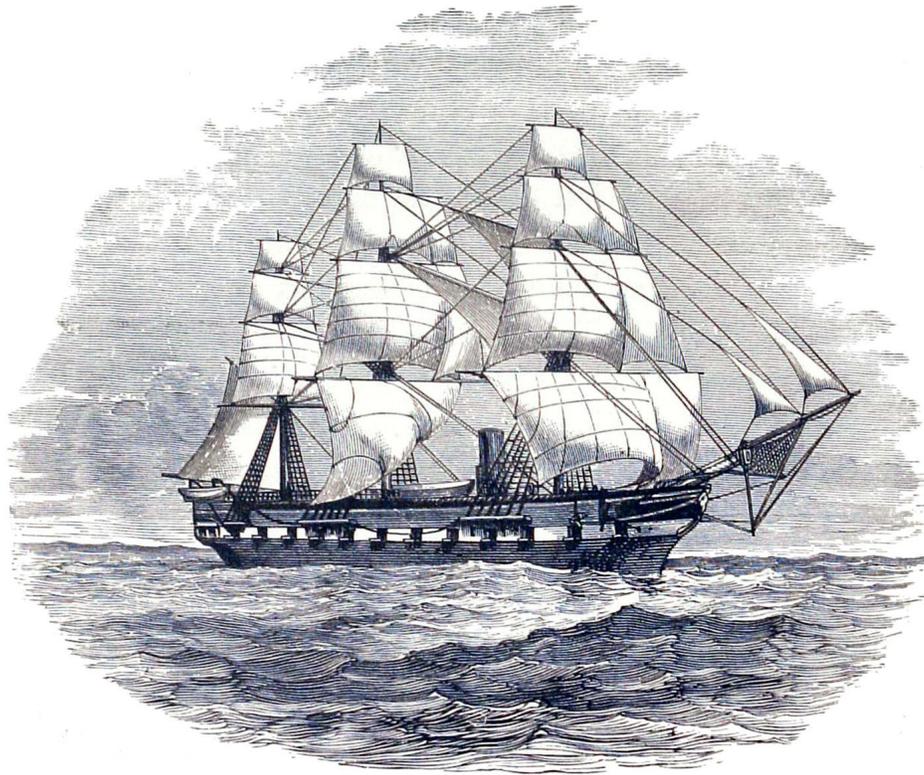


Figura 1: A corveta HMS Challenger, a bordo da qual foi conduzida a primeira expedição oceanográfica global.



Figura 2: O navio de pesquisas alemão *Meteor*, que entre 1925 e 1927 foi utilizado como plataforma para coleta de informações de oceanografia física no Atlântico Sul e Equatorial.

### 3 Principais feições dos oceanos

A Organização Hidrográfica Internacional em suas publicações suporta a existência de cinco oceanos, definindo os seus limites geográficos. São eles, em ordem decrescente de área superficial: Oceano Pacífico (46,6%), Oceano Atlântico (23,5%), Oceano Índico (19,5%), Oceano Antártico (6,1%) e Oceano Ártico (4,3%) (Figura 4). Nessa definição, os mares adjacentes fazem parte dos oceanos, tais como o Mar Mediterrâneo e o Mar Báltico no caso do Oceano Atlântico. É importante notar que, de fato, não existe um isolamento de qualquer um destes oceanos. As profundidades médias destes oceanos variam de 1.205 metros (Oceano Ártico) a 4.040 m (Oceano Pacífico), com uma profundidade global de cerca de 3,7 km. Os oceanos cobrem cerca de 70,9% da superfície da Terra.

A topografia de fundo pode ser separada em (Figura 5):

- Plataforma continental: parte mais rasa (até 200 m) e costeira, com suave inclinação ( $10^{-3}$ );



Figura 3: Plano de estações oceanográficas realizadas pela expedição alemã de investigação do Atlântico Sul e Equatorial, entre 1925 e 1927, a bordo do navio de pesquisas *Meteor*.

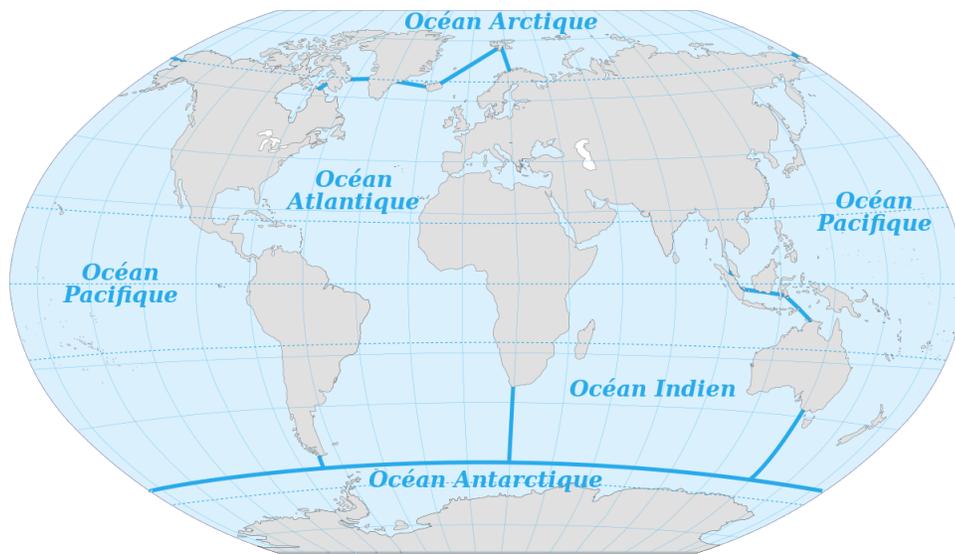


Figura 4: O Oceano Global, subdividido em bacias regionais, ou oceanos: Pacífico, Atlântico, Índico, Antártico e Ártico. Os limites dos oceanos são aproximados e a figura é apenas uma ilustração.

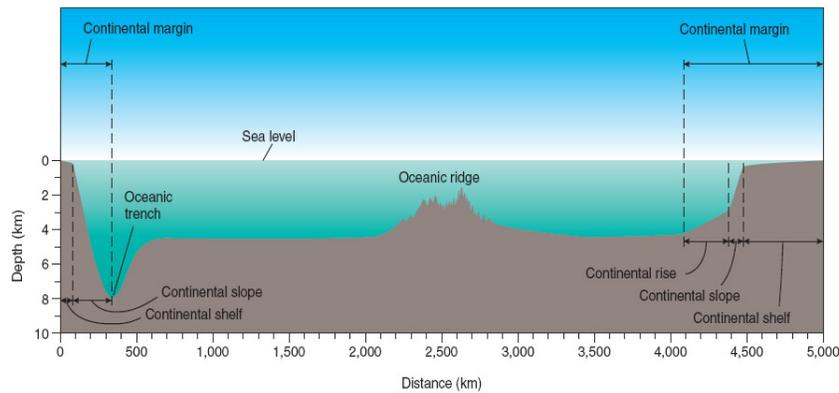


Figura 5: Esquema da topografia de fundo dos oceanos ao longo de uma seção latitudinal.

- Talude continental: maior inclinação do fundo ( $10^{-1}$ ) e vai até poucos milhares de metros;
- Elevação continental: faz a conexão do talude com o plano abissal;
- Plano abissal: região plana e profunda dos oceanos;
- Cordilheira meso-oceânica: normalmente separa bacias oceânicas.

## 4 Mapas e projeções

A projeção mais comum para os mapas utilizados atualmente é a projeção Mercator (Gerardus Mercator – geógrafo flamenco), introduzida em 1569. É a projeção de uma superfície esférica em um cilindro tangente ao equador (Figura 6).

Uma das vantagens da projeção Mercator para a navegação é que segmentos de reta, desenhados nos mapas entre dois pontos, fornecem o rumo, ou o ângulo com relação ao norte. Entretanto, a projeção Mercator distorce as distâncias na direção meridional, com aumento das feições do equador para os polos.

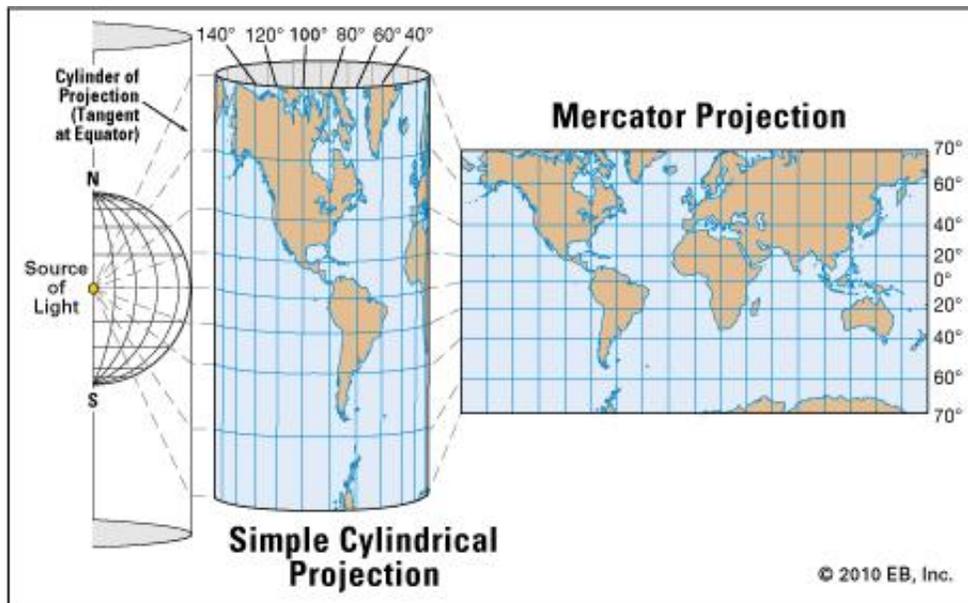


Figura 6: Esquema da Projeção Mercator.

As distâncias nos mapas podem ser medidas em termos de milhas náuticas, que é igual a distância compreendida em 1' na direção N-S, e vale 1.852 m.

## 5 Plataformas de amostragem

Instrumentos e/ou veículos onde são instalados os sensores de medidas.

- Navio (Figura 7): Embarcações de porte médio (40–100 m), equipadas com laboratórios e instrumentos fixos. Transportam, normalmente, entre 40 e 60 pessoas (pesquisadores e tripulantes). Devido ao alto custo operacional, os trabalhos são ininterruptos (24/7).
- Barco de pesquisa (Figura 8): Embarcações menores que os navios, com pessoal e autonomia reduzidas. Normalmente utilizada para trabalhos mais costeiros.



Foto: Michel Michaelovitch de Mahiques

Figura 7: Navio de Pesquisa Alpha-Crucis, da USP.

- Veículos autônomos (Figura 9): Plataformas não tripuladas operadas remotamente. O custo de operação é baixo e possibilita enfrentar situações mais críticas, como furacões. Também conhecidos como AUVs (*Autonomous Underwater Vehicle*).
- Sensoriamento remoto: É a técnica para medição de propriedades da água do mar a partir de sensores localizados fora do oceano. Tais sensores podem ser instalados em satélites orbitais, em aeronaves, em instalações costeiras ou até mesmo em navios.
- Fundeios (Figura 10): São estruturas autônomas, fixadas ao fundo do mar por âncoras, lançadas e recuperadas a partir de embarcações.
- Derivadores (Figura 11): São plataformas lançadas na água do mar e que se deslocam (derivam) transportadas pelas correntes marinhas.



Figura 8: Navio de Pesquisa Alpha-Delphini, da USP.



Figura 9: Veículo autônomo do tipo glider.

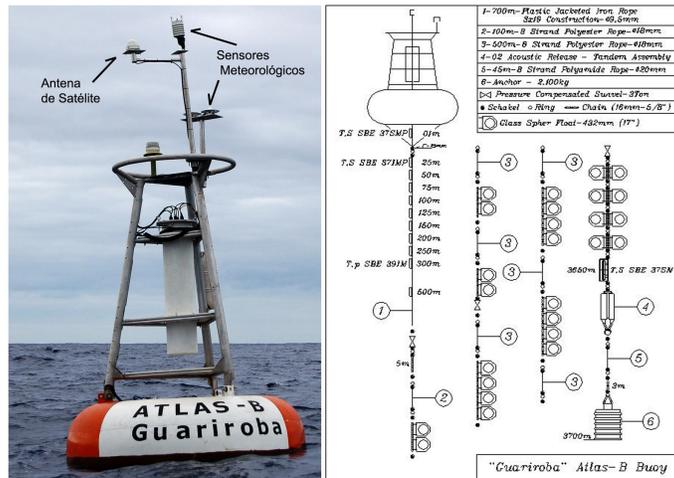


Figura 10: Esquema de fundeio oceanográfico.

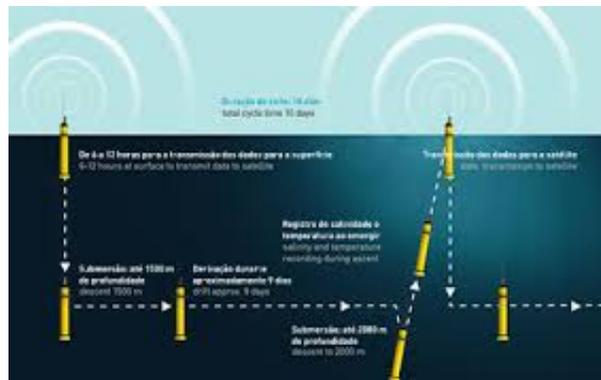


Figura 11: Esquema de funcionamento de um derivador ARGO.