

10

MARÉS E CORRENTES DE MARÉ; CORRENTES OCEÂNICAS

10.1 O FENÔMENO DA MARÉ E SUA IMPORTÂNCIA PARA A NAVEGAÇÃO

A superfície dos mares não permanece estacionária. Devido, principalmente, às atrações da Lua e do Sol, a massa líquida se movimenta no sentido vertical, dando origem às **marés** e, também, horizontalmente, provocando as **correntes de maré**. Ademais, o aquecimento desigual dos diferentes pontos da Terra pelo Sol e os grandes sistemas de vento resultantes dão origem às **correntes oceânicas**, que serão adiante estudadas, neste mesmo Capítulo.

Quando o navio se encontra em locais profundos, o conhecimento preciso da altura da água em relação ao fundo do mar não tem maior significado. Entretanto, em águas rasas, é este conhecimento que permitirá definir em que ocasiões e quais as áreas, portos ou canais onde um navio pode navegar com segurança.

As correntes de maré também deverão ser levadas em conta na navegação em águas restritas, quando não se pode permitir que o navio se afaste da derrota prevista. O conhecimento antecipado da direção e velocidade desta corrente facilitará o planejamento, não só da derrota, como também da atracação/desatracação e dos horários mais convenientes às manobras.

10.2 CONCEITOS BÁSICOS DE MARÉS

Maré é a oscilação vertical da superfície do mar ou outra grande massa d'água sobre a Terra, causada primariamente pelas diferenças na atração gravitacional da Lua e, em menor extensão, do Sol sobre os diversos pontos da Terra.

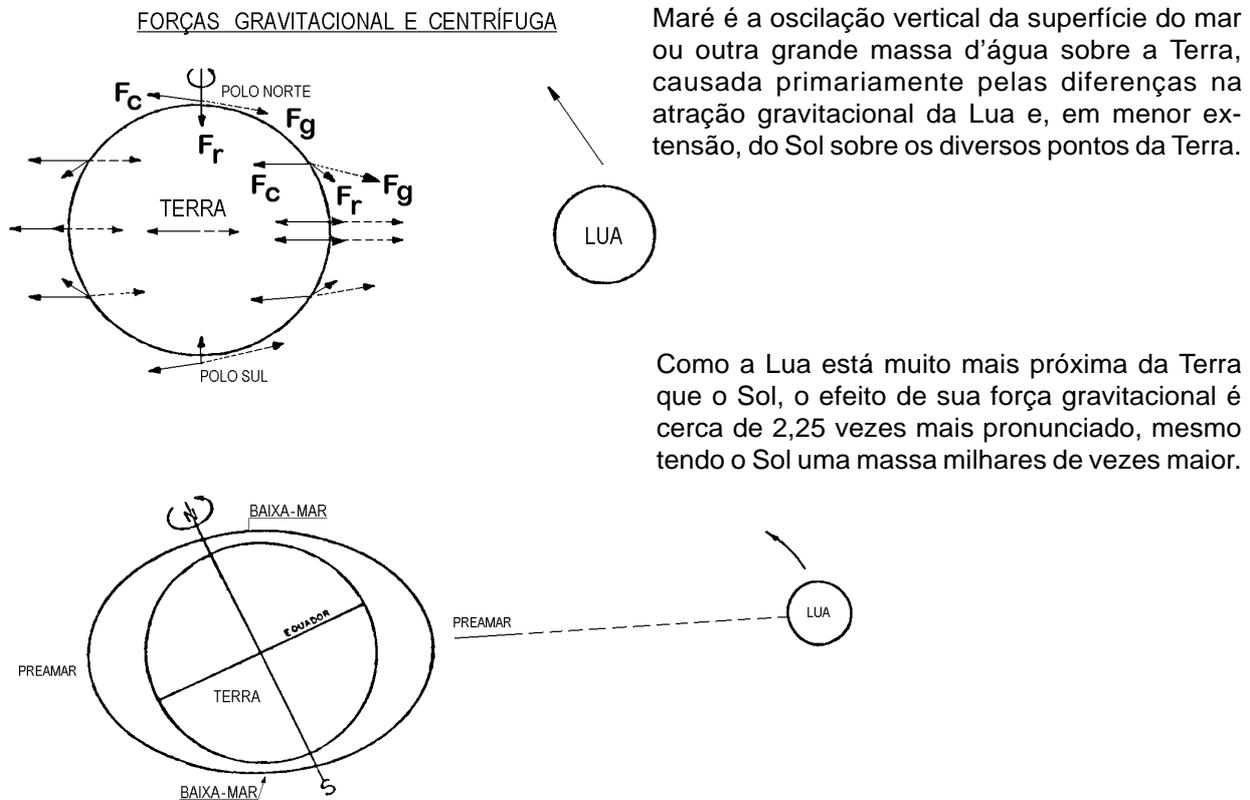
A oscilação da maré é consequência, basicamente, da Lei da Gravitação Universal de Newton, segundo a qual as matérias se atraem na razão direta de sua massas e na razão inversa do quadrado da distância que as separa. A **Lua**, devido à sua proximidade, é o

corpo celeste que mais influencia a maré, seguindo-se o **Sol**, por força de sua enorme massa. A influência dos demais planetas e estrelas é bem menos significativa.

Os movimentos relativos Sol–Terra–Lua fazem com que as **marés** sejam **movimentos harmônicos compostos** que podem, conseqüentemente, ser decompostos em vários **movimentos harmônicos simples**, expressos por equações matemáticas.

A Terra e, especialmente, seus oceanos, são afetados pela atração gravitacional do sistema Terra–Lua e pelas forças centrífugas resultantes de sua revolução em torno de um centro comum (**baricentro** ou centro de massa do sistema Terra–Lua), constituído por um ponto localizado no interior da Terra, aproximadamente 810 milhas (cerca de 1.500 km) abaixo de sua superfície. A força gravitacional (F_g) e a força centrífuga (F_c) estão em equilíbrio e, como resultado, a Terra e a Lua nem colidem, nem se afastam uma da outra no espaço (Figura 10.1).

Figura 10.1 - Forças geradoras da maré



Entretanto, embora o sistema Terra–Lua como um todo esteja em equilíbrio, partículas individuais na Terra não estão. A força centrífuga é a mesma em qualquer lugar, pois todos os pontos na superfície da Terra descrevem o mesmo movimento em torno do centro de massa comum. Estas forças são todas paralelas entre si e paralelas a uma linha unindo o centro da Terra ao centro da Lua. Por outro lado, a força gravitacional não é a mesma em todos os lugares; as partículas mais próximas da Lua sofrem uma força gravitacional maior que aquelas localizadas no lado mais afastado da Terra. Ademais, estas forças não são paralelas, tendo cada uma a direção da linha que une a partícula correspondente ao centro da Lua.

Assim, as **resultantes** dessas forças (F_r), mostradas com ênfase exagerada na Figura, levarão a água da superfície a fluir em direção aos pontos da superfície da Terra mais próximo e mais afastado da Lua (ponto sub-lunar e sua antípoda, respectivamente). Este fluxo causa níveis de água mais altos que o normal nesses pontos e níveis mais baixos que

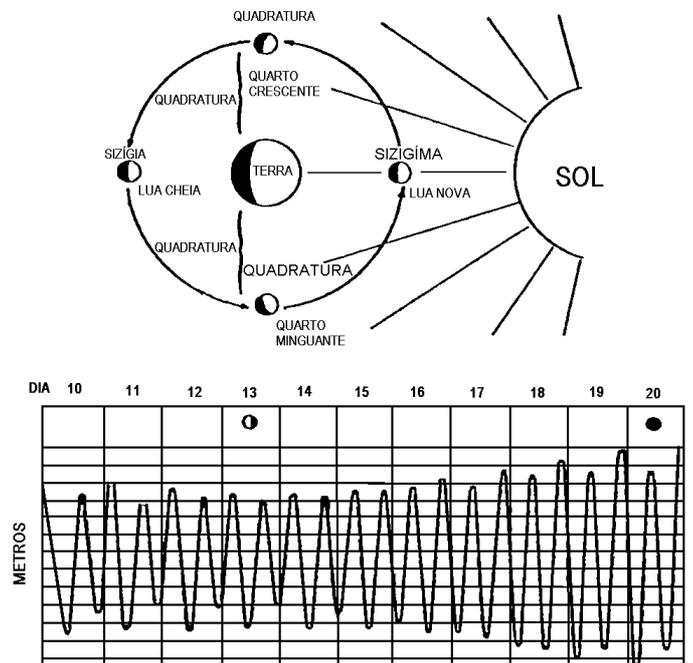
o normal nas áreas de onde o fluxo provém. Embora no ponto mais próximo e mais distante da lua haja indicação de uma força resultante (F_r) para fora, esta é muito fraca, não tendo intensidade suficiente para causar uma maré apreciável. A maré resulta, realmente, das forças quase horizontais que causam o fluxo acima descrito, na direção dos pontos da superfície da Terra mais próximo e mais afastado da Lua. Esta explicação, abreviada e simplificada, ajuda muito a entender o fenômeno das marés.

Como a Terra gira cada dia em torno de seu eixo, de Oeste para Leste, completando uma rotação a cada 24 horas, o ponto da superfície da Terra que fica na direção da Lua muda e, teoricamente, cada ponto na Terra apresentaria duas preamares (PM) e duas baixas-mares (BM) no período de 24 horas. Entretanto, como a Lua gira em torno da Terra no mesmo sentido em que a Terra gira em torno de seu eixo, o tempo que a Terra leva para efetuar um rotação completa com relação à Lua é de aproximadamente 24h 50m, período conhecido como um dia lunar. Ademais, como resultado da inclinação do eixo da Terra, as PREAMARES e as BAIXA-MARES sucessivas não são normalmente de níveis iguais.

10.3 MARÉS DE SIZÍGIA E MARÉS DE QUADRATURA

As marés de sizígia (ou de águas vivas) e as marés de quadratura (ou de águas mortas) podem ser visualizadas na Figura 10.2.

Figura 10.2 - Marés de Sizígia e Marés de Quadratura



As forças de atração da Lua e do Sol se somam duas vezes em cada lunação (intervalo de tempo entre duas conjunções ou oposições da Lua, cujo valor, em dias médios, é 29,530588 dias), por ocasião da Lua Nova e da Lua Cheia, produzindo marés de sizígia, com preamares (PM) muito altas e baixas-mares (BM) muito baixas.

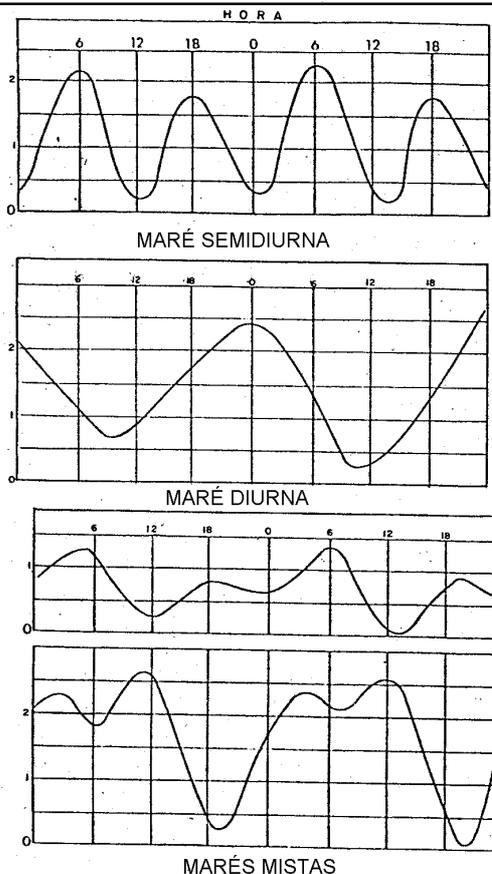
As forças de atração do Sol e da Lua se opõem duas vezes em cada lunação, por ocasião do quarto crescente e quarto minguante da Lua, produzindo marés de quadratura, com preamares mais baixas e baixas-mares mais altas.

10.4 TIPOS DE MARÉS

Devido ao fato de 1 dia lunar ter aproximadamente 24h 50m, em oposição ao dia solar de 24 horas, as marés não ocorrem todos os dias à mesma hora num mesmo local.

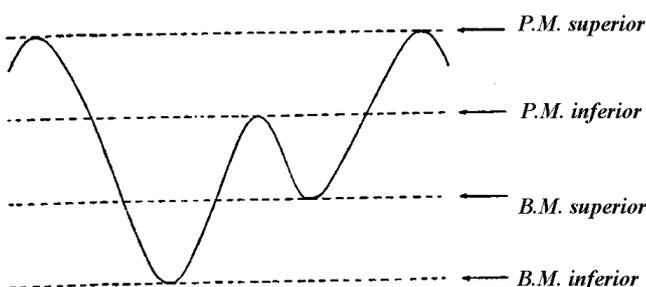
Conforme anteriormente citado, o padrão normal de marés é a ocorrência de 2 PM e 2 BM no período de 1 dia lunar (24h 50m). Este tipo de maré é chamado de **semidiurna**. A maré semidiurna, então, apresenta duas **PM** e duas **BM** no período de 1 dia lunar, sendo o intervalo de tempo entre uma **PM** e a **BM** consecutiva de pouco mais de 6 horas. Normalmente, há apenas variações relativamente pequenas nas alturas de duas **PM** ou de duas **BM** sucessivas. No Brasil, as **marés semidiurnas** são observadas de VITÓRIA, E.S., para o Norte.

Figura 10.3 - Tipos de Marés



PM ou duas **BM** consecutivas. Há, normalmente, 2 PM e 2 BM a cada dia, mas ocasionalmente a maré pode tornar-se diurna.

Figura 10.3 (a) - Maré de Desigualdades Diurnas



O padrão semidiurno, entretanto, vai variar em diversos locais da Terra, em virtude dos efeitos de massas terrestres, latitude do lugar, águas restritas, fricção (atrito), viscosidade do meio líquido e do efeito de Coriolis (uma força aparente que atua sobre qualquer corpo em movimento na superfície terrestre, causada pela rotação da Terra), produzindo **marés diurnas** e **marés mistas**.

As **marés diurnas** constituem um padrão no qual ocorrem apenas uma **PM** e uma **BM** a cada dia lunar. Geralmente os níveis de duas **PM** ou **BM** sucessivas não variam muito. Áreas de ocorrência: costa norte do Golfo do México, Mar de Java, Golfo de Tonkin.

As **marés mistas** constituem um tipo de maré no qual as oscilações diurnas e semidiurnas são ambas fatores importantes, sendo a maré caracterizada por grandes diferenças de altura entre duas

Ademais, em outros locais a maré apresenta sempre duas PM e duas BM diariamente, mas com desigualdades análogas às da Figura 10.3 (a). Este tipo de maré é classificado como **maré semidiurna com desigualdades diurnas**, ou **maré de desigualdades diurnas**, ocorrendo na **Costa Sul** do Brasil.

Os tipos de marés podem ser visualizados nas Figuras 10.3 e 10.3 (a)

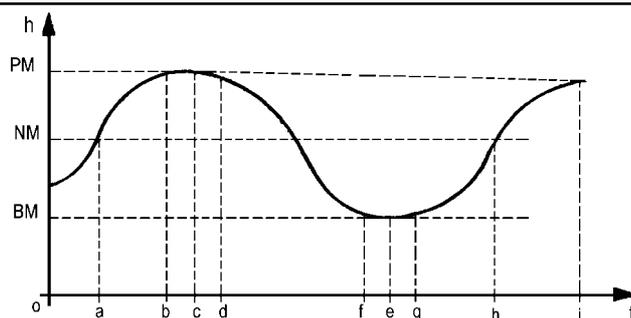
10.5 ELEMENTOS DAS MARÉS

Se, em um dado local, for observada a oscilação rítmica do nível das águas, durante um certo tempo, verifica-se que:

- O nível sobe durante algum tempo, período denominado de “enchente”;
- Atinge um nível máximo denominado “preamar”;
- Fica um certo tempo estacionado, período denominado de “estofo de enchente”;
- Baixa durante um certo tempo, período da “vazante”;
- Alcança o nível mínimo, chamado “baixa-mar”;
- Fica estacionado algum tempo, novamente chamado de estofo, só que agora denominado “estofo de vazante”; e
- Recomeça a subir, iniciando a repetição do movimento de “enchente”.

Este movimento rítmico é uma função periódica do tempo e pode ser representado segundo dois eixos ortogonais, onde o eixo vertical indicará a altura da maré (h) e o eixo horizontal o instante em que ocorre aquela altura (t), como mostrado na Figura 10.4.

Figura 10.4 -Elementos das Marés



Observando a Figura e a descrição do movimento rítmico acima apresentada, pode-se definir:

PREAMAR (PM): Maior altura que alcançam as águas em uma oscilação; igual a h_{PM} e acontece nos instantes t_c e t_i .

BAIXA-MAR (BM): Menor altura que alcançam as águas em uma oscilação; igual a h_{BM} e ocorre no instante t_e .

AMPLITUDE DA MARÉ: Distância vertical entre uma PM e uma BM consecutivas, igual a $h_{PM} - h_{BM}$.

NÍVEL MÉDIO (NM): Valor médio em torno do qual a maré oscila. Para uma determinada oscilação é $h_{NM} = (h_{PM} + h_{BM})/2$; para um período longo, equivale ao nível em que permaneceria o mar se não existissem as marés.

ENCHENTE: Intervalo de tempo durante o qual o nível do mar se eleva; duração da enchente = $t_i - t_e$.

VAZANTE: Intervalo de tempo durante o qual o nível do mar baixa; duração da vazante = $t_e - t_c$.

ESTOFO DA MARÉ: Período durante o qual o nível do mar fica praticamente estacionado; pode ser estofado de enchente ($t_d - t_c$) ou de vazante ($t_g - t_p$).

NÍVEL DE REDUÇÃO (NR): Nível a que são referidas as alturas das águas e as sondagens representadas nas Cartas Náuticas; é o zero do eixo vertical da Figura 10.4. Como o NR (nível de redução) adotado pela DHN é normalmente o nível médio das baixa-mares de sizígia (MLWS), geralmente se encontram maiores profundidades que as sondagens lançadas na carta; entretanto, por ocasião das BM de sizígia, podem ser encontradas profundidades menores que as constantes da carta.

CICLO DA MARÉ: Período de tempo entre uma PM e a BM que se lhe segue.

ALTURA DA MARÉ: Distância vertical entre o nível do mar em um determinado instante e o nível de redução (plano de referência que constitui a origem de contagem das profundidades e das alturas da maré).

10.6 OUTROS CONCEITOS RELACIONADOS COM MARÉS

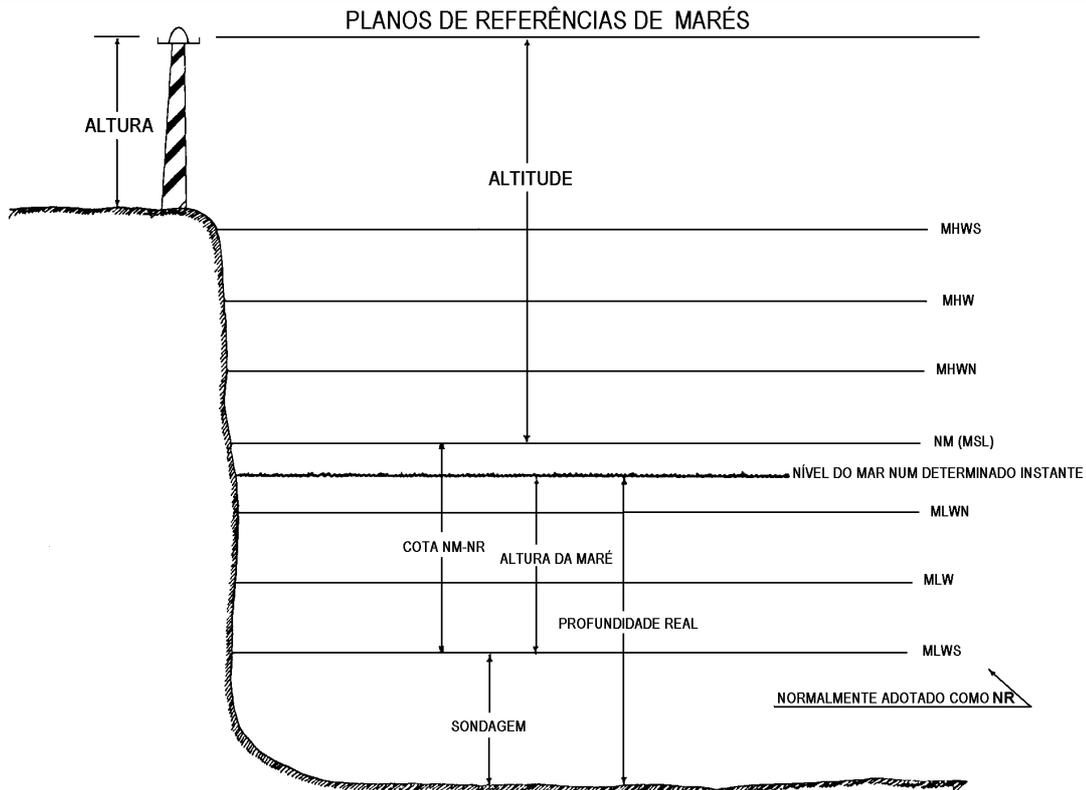
IDADE DA LUA: Intervalo de tempo decorrido entre a última Lua Nova e a lua na data considerada; é, normalmente, expressa em dias, indo de zero a 29 (duração de uma **lunação**) e, quando necessário, aproximada a décimos. Assim, **marés de águas vivas** (sizíguas) ocorrem quando a **Idade da Lua** for zero (**Lua Nova**), 14 (**Lua Cheia**) e 28 ou 29 (**Lua Nova**). Da mesma forma, **marés de águas mortas** (quadraturas) ocorrem quando a **Idade da Lua** for 7 e 21, com a Lua em **quarto crescente** (idade: 7) ou em **quarto minguante** (idade: 21).

Estabelecimento Vulgar do Porto ou Estabelecimento do Porto (HWF&C: "HIGH WATER FULL AND CHANGE") – média dos intervalos de tempo decorridos entre a passagem da Lua Cheia (ou Nova) pelo meridiano superior do lugar e a ocorrência da preamar em dias de sizígio. De fato, a rotação diária da Terra em torno de seu eixo tem um efeito de fricção (atrito) sobre as marés. Este efeito, aliado à inércia da massa líquida, faz com que as preamares normalmente ocorram um determinado período de tempo após a passagem da Lua pelo meridiano superior do local. O **Estabelecimento Vulgar do Porto** (H.W.F & C) é uma característica do local a que se refere, sendo função de uma série de fatores, tais como topografia, latitude e presença de correntes fluviais ou marítimas interferindo com a maré.

10.7 PLANOS DE REFERÊNCIAS DE MARÉS

Nível de Redução (NR): nível a que são referidas as alturas das marés e as sondagens (profundidades representadas nas cartas náuticas). O Nível de Redução normalmente corresponde ao nível médio das baixa-mares de sizígia (MLWS) nas cartas náuticas brasileiras. É um nível abaixo do qual o mar não desce senão raramente.

Nível Médio do Mar (NM): altura média da superfície do mar em todos os estágios de oscilação da maré, observados em um longo período de tempo (maior que 18.6 anos) e considerado como equivalente ao nível que existiria na ausência das forças geradoras das marés. O Nível Médio é normalmente adotado como plano de referência para a medida das altitudes.

Figura 10.5 - Planos de Referências de Marés

Nível Médio das Marés (MTL ou “MEAN TIDE LEVEL”): valor médio de um certo número de PM e BM. Normalmente, não tem qualquer significado para a navegação.

MHWS (“MEAN HIGH WATER SPRINGS”): média das PM de sizígia ou altura da PM média de sizígia. Altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das PM de sizígia.

MHWN (“MEAN HIGH WATER NEAPS”) – média das PM de quadratura ou altura da PM média de quadratura. Altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das PM de quadratura.

MHW (“MEAN HIGH WATER”) – Média das PM ou altura da PM média, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas de todas as PM.

Altura da maré – Cota vertical NR – nível do mar, em um determinado instante.

MLWN (“MEAN LOW WATER NEAPS”) – média das BM de quadratura ou altura da BM média de quadratura, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das BM de quadratura.

MLW (“MEAN LOW WATER”) – média das baixa-mares ou altura da BM média, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas de todas as BM.

MLWS (“MEAN LOW WATER SPRINGS”) – média das BM de sizígia ou altura da BM média de sizígia, isto é, altura média, deduzida de uma longa série de observações, das alturas das BM de sizígia. É o nível adotado pela DHN como Nível de Redução (NR) nas Cartas Náuticas brasileiras.

Sondagem ou profundidade cartografada – distância vertical do NR ao fundo do mar, em um determinado local.

Profundidade real em um determinado instante (ou profundidade do local no instante considerado): soma da sondagem com a altura da maré no instante considerado.

Altitude – Distância vertical entre o ponto considerado e o Nível Médio do mar.

Altura de um objeto: distância vertical entre o seu tope e a sua base (ou o terreno que a circunda).

Normalmente, a altura de qualquer PM estará entre a **MHWS** e a **MHWN**, sendo aproximadamente igual à **MHWS** quando a Idade da Lua for **zero** ou **14** e igual à **MHWN** quando a Idade da Lua for **7** ou **21**.

Como o **NR** adotado pela DHN para as Cartas Náuticas brasileiras é normalmente o **MLWS**, em geral se encontram maiores profundidades que as representadas na carta. Entretanto, eventualmente, por ocasião das BM de sizígia, poder-se-ão encontrar profundidades menores que as constantes da carta.

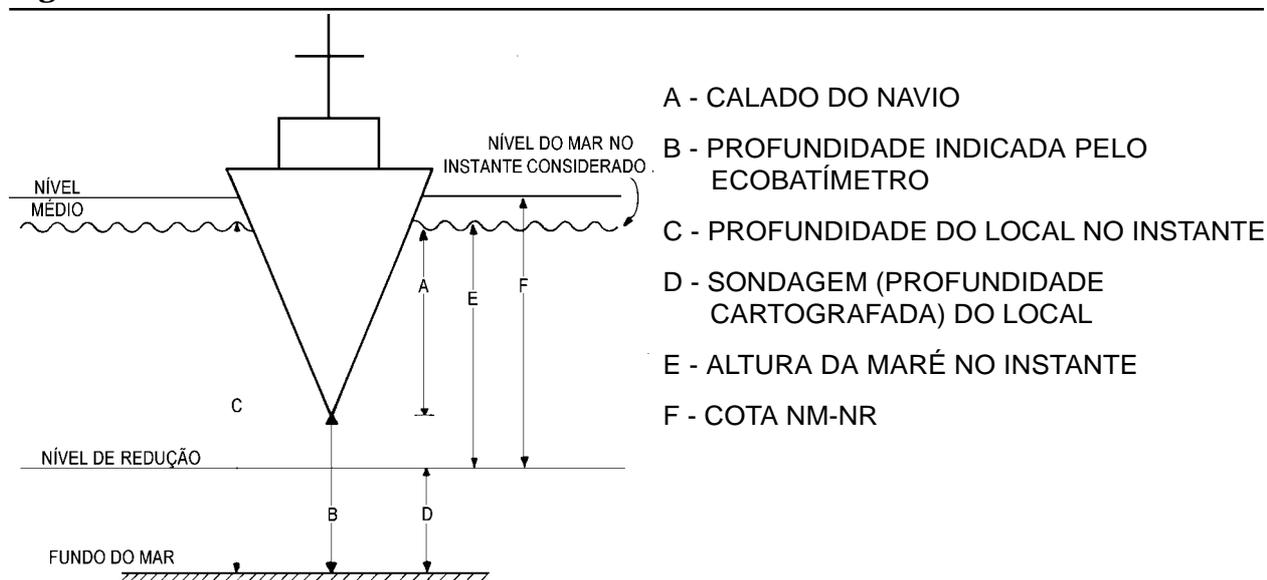
10.8 PREVISÃO DAS MARÉS

Conforme já comentado, para o navegante o conhecimento da maré e das correntes de maré é importante porque lhe permitirá decidir sobre:

- possibilidade de passar em locais de pouco fundo;
- datas, horários e velocidades convenientes para navegar nestes locais;
- rumos na superfície para obter os rumos no fundo desejados;
- escolha do bordo de atracação, tipo de amarração e folgas adequadas das espias; e
- necessidade de parar motores e máquinas refrigeradas à água salgada, em determinados períodos, para evitar que as tomadas d'água, por ficarem no fundo do casco, aspirem lama ou areia.

Para decidir quanto aos aspectos da possibilidade de passar em certo local, datas e horários mais convenientes, é preciso que se observe que (Figura 10.6):

Figura 10.6 -



Em qualquer instante, a profundidade (C) é igual a sondagem (D) mais a altura da maré (E):

$$C = D + E$$

Nos ecobatímetros, é normalmente medida a distância vertical (B) entre a quilha do navio e o fundo do mar que, somada ao calado (A) dará a profundidade (C):

$$C = B + A$$

Para decidir quanto à velocidade, é preciso ter em mente que, na maioria dos navios e dentro dos seus atuais limites de velocidade, quando a velocidade aumenta a sua popa afunda e, conseqüentemente, para não tocar no fundo haverá necessidade de maior profundidade (maior lazeira de água abaixo da quilha).

Não se pode, também, esquecer que o navio caturra e que a sua arfagem pode exigir aumentos na profundidade mínima que o navio necessitaria para passar, sem bater no fundo, em determinado local. Especial atenção deve ser dada a este fator de segurança quando se tratar de navios de boca estreita e compridos, que “enterram” bastante suas proas se sujeitos a ondas, principalmente com mar de través para vante.

A escolha de rumos na superfície, bem como o bordo de atracação e tipo de amarração, está ligada às correntes de maré.

A folga das espias é função principalmente da amplitude da maré, mas alguns outros aspectos estão também envolvidos, como: intensidade da corrente; direção e força dos ventos; situação de carga (navio leve ou carregado), onde se incluem os recebimentos ou transferências de água e óleo; existência e utilização de amarreta e tipo do cais (se flutuante ou fixo).

Os elementos necessários à tomada destas decisões são conseguidos em várias fontes. As principais são:

- a. Tábuas das Marés;
- b. Quadros de Informações sobre a Maré representados nas Cartas Náuticas;
- c. Cartas de correntes de maré;
- d. Informações sobre correntes de maré constantes de determinadas Cartas Náuticas;
- e. Roteiro; e
- f. Almanaque Náutico.

A seguir serão mostradas as maneiras de obter, a partir de tais fontes, os elementos de marés e correntes de maré necessários ao navegante.

10.9 UTILIZAÇÃO DAS TÁBUAS DAS MARÉS

10.9.1 CONTEÚDO DAS TÁBUAS

As “Tábuas das Marés” constituem uma publicação editada anualmente pela DHN, contendo (Edição de 1993) a previsão para os **47 principais portos, terminais, barras, ilhas oceânicas e fundeadouros brasileiros**, relacionados do **Norte para o Sul**, e **oito portos estrangeiros da América Latina**.

Na **primeira linha**: O nome do porto, terminal, barra, ilha oceânica ou fundeadouro, o respectivo **Estado da Federação** e o **ano** a que se referem as previsões.

Na **segunda linha**: As **coordenadas geográficas** do local da **estação maregráfica** e o **fuso horário adotado**.

Na **terceira linha**: A sigla da instituição responsável pelas observações, o número de componentes utilizados na previsão, a cota do Nível Médio sobre o Nível de Redução e o número da Carta Náutica do porto, terminal, barra ou fundeadouro.

A seguir encontram-se 4 colunas, cada uma referente a um mês, e, no seu interior, os elementos da maré dia-a-dia.

Para **cada dia** são informadas as **horas** e as **alturas** das **preamares (PM)** e **baixamares (BM)** previstas.

As horas, do **fuso horário P(+3 horas)**, são representadas com **4** algarismos, sendo que os dois primeiros indicam as **horas** e os dois seguintes os **minutos**.

As **alturas** das **PM** e **BM** são dadas em **2** algarismos, representando **metros e décimetros**. As alturas indicadas são cotas verticais acima do **Nível de Redução**. Eventualmente, quando o número for **negativo**, a maré estará abaixo do **Nível de Redução**.

10.9.2 EXEMPLO DE PREVISÃO DE MARÉS

a. Obter a previsão de maré para **Salinópolis**, no dia 08/março/1993.

Resposta (ver Figura 10.7):

08/mar/93	BM	0143	0.1m
2ª feira	PM	0732	5.6m
(Lua Cheia)	BM	1358	0.0m
	PM	1949	5.6m

b. Obter a previsão de maré para **Salinópolis** no dia 15/março/93.

Resposta:

15/mar/93	PM	0004	4.0m
2ª feira	BM	0623	1.6m
(quarto minguante)	PM	1230	4.1m
	BM	1902	1.5m

A análise dos dois exemplos acima permite:

- identificar a maré de Salinópolis como **semidiurna**, caracterizada por uma curva aproximadamente senoidal, com duas **PREAMARES (PM)** e duas **BAIXA-MARES (BM)** por dia (cada evento de maré separado por cerca de 6 horas um do outro) e apresentando variações pequenas nas alturas das duas PM e das duas BM sucessivas.
- verificar a diferença entre **MARÉ DE SIZÍGIA** e **MARÉ DE QUADRATURA**. De fato, no dia 08/mar/93 (LUA CHEIA) observa-se uma **MARÉ DE SIZÍGIA**, com **PREAMARES (PM)** bastante altas e **BAIXA-MARES (BM)** muito baixas. A **AMPLITUDE DA MARÉ** no primeiro ciclo é de 5,5 metros e, no segundo, 5,6 metros. Por outro lado, no dia 15/mar/93 (QUARTO MINGUANTE) tem-se **MARÉ DE QUADRATURA**, com PM mais baixas e BM mais altas. Nessa data, a **AMPLITUDE DA MARÉ** é bem menor, sendo, no primeiro ciclo, de 2,4 metros e, no segundo, de 2,6 metros.

10.9.3 DETERMINAÇÃO DA ALTURA DA MARÉ EM UM INSTANTE QUALQUER

O cálculo da altura da maré, para qualquer dos portos listados, em horário diferente do previsto para a preamar ou baixa-mar, irá exigir a utilização das **Tabelas I e II** “altura da maré em um instante qualquer”, reproduzidas na Figura 10.8.

A **Tabela I** tem como elementos de entrada a duração da maré (enchente ou vazante) e o intervalo de tempo entre o instante considerado e a preamar ou baixa-mar mais próxima. A sua saída, denominada **centésimo**, é um dos elementos de entrada para a **Tabela II**, onde o segundo elemento de entrada será a **amplitude** da maré em questão. A saída da **Tabela II** é a **correção** a ser aplicada à altura da baixa-mar ou preamar considerada, que permitirá conhecer a altura da maré no instante desejado.

Embora as **Tábuas das Marés** sejam anuais, as **Tabelas I e II** são permanentes e podem ser utilizadas em qualquer dia de qualquer ano.

As **Tabelas I e II** foram confeccionadas para permitir a interpolação em curvas da maré que sejam **sinusoidais**. Assim, sua utilização exige cuidados:

- Nos portos onde a curva da maré não é sinusoidal obtém-se resultado apenas aproximado. Os navegantes, portanto, deverão tomar certa precaução, dando margem de segurança igual a 10% da amplitude.
- Na costa do Brasil, as Tabelas dó devem ser usadas nos portos de Vitória (ES) para o Norte, onde a maré é predominantemente semidiurna.

EXEMPLOS:

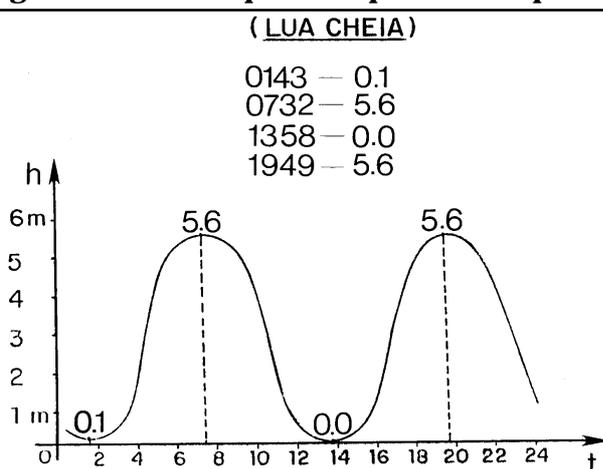
a. Qual altura da maré prevista no fundeadouro de Salinópolis, no dia 08/3/93, às 1000P?

SOLUÇÃO:

Maré prevista em Salinópolis, dia 08/3/93 (Figura 10.7):

BM	0143	0.1m
PM	0732	5.6m
BM	1358	0.0m
PM	1949	5.6m

Figura 10-9 - Maré prevista para Salinópolis



A curva da maré em Salinópolis no dia 08/3/93 pode ser visualizada na Figura 10.9, onde se comprova que a curva é **sinusoidal**.

Às 10:00 horas, a **maré** em **Salinópolis** estará **vazando**.

Figura 10-8 - Altura da maré em um instante qualquer (Tabelas de Correção)

Tabela I - Fração da amplitude expressa em centésimos, correspondente ao intervalo de tempo entre o instante considerado e a preamar ou baixa-mar mais próxima.													Tabela II - Correção à altura da preamar ou baixa-mar mais próxima, em função da fração de amplitude calculada com auxílio da Tabela I.														
Intervalo de tempo	Duração da enchente ou da vazante												Amplitude														
	h min 4 00	h min 4 20	h min 4 40	h min 5 00	h min 5 20	h min 5 40	h min 6 00	h min 6 20	h min 6 40	h min 7 00	h min 7 20	h min 7 40	h min 8 00	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m		
h. m. 000	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	c. 0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
20	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
30	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
40	7	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	8	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
50	10	9	8	7	6	5	4	4	4	3	3	3	3	10	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
1 00	15	12	11	9	8	7	7	6	5	5	4	4	4	12	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
10	20	17	15	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5	14	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
20	25	22	19	17	15	13	13	10	10	9	8	7	7	16	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
30	31	27	23	21	18	16	15	13	12	11	10	9	8	18	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
40	37	32	29	25	22	20	18	16	15	13	12	11	10	20	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
50	44	38	34	30	27	24	21	19	18	16	15	14	12	22	0,2	0,4	0,6	0,7	0,9	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
2 00	50	44	39	35	31	28	25	23	21	19	17	16	15	24	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
10	50	50	44	40	35	32	29	26	24	22	20	18	17	26	0,2	0,5	0,7	0,9	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
20	50	50	44	40	35	32	30	27	24	22	20	18	17	28	0,3	0,5	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
30	50	50	44	40	35	32	33	30	27	25	23	21	20	30	0,3	0,6	0,9	1,1	1,3	1,3	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	
40	50	50	44	40	35	32	37	34	31	28	26	24	22	32	0,3	0,6	0,9	1,1	1,4	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	
50	50	50	44	40	35	32	41	38	35	32	29	27	25	34	0,3	0,6	0,9	1,1	1,4	1,4	1,4	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	
3 00	50	50	44	40	35	32	46	41	38	35	33	30	28	36	0,3	0,6	0,9	1,1	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
10	50	50	44	40	35	32	50	46	42	39	36	33	31	38	0,3	0,6	0,9	1,1	1,5	1,5	1,5	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	
20	50	50	44	40	35	32	50	46	42	43	40	37	34	40	0,3	0,6	0,9	1,1	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
30	50	50	44	40	35	32	50	46	42	50	46	43	40	42	0,3	0,6	0,9	1,1	1,5	1,5	1,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
40	50	50	44	40	35	32	50	46	42	50	46	43	40	44	0,3	0,6	0,9	1,1	1,5	1,5	1,5	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	
50	50	50	44	40	35	32	50	46	42	50	46	43	40	46	0,3	0,6	0,9	1,1	1,5	1,5	1,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
4 00	50	50	44	40	35	32	50	46	42	50	46	43	40	48	0,3	0,6	0,9	1,1	1,5	1,5	1,5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	
														50	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

Para entrar na **Tabela I**:

Duração da vazante: 06^h 26^m @ 06^h 20^m

Intervalo de tempo (entre a PM de 0732 e 1000): 02^h 28^m @ 02^h 30^m

Dado de saída da Tabela I: 34 (fração da amplitude)

Para entrar na **tabela II**:

Amplitude da maré no ciclo considerado: 5.6m@ 6m

Fração da amplitude (dada pela Tabela I): 34

Dado de saída da Tabela II: 2,0m (correção da altura)

Altura da maré em Salinópolis, dia 08/3/93, às 10:00 horas: 5,6 – 2,0 = 3,6 metros.

- b. Determinar qual a **maior** e a **menor** profundidade prevista, no fundeadouro de Salinópolis, no dia 08/3/93, em um ponto onde a **profundidade cartografada** (sondagem) é 8,5 metros.

Com a **maré prevista** para Salinópolis, no dia 08/3/93 (mostrada no problema anterior), pode-se afirmar que a **maior profundidade** ocorrerá nas preamares de 0732 e 1949 e que a **menor profundidade** ocorrerá na **BAIXA-MAR** de 1358.

Lembrando que as **profundidades lançadas nas Cartas Náuticas** (sondagens) representam a distância vertical entre o **Nível de Redução** e o fundo do mar no local e que as **alturas das marés** representam cotas verticais cuja origem é, também, o **nível de redução**, pode-se afirmar:

- Maior profundidade (0732 e 1949): 8,5 + 5,6 = 14,1 metros.
- Menor profundidade (1358): 8,5 + 0,0 = 8,5 metros (o nível do mar neste instante coincide com o Nível de Redução).

10.9.4 PREVISÃO DA MARÉ PARA PORTOS SECUNDÁRIOS

A publicação DG6 “Tábuas das Marés” apresenta, ainda, uma Tabela reproduzida na Figura 10.10, que permite obter a **previsão das marés** em dois **portos secundários**, Camocim (Ceará) e Barra do Rio São Francisco (Alagoas), em função da maré prevista para o porto de referência (Recife).

Figura 10.10 - Portos Secundários

Porto de Referência: Recife								
Portos Secundários	Latitude	Longitude	N.M. (m)	Carta n°	Correções			
					Preamar		Baixa-Mar	
					Instante h min	Altura m	Instante h min	Altura m
Camocim (Ceará)	02° 53' S	040° 50' W	1,82	601	+02 12	+ 0,8	+02 17	+0,2
Barra rio São Francisco (Alagoas)	10° 30',8 S	036° 24,2 W	0,80	1 000	-00 43	-0,3	-00 50	0,0

A tabela fornece as correções aditivas ou subtrativas que devem ser aplicadas às horas e às alturas da preamar e da baixa-mar no porto de referência (Recife), para obtenção dos elementos análogos dos portos secundários de Camocim e Barra do Rio São Francisco..

EXEMPLOS:

a. Obter a **previsão das marés** para o porto de Camocim (CE), no dia 06/04/93, sabendo-se que, para esta data, é a seguinte a **maré prevista** para Recife (**porto de referência**):

06/04/93	0315	2.4m	PM
3ª feira	0924	-0.1m	BM
Lua Cheia	1541	2.5m	PM
	2153	-0.1m	BM

SOLUÇÃO:

A Tabela da Figura 10.10 fornece as seguintes correções para o porto de Camocim:

Correção	PM (instante):	+ 02 ^h 12 ^m
Correção	PM (altura):	+ 0,8m
Correção	BM (instante):	+ 02 ^h 17 ^m
Correção	BM (altura):	+ 0,2m

Combinando estas correções com a **maré prevista** para o **porto de referência** (Recife) obtém-se a **previsão de maré** para o **porto secundário** (Camocim):

Recife – 1ª PM:	0315	2,4m	
Correções PM:	<u>+ 0212</u>	<u>+ 0,8m</u>	
Camocim – 1ª PM:	0527	3,2m	
Recife – 1ª BM:	0924	- 0,1m	
Correções BM:	<u>+ 0217</u>	<u>+ 0,2m</u>	
Camocim – 1ª BM:	1141	0,1m	
Recife – 2ª PM:	1541	2,5m	
Correções PM:	<u>+ 0212</u>	<u>+ 0,8m</u>	
Camocim – 2ª PM:	1753	3,3m	
Recife – 2ª BM:	2153	- 0,1m	
Correções BM:	+ 0217	+ 0,2m	
Camocim – 1ª BM:	0010	0,1m	(07/04/93)

Desta forma, a **previsão de marés** para Camocim no dia 06/04/93 é:

0527	3,2m	PM	
1141	0,1m	BM	
1753	3,3m	PM	
0010	0,1m	BM	(07/04/93)

b. Obter a **previsão de maré** para a Barra do Rio São Francisco, no dia 13/12/93, sabendo-se que, para esta data, é a seguinte a **maré prevista** para Recife (**porto de referência**):

13/12/93	0332	2,1m	PM
2ª feira	0938	0,1m	BM
Lua Nova	1545	2,2m	PM
	2204	0,0m	BM

SOLUÇÃO:

A Tabela da Figura 10.10 fornece as seguintes correções para a Barra do Rio São Francisco:

Correção	PM (instante):	- 00 ^h 43 ^m
Correção	PM (altura):	- 0,3m
Correção	BM (instante):	- 00 ^h 50 ^m
Correção	BM (altura):	0,0m

Combinando estas correções com a **maré prevista** para Recife (**porto de referência**) obtém-se a **previsão de maré** para a Barra do Rio São Francisco (porto secundário):

Recife - 1ª PM:	0332	2,1m
Correções PM:	<u>- 0043</u>	<u>- 0,3m</u>
Barra S. Fco. 1ª PM:	0249	1,8m

Recife - 1ª BM:	0938	0,1m
Correções BM:	<u>- 0050</u>	<u>0,0m</u>
Barra S. Fco. 1ª BM:	0848	0,1m

Recife - 2ª PM:	1545	2,2m
Correções PM:	<u>- 0043</u>	<u>- 0,3m</u>
Barra S. Fco. 2ª PM:	1502	1,9m

Recife - 2ª BM:	2204	0,0m
Correções BM:	<u>- 0050</u>	<u>0,0m</u>
Barra S. Fco. 1ª BM:	2114	0,0m

Desta forma, a **previsão da maré** para a Barra do Rio São Francisco, no dia 13/12/93 é:

0249	1,8m	PM
0848	0,1m	BM
1502	1,9m	PM
2114	0,0m	BM

Os problemas de **determinação da altura da maré num instante qualquer** e de **previsão da maré em portos secundários** podem ser resolvidos com facilidade pela utilização do modelo mostrado na Figura 10.11.

Figura 10.11 -

ALTURA DA MARÉ NUM INSTANTE DADO

Local _____ Hora _____ Data _____

Duração da enchente ou vazante: _____

Intervalo de tempo desde a maré mais próxima: _____

Tabela I (centésimos de amplitude) _____

Amplitude da maré: _____

Tabela II (correção da altura) _____

Altura da maré mais próxima: _____

Altura da maré às _____ : _____

PREVISÃO DE MARÉS EM PORTOS SECUNDÁRIOS

Porto secundário: _____ Data _____

Porto de referência: _____

Correção PM (Instante): _____

Correção PM (Altura): _____

Correção BM (Instante): _____

Correção BM (Altura): _____

PORTO DE REFERÊNCIA			PORTO SECUNDÁRIO		
	HORA	ALTURA		HORA	ALTURA
PM				PM	
BM				BM	
PM				PM	
BM				BM	
PM				PM	
BM				BM	

10.9.5 MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO OU MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO

A publicação DG6 “Tábuas das Marés” também aborda o MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO (ou MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO), a ser usado para os locais onde não se tenham informações tabuladas de horários e alturas de PM e BM. O MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO deve ser utilizado em conjunto com o quadro de INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ representado na Carta Náutica do local de interesse.

Figura 10.12 - Informações sobre a Maré

LUGAR	LATITUDE	LONGITUDE	HWF&C	ALTURA SOBRE O NR (cm)				
				MHWS	MHWN	MLWN	MLWS	MSL
Porto de SUAPE	08° 21',5S	034° 57',1W	4h 08min	226	170	79	23	124

Este quadro (Figura 10.12) fornece os seguintes elementos, para os locais correspondentes:

H.W.F. & C. – Estabelecimento do Porto ou Estabelecimento Vulgar do Porto (“HIGH WATER FULL AND CHANGE”): média dos intervalos de tempo decorridos entre a passagem da Lua pelo meridiano local e a ocorrência da preamar (PM), em dias de sizígia.

M.H.W.S. – Preamar média de sizígia (“MEAN HIGH WATER SPRINGS”): representa a altura, acima do Nível de Redução da Carta Náutica em questão, da média das preamares de sizígia, ou seja, a média das mais altas preamares.

M.H.W.N. – Preamar média quadratura (“MEAN HIGH WATER NEAPS”): representa a altura, acima do Nível de Redução da Carta Náutica em questão, da média das preamares de quadratura, ou seja, a média das mais baixas preamares.

M.L.W.N. – Baixa-mar média de quadratura (“MEAN LOW WATER NEAPS”): representa a altura, acima do Nível de Redução da Carta Náutica em questão, da média das baixa-mares de quadratura, ou seja, a média das mais altas baixa-mares.

M.L.W.S. – Baixa-mar média de sizígia (“MEAN LOW WATER SPRINGS”): representa a altura, acima do Nível de Redução da Carta Náutica em questão, da média das baixa-mares de sizígia, ou seja, a média das mais baixas baixa-mares.

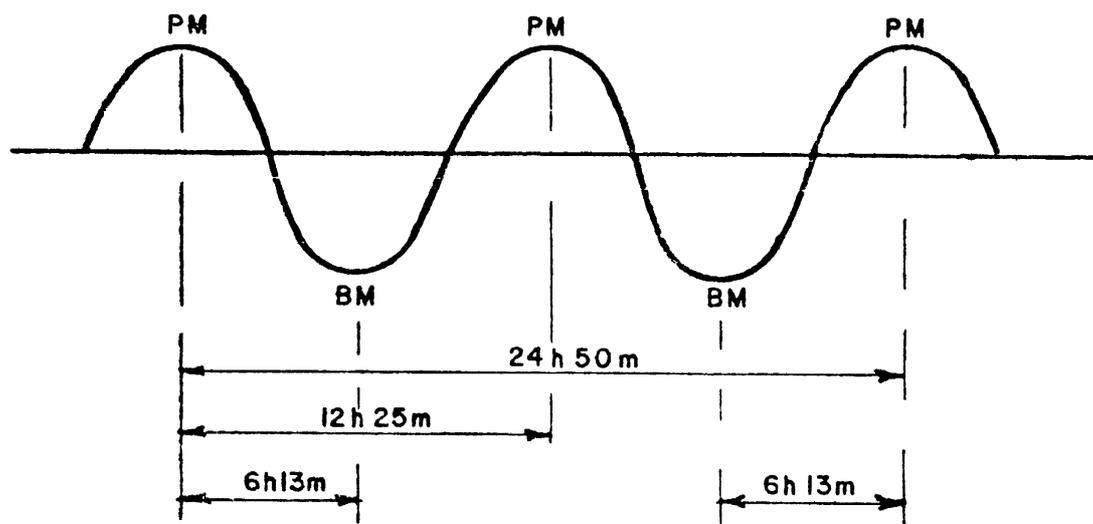
NM ou MSL – Altura do nível médio (“MEAN SEA LEVEL”) acima do Nível de Redução da carta em questão.

Na previsão da maré pelo MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO é necessário determinar a hora da passagem meridiana da Lua, com dados obtidos no Almanaque Náutico (DN-5), publicação que será estudada no Volume II deste Manual (na parte referente à Navegação Astronômica).

O MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO adota os seguintes conceitos e suposições básicas:

- a hora da preamar de sizígia é o resultado da **soma entre a hora da passagem da Lua pelo meridiano superior do local e o Estabelecimento do Porto** naquele local.
- o dia lunar dura 24 horas e 50 minutos**; sendo assim, o intervalo entre duas preamares será 12 horas e 25 minutos e entre uma PM e a BM consecutiva o intervalo será de 6 horas e 13 minutos (assim também como entre uma BM e a PM seguinte), conforme mostrado na Figura 10.13.

Figura 10.13 -



- considerando-se a duração de uma **lunação** (intervalo de tempo entre duas conjunções ou oposições da Lua), pode-se admitir que o intervalo de tempo entre duas **marés de sizígia** sucessivas é de 14 dias e o intervalo entre uma **maré de sizígia** e a **maré de quadratura** seguinte é de 7 dias.

d. as **preamares** (PM) e **baixa-mares** (BM) são simétricas em relação ao Nível médio, conforme mostrado na Figura 10.14.

Figura 10.14 -

De fato, no MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO supõe-se que (ver Figura 10.14):

- Em SIZÍGIAS:

MHWS – NM = a (cota da PM de sizígia acima do NM)

NM – a = h₁ (altura da BM de sizígia)

- Em QUADRATURAS:

MHWN – NM = b (cota da PM de quadratura acima do NM)

NM – b = h₂ (altura da BM de quadratura)

O exemplo abaixo ilustra o emprego do MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO:

Obter, pelo MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO (ou MÉTODO DE ESTABELECIMENTO DO PORTO), a **maré prevista** no porto de Suape (PE), no dia 30 de julho de 1993.

Solução:

1. Cálculo da hora da passagem da Lua pelo meridiano do local e dos horários das PM:

- O Almanaque Náutico para 1993 fornece, na página 155, as informações sobre a passagem meridiana da Lua em Greenwich nos dias 30 e 31 de julho.

HORA MÉDIA LOCAL DA PASSAGEM MERIDIANA DA LUA EM GREENWICH

DIA	SUPERIOR	INFERIOR
30/07/93	21h 57min	09h 30min
31/07/93	22h 49min	10h 23min
DIFERENÇA	52min	53min

- Das páginas amarelas do referido Almanaque obtém-se:

Da Tábua II – “Interpolação das Horas da Passagem Meridiana da Lua para a Longitude” (página xxxii) – a correção a ser aplicada. Entra-se com a Longitude de Suape arredondada ao grau ($\lambda = 035^\circ W$) e com o valor médio das diferenças entre as passagens meridianas superior e inferior consecutivas ($D = 52$ min). O valor encontrado para a correção é de 5 minutos.

Da página i – “Conversão de Arco em Tempo” – retira-se o valor da Longitude em tempo para o porto de Suape:

Longitude = 034° 57', 1W = 02h 19min 48s, valor que é arredondado para 02 h 20 min.

- Fuso horário (F) de Suape = + 3h
- No quadro de informações sobre a maré de Suape (Figura 10.12) encontra-se o valor do ESTABELECIMENTO DO PORTO (HWF & C) = 04h 08min
- Com estes valores podem ser calculados os instantes das preamares para o dia considerado:

	Passagem superior	Passagem inferior
HML (Lua) em Greenwich	21h 57min	09h 30min
Correção	+ 5min	+ 5min
HML Pmd (Lua) no Local	22h 02min	09h 35min
Longitude do Local	+ 02h 20min	+ 02h 20min
HMG Pmd (Lua) no Local	00h 22min	11h 55min
- F	- 3	- 3
Hleg Pmd (Lua) no Local	21h 22min	08h 55min
HWF & C	+ 04h 08min	+ 04h 08min
Horário da Preamar	01h 30min	13h 03min
Data	31/07/93	30/07/93

2. Cálculo das alturas das PM

- A Tabela de Fases da Lua existente no final da publicação DG6 “Tábuas das Marés” fornece os seguintes dados (ver Figura 10.15):

Figura 10.15 - Fases da Lua

LUA EM QUARTO CRESCENTE: 26/JUL/93

LUA CHEIA: 02/AGO/93

Assim, a data de interesse (30/jul/93) está entre uma QUADRATURA (26/jul) e uma SIZÍGIA (02/ago).

- O quadro de INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ para Suape apresenta os seguintes dados:

Em sizígia:

$$\text{MHWS} = 2,26\text{m (arredonda-se para 2,3m)}$$

Em quadratura:

$$\text{MHWN} = 1,70\text{m}$$

Faz-se, então:

$$\text{MHWS} - \text{MHWN} = 2,3 - 1,7 = 0,6\text{m}$$

- Pode-se, então, por simples **interpolação linear**, obter a altura aproximada das PM no dia 30/jul:

$$7 \text{ dias (QUADRATURA - SIZÍGIA)} \longrightarrow + 0,6\text{m}$$

$$4 \text{ dias} \longrightarrow x$$

$$x = 0,6 \times 4 / 7 = 0,34\text{m (arredondado para 0,3m)}$$

$$\text{Assim: } h_{\text{PM}} (30/\text{jul}) = 1,7 + 0,3 = 2,0\text{m}$$

3. Cálculo das horas das BM:

- Conforme visto, o MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO considera que o **intervalo de tempo** entre uma PM e a BM consecutiva (ou anterior) é de 06h 13min (1/4 de 1 dia lunar) e o intervalo entre duas BM é de 12 h 25min.

Assim:	PM:	13h 03min
	intervalo:	<u>- 06h 13min</u>
	1ª BM:	06h 50min
	2ª BM:	19h 15min

4. Cálculo das alturas das BM

- O MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO supõe que as PM e as BM são simétricas em relação ao Nível Médio (NM). O quadro de INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ para Suape permite obter a cota do NM (MSL) sobre o Nível de Redução: 1,24m (que é arredondada para 1,2m).

- Assim, tem-se:

$$h_{\text{PM}} = 2,0\text{m}$$

$$\text{NM} = \underline{1,2\text{m}}$$

$$\text{cota PM} - \text{NM} = 0,8\text{m}$$

- Então, pode-se calcular:

$$NM = 1,2m$$

$$\text{cota } PM - NM = \underline{0,8m}$$

$$h_{BM} = 0,4m \quad (\text{ALTURAS DAS BAIXA-MARES})$$

4. Desta forma, a **maré prevista** para Suape, obtida pelo MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO (ou MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO), para o dia 30/07/93, será:

PM	0037	2,0m	
BM	0650	0,4m	
PM	1303	2,0m	
BM	1915	0,4m	
PM	0130	2,0m	(31/07/93)

Como forma de avaliar a precisão, a confiança e as limitações do MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO, apresenta-se a **previsão de marés** para Suape, para 30/07/93, obtida da análise harmônica da maré:

PM	0132	2,0m	
BM	0800	0,5m	
PM	1413	1,9m	
BM	2015	0,5m	
PM	0223	2,1m	(31/7/93)

Pode-se constatar que os resultados encontrados pelo MÉTODO EXPEDITO (ou MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO) são razoavelmente precisos, para fins de navegação, quando não se dispõem dos dados de previsão fornecidos nas "Tábuas das Marés".

São pertinentes as seguintes observações finais sobre este assunto:

- em virtude dos conceitos e suposições básicas adotadas, o MÉTODO DO ESTABELECIMENTO DO PORTO só deve ser empregado nos locais onde a maré for **semidiurna**, não se aplicando às marés de desigualdades diurnas, mistas e diurnas. Na costa do Brasil bons resultados são encontrados nos portos de Vitória (ES) para o Norte.
- além de servirem para emprego com o MÉTODO EXPEDITO DE PREVISÃO, os dados dos quadros de INFORMAÇÕES SOBRE A MARÉ representados nas Cartas Náuticas proporcionam uma boa idéia das características da maré nos locais a que se referem, dando noção da amplitude da maré em sizígia e em quadratura e fornecendo a cota do Nível Médio acima do Nível de Redução.

10.9.6 NOTAS FINAIS SOBRE PREVISÃO DE MARÉS E UTILIZAÇÃO DAS TÁBUAS DAS MARÉS

- Fatores meteorológicos, principalmente o vento, podem causar a elevação ou o abaixamento do nível do mar e o atraso ou o adiantamento dos instantes de ocorrência das preamares ou baixa-mares. Nestas condições, as preamares e as baixa-mares poderão ser mais altas ou mais baixas do que as alturas previstas nas tábuas. Tais fenômenos

são freqüentes nos portos ao sul de Cabo Frio (RJ), sendo aconselhável a consulta, por parte dos navegantes, às informações contidas no Roteiro Costa Leste e Costa Sul.

- b. Em caso de ocorrência de discrepâncias significativas entre a previsão e a observação, o navegante deve comunicar à Diretoria de Hidrografia e Navegação, informando, se possível, os valores das diferenças, em hora e altura da maré (ou amplitude), acompanhados de um relato sobre as condições meteorológicas reinantes, em especial o **vento (direção e velocidade)**. Tais informações são importantes para correção e aprimoramento das Tábuas das Marés.
- c. É importante ressaltar que as horas das preamares (PM) e baixa-mares (BM) informadas nas Tábuas das Marés são **horas legais do fuso horário padrão** dos portos ou locais a que se referem as previsões. Se estiver em vigor **horário de verão**, deve ser somada uma hora aos valores de tempo constantes das Tábuas, para transformá-las de **hora legal padrão em hora de verão**.

10.10 CORRENTES DE MARÉ

10.10.1 GÊNESE DAS CORRENTES DE MARÉ

Ao estudar-se a ação dos componentes das forças geradoras da maré, verifica-se que aquelas forças acarretam preliminarmente o **movimento horizontal** da massa líquida (**corrente de maré**), do qual resulta o **movimento vertical** do nível do mar, ou seja, a **maré**. Assim, é necessário compreender a coexistência das **marés** e das **correntes de maré**, como efeitos de uma mesma causa.

É importante para o navegante ser capaz de prever a **direção** e a **velocidade** da **corrente de maré** em qualquer instante e levar em conta o seu efeito sobre o movimento do navio.

Normalmente, nas entradas dos portos nos quais a ação direta das forças astronômicas é desprezível, a **corrente de maré** é o resultado da diferença de nível entre o oceano e o interior do porto. Assim, o fluxo e o refluxo são caracterizados por uma **corrente axial alternativa**, segundo o eixo do canal. Se o porto fica situado no interior de um longo canal, como no caso de Santana (AP), no braço Norte do Rio Amazonas, a **corrente de maré** será também **axial alternativa**, com **velocidade máxima para dentro** na PREAMAR, **máxima para fora** na BAIXA-MAR e **nula** quando a maré atinge o nível médio. No exemplo, haverá uma forte corrente permanente para fora, devido à formidável descarga do Rio Amazonas.

No oceano aberto, as **correntes de maré** têm um caráter rotatório, em virtude da interação entre as forças astronômicas e a influência da rotação terrestre. De fato, o **efeito de Coriolis**, devido à rotação da Terra, tende a desviar as **correntes de maré** para a **direita no Hemisfério Norte** e para a **esquerda no Hemisfério Sul**, concorrendo, juntamente com as próprias forças astronômicas, para a gênese de **correntes rotatórias**. O **efeito de Coriolis** (ou **efeito giroscópico**) poderá reforçar ou reduzir o efeito das **forças astronômicas**.

Dada a afinidade entre a **maré** e a **corrente de maré**, para um determinado porto é possível relacionar a **velocidade** e a **direção** da **corrente de maré** às horas da PREAMAR e BAIXA-MAR no porto.

Conforme já mencionado, o conhecimento antecipado das **correntes de maré** é de grande valia, não só para o planejamento da derrota em águas restritas, mas também para seleção dos horários mais favoráveis às manobras, escolha do bordo de atracação e velocidades com que o navio deve evoluir.

Informações sobre as **correntes de maré** podem ser obtidas em Cartas de Correntes de Maré, preparadas para cada um dos principais portos, e também em tabelas ou notas inseridas em algumas Cartas Náuticas.

10.10.2 CARTAS DE CORRENTES DE MARÉ

Apesar da denominação, as Cartas de Correntes de Maré são, na realidade, publicações, preparadas especificamente para determinados portos. Suas características são semelhantes. Normalmente, são iniciadas por uma página com as instruções para uso, seguida de um exemplo e de uma coletânea de pequenas cartas do porto, onde aparecem setas indicadoras das direções e números que representam as velocidades das **correntes de maré**, referidas à hora da preamar (PM).

Atualmente, existem **Cartas de Correntes de Maré** publicadas para os seguintes locais:

Rio Amazonas – da Barra Norte ao Porto de Santana;

Rio Pará – de Salinópolis a Belém;

Proximidades da Baía de São Marcos e Portos de São Luís e Itaqui;

Porto de Luís Correia;

Porto de Natal;

Porto de Salvador;

Itapessoca;

Porto de Madre de Deus

Porto de Vitória;

Baía de Guanabara e Porto do Rio de Janeiro;

Porto de Santos; e

Porto de Paranaguá.

10.10.3 UTILIZAÇÃO DAS CARTAS DE CORRENTES DE MARÉ

A utilização das Cartas de Correntes de Maré será explicada através do exemplo abaixo:

Determinar o RUMO e a VELOCIDADE da Corrente de Maré na barra da Baía de Guanabara (na altura da Ilha de Cotunduba), no dia 03/jul/93, às 1200P, sabendo-se que a **maré prevista** para a data em questão é a seguinte:

Porto do Rio de Janeiro

03/jul/93	0208	1,2m	PM
sábado	0849	0,1m	BM
(Lua Cheia)	1458	1,2m	PM
	2111	0,3	BM

Solução:

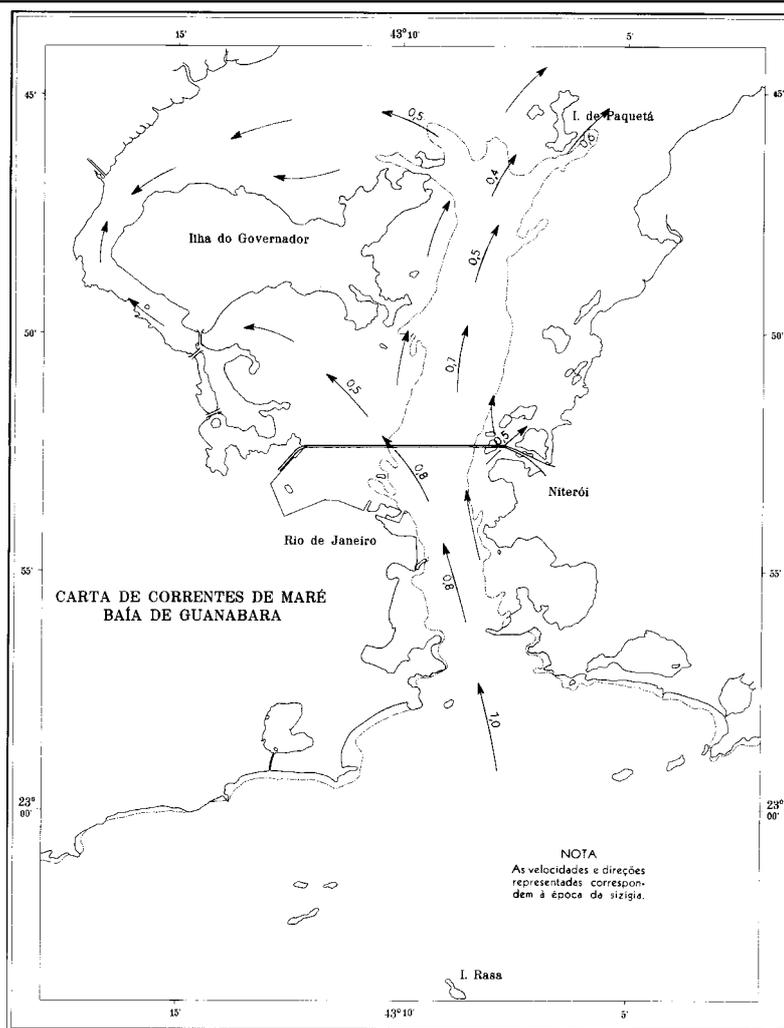
- Conforme mencionado, a seleção da carta a ser utilizada é feita tendo-se em conta a diferença em horas entre o instante considerado e o da preamar prevista mais próxima. Neste caso:

INSTANTE CONSIDERADO: 1200

PREAMAR PREVISTA: 1458

DIFERENÇA: 0258 (valor que é arredondado para 3 horas)

- Portanto, será selecionada a carta correspondente a 3 HORAS ANTES DA PREAMAR, que está reproduzida na Figura 10.16.

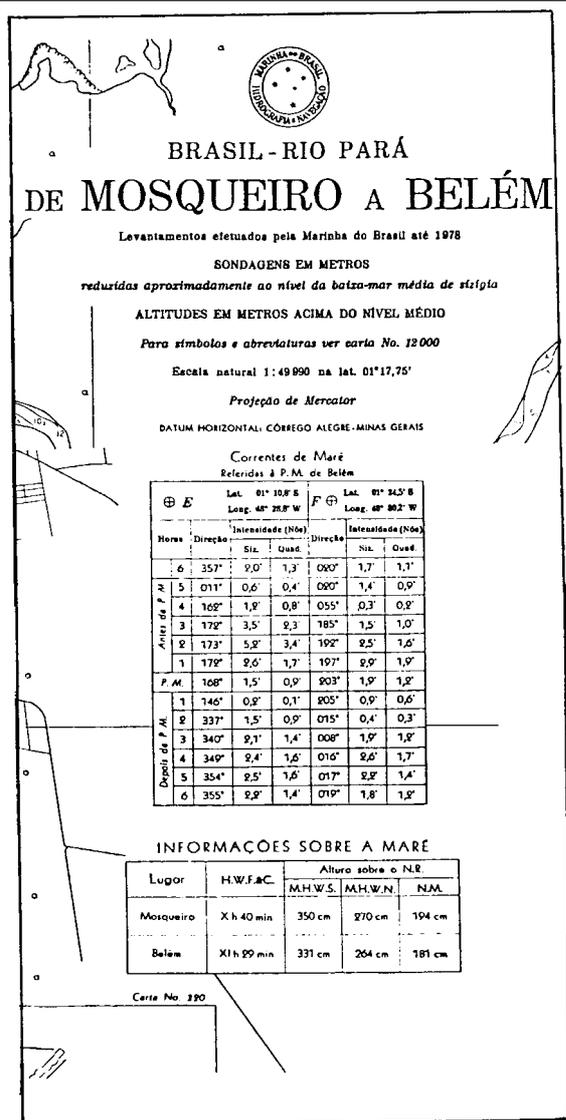
Figura 10.16 -

3 HORAS ANTES DA PREAMAR

- Nessa carta obtém-se, para a barra da Baía de Guanabara:
RUMO DA CORRENTE DE MARÉ: 345° (NNW) – enchendo
VELOCIDADE DA CORRENTE DE MARÉ: 1,0 nó
- Conforme explicado em nota na **Carta de Correntes de Maré** (ver Figura 10.16), as velocidades representadas correspondem à época de sizígia, como é o caso do presente exemplo (03/jul/93 – LUA CHEIA). Em outras situações (porquanto as cartas espelham apenas as condições médias de sizígia), se for desejável maior precisão as velocidades representadas nas cartas devem ser multiplicadas por um fator de correção retirado de um ábaco existente no início das Cartas de Correntes de Maré, tendo-se como elementos de entrada o **intervalo de tempo entre a preamar e a baixa-mar** (ou vice-versa) e a **amplitude da maré prevista**. Não há qualquer correção a ser aplicada às **direções** representadas nas **Cartas de Correntes de Maré**.

10.10.4 INFORMAÇÕES SOBRE CORRENTES DE MARÉ APRESENTADAS NAS CARTAS NÁUTICAS

Figura 10.17 -



Além das Cartas de Correntes de Maré, algumas Cartas Náuticas apresentam, também, informações sobre **correntes de maré** (Figura 10.17).

Estas informações, usadas para o planejamento, devem ser sempre verificadas e, se necessário, corrigidas durante a navegação, pela comparação das posições observadas e estimadas, pelo deslocamento de objetos que bóiam, pela posição de embarcações fundeadas, pela observação de bóias, etc.

10.10.5 NOTAS FINAIS SOBRE CORRENTES DE MARÉ

- Tal como no caso da **previsão de marés**, é conveniente frisar que **condições meteorológicas anormais**, especialmente **ventos fortes e persistentes**, podem modificar substancialmente as informações indicadas nas **Cartas de Correntes de Maré**;
- Ademais, conforme chama a atenção nota inserida na publicação DG6 – Tábuas das Marés, as horas das preamares (PM) e baixa– mares (BM) tabuladas nem sempre coincidem com os instantes em que a **corrente de maré** inverte sua direção.
- Alguns países, como os Estados Unidos, publicam **Tábuas de Correntes de Maré**, de aparência semelhante às Tábuas das Marés. As Tábuas de Correntes de Maré contêm previsões diárias das horas de corrente nula (“slack water”) e das horas e valores de velocidades correspondentes às correntes máximas de enchente e de vazante, para várias **estações de referência**. Além disso, possuem tabelas de correções que permitem obter a previsão da **corrente de maré** em muitos outros **portos ou locais secundários**. As **Tábuas de Correntes de Maré** apresentam, ainda, uma tabela que permite calcular a velocidade da **corrente de maré** em um instante qualquer, tanto nas **estações de referência**, como nos **portos secundários**.

10.11 EXERCÍCIOS SOBRE MARÉS E CORRENTES DE MARÉ

- A **previsão de marés** para o porto de Recife, no dia 08/03/93 é:

08/03/93	0343	2,4m	PM
2ª feira	0949	– 0,1m	BM
(Lua Cheia)	1602	2,6m	PM
	2217	– 0,2m	BM

Determinar a **altura da maré** prevista, para o local e data acima, às 1800P.

Solução:

Local: Recife (PE) – Hora: 1800P – Data: 08/3/93
 Duração da vazante: 06h 15 min
 Intervalo de tempo desde a maré mais próxima: 01h 58 min
 Tabela I (centésimos de amplitude): 23
 Amplitude da maré: 2,8m
 Tabela II (correção da altura): 0,7m
 Altura da maré mais próxima: 2,6m (PM)
 Altura da maré às 1800P : 1,9m

Resposta:

Altura prevista para a maré em Recife, no dia 08/03/93, às 1800P: 1,9 metros.

- Conhecendo-se a FASE DA LUA na data considerada no exercício anterior (08/3/93 – LUA CHEIA), informar qual a maré produzida quando a Lua está nesta fase e quais são suas principais características.

Resposta:

Maré de sizígia ou de águas vivas, caracterizada por preamares (PM) muito altas e baixamares (BM) muito baixas (no caso em questão, com **alturas negativas** da maré nas BM previstas, isto é, com o nível do mar abaixo do Nível de Redução).

3. Qual o **tipo de maré** que ocorre em Recife e quais são suas principais características?

Resposta:

Maré semidiurna, caracterizada por apresentar uma curva aproximadamente sinusoidal, com duas PM e duas BM por dia, separadas por um período de pouco mais de **6 horas** e com uma variação pequena de altura entre duas PM (ou BM) sucessivas.

4. Supondo que, para alcançar a barra do porto de Recife, o seu navio, cujo calado é de 6 metros, deve passar sobre um baixo cuja menor **profundidade cartografada** (sondagem) é de 6,4 metros, calcular entre que horários o navio pode passar sobre o baixo, no dia 08/03/93, após a BM de 0949, com uma lazeara mínima de 2m de água abaixo da quilha.

Solução:

- O **calado** do seu navio é de 6 metros e a **lazeira mínima** admitida de água abaixo da quilha é de 2 metros. Portanto, a **menor profundidade** onde o navio poderá passar será de:

$$\text{CALADO} = 6,0\text{m}$$

$$\text{LAZEIRA} = \underline{2,0\text{m}}$$

$$\text{PROFUNDIDADE MÍNIMA} = 8,0\text{m}$$

- A **menor profundidade cartografada** (sondagem) no banco sobre o qual o navio deverá passar é de 6,4 metros. Portanto, a **altura da maré** na hora da passagem sobre o baixo deverá ser de :

$$\text{PROFUNDIDADE MÍNIMA DE NAVEGAÇÃO} = 8,0\text{m}$$

$$\text{SONDAGEM} = \underline{6,4\text{m}}$$

$$\text{ALTURA DA MARÉ NA HORA DA PASSAGEM} = 1,6\text{m}$$

- A **maré prevista** para Recife no dia 08/03/93, apresentada no EXERCÍCIO (1), mostra, após a BM de 0949P, uma PM às 1602P, com 2,6 metros de altura de maré. Portanto, deve-se determinar as horas antes e depois da PM de 1602P em que a **altura da maré** prevista será de 1,6 metros. O **intervalo de tempo** entre elas será o período favorável à passagem do navio sobre o baixo.
- Para determinação das **horas** em que a **altura da maré**, antes e depois da PM de 1602P, será 1,6 metros, faz-se:

ANTES DA PM:

a. $\text{ALTURA DA MARÉ} = 1,6\text{m}$

$$\text{ALTURA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA} = \underline{2,6\text{m}}$$

$$\text{CORREÇÃO DA ALTURA} = 1,0\text{m}$$

$$\text{AMPLITUDE DA MARÉ} = 2,7\text{m}$$

b. Entrando na Tabela II com o valor da correção da altura (1,0m) e o valor da amplitude da maré (2,7m), obtém-se o valor de c (centésimo de amplitude) = 34

c. Entrando na Tabela I com $c = 34$ e duração da enchente = 06h 13 min, obtém-se o valor do intervalo de tempo desde a maré mais próxima = 02h 30 min

d. HORA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA = 1602 (PM)
 INTERVALO DE TEMPO = 0230
 HORA EM QUE A ALTURA DA MARÉ SERÁ 1,6m = 1332

Depois da PM:

a. ALTURA DA MARÉ = 1,6m
 ALTURA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA = 2,6m
 CORREÇÃO DA ALTURA = 1,0m
 AMPLITUDE DA MARÉ = 2,8m

b. TABELA II: $c = 34$

c. DURAÇÃO DA VAZANTE = 06h 15 min

$c = 34$

TABELA I = 02h 30 min

d. HORA DA MARÉ MAIS PRÓXIMA = 1602 (PM)
 INTERVALO DE TEMPO = 0230
 HORA EM QUE A ALTURA DA MARÉ SERÁ 1,6m = 1832

Resposta:

O navio deverá passar sobre o baixo entre 1332P e 1832P, para garantir uma **lazeira mínima** de 2 metros de água abaixo da quilha.

5. Usando Recife como **porto de referência**, preparar uma Tábua de Marés completa para o **porto secundário** de Camocim, para o dia 08/03/93, utilizando as **correções** da Tabela reproduzida na Figura 10.10.

Solução:

PREAMARES:

	Hora	Altura	Hora	Altura
Recife,	03 43	2,4m	16 02	2,6m
Correções PM	+02 12	+0,8m	+02 12	+0,8m
Camocim	05 55	3,2m	18 14	3,4m

BAIXA-MARES:

	Hora	Altura	Hora	Altura
Recife	09 49	- 0,1m	22 17	-0,2m
Correções BM	+02 17	+0,2m	+02 17	+0,2m
Camocim	12 06	+0,1m	00 34	0,0m

Resposta:

MARÉ PREVISTA PARA CAMOCIM EM 08/03/93:

0555	3,2m	PM	
1206	0,1m	BM	
1814	3,4m	PM	
0034	0,0m	BM	(09/03/93)

6. Determinar a **direção** e a **velocidade** da **corrente de maré** na barra do Rio Potengi (Natal), no dia 15/10/93, às 0700P, sabendo-se que a **maré prevista** para esta data no porto de Natal é:

15/10/93	0456	2,1m	PM
6ª feira	1051	- 0,2m	BM
(Lua Nova)	1715	2,1m	PM
	2309	- 0,2m	BM

Solução:

- A **Carta de Corrente de Maré** a ser selecionada é a correspondente a 2 horas depois da PM em Natal, pois a PM está prevista para 0456P e a hora de interesse é 0700P.
- Entrando na referida carta (reproduzida na Figura 10.18), obtém-se, para a barra do Rio Potengi:

CORRENTE DE MARÉ

$$R_{\text{cor}} = 045^\circ \text{ (NE) - vazante}$$

$$\text{vel}_{\text{cor}} = 1,9 \text{ nós}$$

- Como a data considerada é uma **sizígia** (Lua Nova), não há qualquer correção a aplicar à **velocidade da corrente de maré**.

10.12 CORRENTES OCEÂNICAS

10.12.1 A CIRCULAÇÃO GERAL DOS OCEANOS

Conforme estudado em Capítulos anteriores, o conhecimento dos **elementos da corrente** (R_{cor} e vel_{cor}) é importante para o navegante, tanto na fase de **planejamento**, como na fase de **execução da derrota**.

As **correntes oceânicas** são causadas pelo aquecimento desigual de diferentes pontos da Terra pela **radiação solar** e pelos **grandes sistemas de vento** daí resultantes. Dito de outra maneira, a circulação geral das águas dos oceanos responde aos efeitos dos processos que alteram a **distribuição de massa** no mar e à **ação dos ventos** sobre a superfície das águas.

Os processos que alteram a distribuição de massa no mar e que, em conjunto, se denominam **processos termoalinos**, pois afetam a **densidade** atuando sobre a **temperatura** e a **salinidade**, são o aquecimento, o resfriamento, a concentração e a diluição das águas.

Assim sendo, para efeitos de estudo, a **circulação geral dos oceanos** pode ser dividida em **circulação termoalina** e **circulação gerada pelo vento**.

10.12.2 CIRCULAÇÃO TERMOALINA

Circulação termoalina é o deslocamento das massas oceânicas causado pelas variações da densidade da água do mar.

Esta circulação, como seu próprio nome indica, é gerada pelas variações de **temperatura** e **salinidade**, de um ponto para outro dos oceanos. Sendo a **densidade** função da **temperatura** e da **salinidade** da água do mar, é ela, na verdade, que determina o surgimento e permanência deste tipo de circulação.

Para melhor compreender a **circulação termoalina**, pode-se fazer uma analogia com um tanque que estivesse cheio de água relativamente fria. Ao se aquecer a superfície de um dos extremos desse tanque, a água se expandiria e seu nível na extremidade aquecida ficaria ligeiramente mais elevado que o extremo oposto. A água superficial aquecida escorreria para a outra extremidade do tanque, por cima da água que não havia sido aquecida e que, portanto, estaria mais fria e com nível mais baixo.

No entanto, a experiência acima indicada ainda não constitui, exatamente, o exemplo de uma **circulação termoalina**. Era esta, na verdade, a concepção adotada pelos primeiros teóricos que desejaram explicar a **circulação termoalina**: os oceanos seriam aquecidos nas proximidades do Equador e a água escorreria para o Norte e para o Sul na direção do Pólos. Hoje, sabe-se que, embora a diferença de aquecimento entre o Equador e os Pólos possa ter um efeito semelhante, ele não tem grande significação, sendo de menor importância na circulação oceânica.

A circulação acima descrita seria puramente uma **circulação térmica** e operaria na Terra da seguinte maneira: se a superfície do mar fosse aquecida em uma parte e resfriada em outra, seria estabelecida uma circulação de origem térmica desde a região que havia sido aquecida para a de águas de menor temperatura, em um movimento **horizontal**. Ademais, a água que sairia da zona de maior temperatura seria substituída por água que ascenderia desde uma certa profundidade, com o que seria estabelecida uma circulação **vertical**, que se fecharia, no fundo, com um fluxo da água que havia sido resfriada, na direção da que foi aquecida.

Assim sendo, na Terra, o superaquecimento na região equatorial é apenas um dos aspectos do balanço térmico, sendo também característica do balanço térmico a perda de energia dos oceanos, nas altas latitudes, onde, com as perdas de calor que ali se processam, há um resfriamento da camada superficial e, conseqüentemente, a diminuição de sua temperatura. A diminuição de temperatura, por sua vez, provoca um efetivo aumento da densidade da água, o que resulta em um afundamento da massa de densidade elevada, para maiores profundidades.

A **circulação termoalina** tem como origem, portanto, o aumento da densidade da água superficial, aumento esse que pode verificar-se de duas maneiras: **termicamente**, por resfriamento da camada superficial, ou **indiretamente**, quando se dá a **congelamento**: a **salinidade** da água residual cresce, aumentando também sua **densidade**.

O primeiro processo (**resfriamento no inverno**) é o principal responsável pela imersão da **água superficial** no Atlântico Norte. Já no Oceano Austral, o segundo processo (**congelamento**) é o mais importante (observa-se que o gelo do mar não é totalmente puro, pois consegue reter alguns sais; no entanto, é bem menos salgado que a água residual).

Poder-se-ia esperar que o efeito da **evaporação**, ao provocar um aumento de **salinidade**, provocasse também, nas **regiões tropicais**, um aumento de **densidade**. Tal não acontece, pois a mesma **radiação solar** que originou a **evaporação**, origina também forte

aquecimento superficial, fazendo a **densidade** diminuir, sobrepujando o efeito de crescimento pelo aumento da **salinidade**.

Uma das características mais importantes da circulação **termoalina** é a que se refere ao padrão típico de seus deslocamentos. A circulação termoalina surge como um **fluxo vertical**, quando a **água mais densa** afunda até profundidades médias, ou mesmo até o fundo. Em seguida, ela prossegue como um **fluxo horizontal**, percorrendo grandes distâncias. Este aspecto a diferencia da **circulação pelo efeito do vento**, que, como veremos no item seguinte, é uma circulação eminentemente horizontal.

10.12.3 CIRCULAÇÃO PELO EFEITO DO VENTO

Em última instância, a **circulação termoalina** é provocada pela **radiação solar**, que, gerando um aquecimento desigual dos oceanos, segundo a região geográfica, estabelece variações na **densidade**, ocasionando o mergulho das águas mais densas.

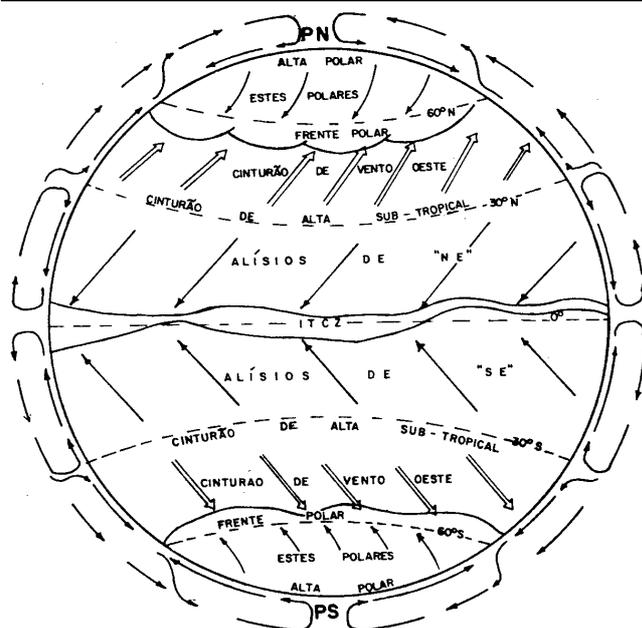
Da mesma forma, a **circulação pelo efeito do vento** é, em última análise, originada pela **radiação solar**. Neste tipo de circulação, entretanto, a **radiação solar** atua indiretamente, ao provocar o **aquecimento desigual da atmosfera**.

O aquecimento desigual da atmosfera origina os **grandes sistemas de ventos**, que fluem de áreas mais densas para outras menos densas.

Os **ventos** efetuam o “acoplamento” da **atmosfera** com os **oceanos**. Soprando sobre os mares, vão provocar, por meio do **atrito**, o **arrastamento das águas superficiais**, dando origem ao surgimento de uma circulação típica.

Ao contrário da **circulação termoalina**, a circulação **produzida pelos ventos** é eminentemente **horizontal** e está limitada apenas às primeiras centenas de metros de profundidade. Os **movimentos termoalinos** são dominantes nas **águas profundas** e os **movimentos gerados pelos ventos** dominam a **circulação na camada superficial**, que é a de maior interesse para a navegação.

Figura 10.19 - Circulação básica da atmosfera e os grandes sistemas de vento



A energia do Sol, absorvida pela Terra, aquece o ar contíguo, estabelecendo a grande **circulação atmosférica**, ascendente pela parte aquecida e descendente pelos lados mais frios. Os **grandes sistemas de ventos** daí resultantes são mostrados na Figura 10.19.

O ar fortemente aquecido nas **regiões equatoriais** torna-se mais leve e ascende, criando na zona tórrida um cinturão de baixas pressões atmosféricas, denominado Zona de Convergência Inter-tropical, ou ITCZ (“INTER TROPICAL CONVERGENCE ZONE”), para onde flui na superfície o ar, tanto do Hemisfério Norte, como do Hemisfério Sul.

Este fluxos, afetados pelo Efeito de Coriolis, que causa um **desvio para a direita**, no Hemisfério Norte, e para a **esquerda** no Hemisfério Sul, constituem os grandes **ventos alísios** (ALÍSIOS DE NE, no Hemisfério Norte e ALÍSIOS DE SUDESTE, no Hemisfério Sul), mostrados na Figura 10.19.

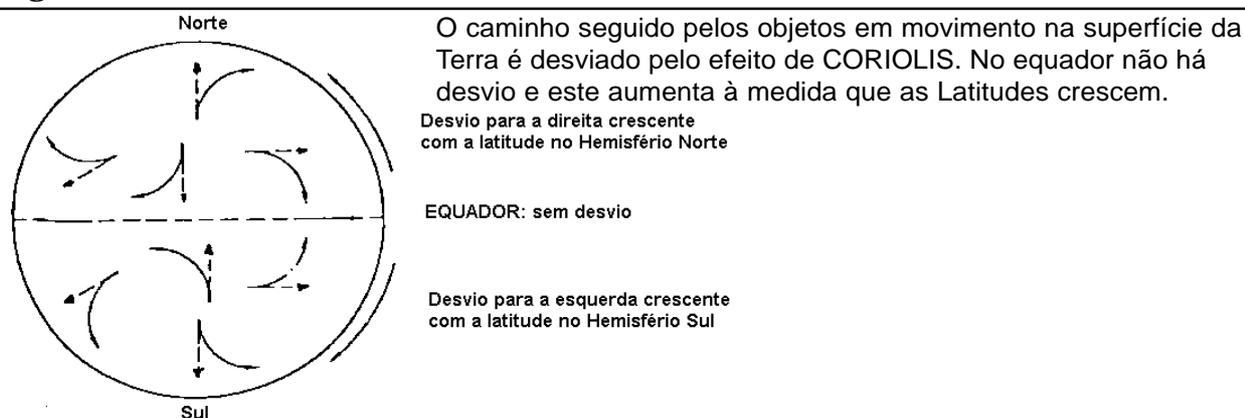
O ar aquecido na zona tórrida desloca-se em altitude para regiões mais afastadas do Equador e passa a resfriar-se, com aumento da densidade. Na altura das latitudes de 30° N e 30° S, o aumento da densidade é tal que o ar mergulha, originando, nessas regiões, zonas permanentes de altas pressões atmosféricas, denominadas CINTURÕES DE ALTA SUBTROPICAL.

Dessas zonas de alta pressão, o ar flui tanto para a zona equatorial (VENTOS ALÍSIOS), como para zonas de baixa pressão situadas em latitudes mais altas. Novamente em virtude do Efeito de Coriolis, que causa um desvio para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul, os ventos resultantes em ambos os hemisférios sopram da direção geral Oeste (W), sendo as áreas em que atuam, então, denominadas de Cinturão de Vento Oeste, ou Oestes Prevalentes (ver Figura 10.19).

Os Pólos constituem **regiões de altas pressões atmosféricas** (ALTAS POLARES), de onde flui o ar para regiões menos frias. Ainda por causa do Efeito de Coriolis (desvio para a direita no Hemisfério Norte e para a Esquerda no Hemisfério Sul), os ventos que sopram dos Pólos para uma região de baixas pressões na altura da latitude de 60° N e 60° S fluem da direção geral Leste, sendo, então, denominados Estes Polares (ver Figura 10.19). A zona de baixa pressão acima citada é conhecida como Frente Polar.

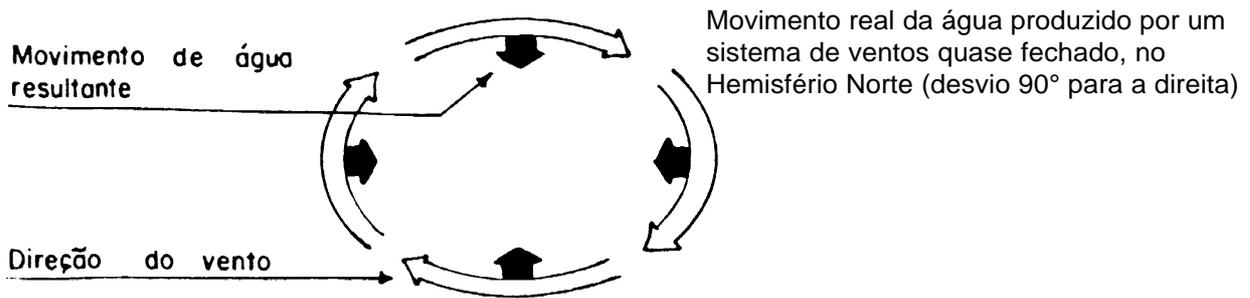
A ação desses **grandes sistemas de vento** sobre os **oceanos** causa uma circulação predominantemente superficial e eminentemente horizontal. O vento, soprando sobre a superfície do mar, põe a água em movimento, em conseqüência do efeito de fricção no meio fluido (arrastamento sobre as camadas superficiais do mar). A direção do movimento da água no oceano não é aquela do vento. A **rotação** da Terra origina a **força de Coriolis**, em conseqüência da qual as correntes geradas pelo vento na camada superficial, por ele afetada, movem-se para a **esquerda do vento**, no Hemisfério Sul, e para a **direita**, no Hemisfério Norte (Figura 10.20). Este desvio de águas superficiais e de blocos de gelo, que percorrem vastas distâncias, representam um papel importante na formação das correntes oceânicas. **A intensidade do desvio depende da velocidade da partícula e de sua latitude, sendo nula no Equador e máxima nos Pólos.** Uma partícula em repouso não é afetada e tampouco uma partícula que se move exatamente na direção Leste- Oeste no Equador.

Figura 10.20 - Efeito de Coriolis



A ação do vento significa, também, um transporte da **água da superfície**, 90° para a **direita**, no Hemisfério Norte, e 90° para a **esquerda**, no Hemisfério Sul, em relação à direção para a qual sopra o vento (Figura 10.21).

Figura 10.21 -



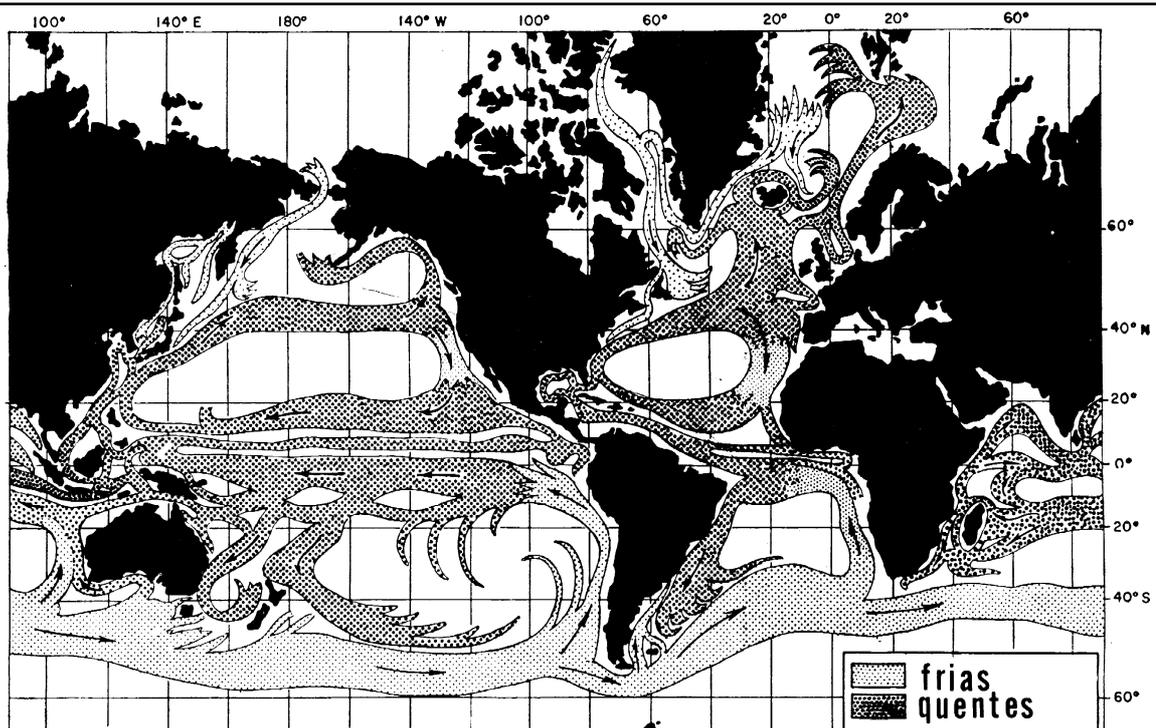
10.12.4 EFEITO COMBINADO DA CIRCULAÇÃO TERMOALINA E DA CIRCULAÇÃO GERADA PELO VENTO: CORRENTES OCEÂNICAS

As **correntes oceânicas** constituem, portanto, o resultado do efeito combinado dos **ventos** e das **variações de densidade**. Nos dois casos, os deslocamentos prosseguem muito além da região de origem. Isto obriga, mesmo quando se deseja estudar apenas uma área limitada, a estender o estudo por regiões mais distantes e ampliar o campo das observações.

Os fluxos gerados por estes fenômenos (**ventos** e **variações de densidade** da água do mar) são, ainda, modificados pela **rotação da Terra** (que os desvia), pela **fricção interna do líquido** (que os amortece) e pelos **acidentes geográficos e topografia do fundo** (que restringem seu desenvolvimento).

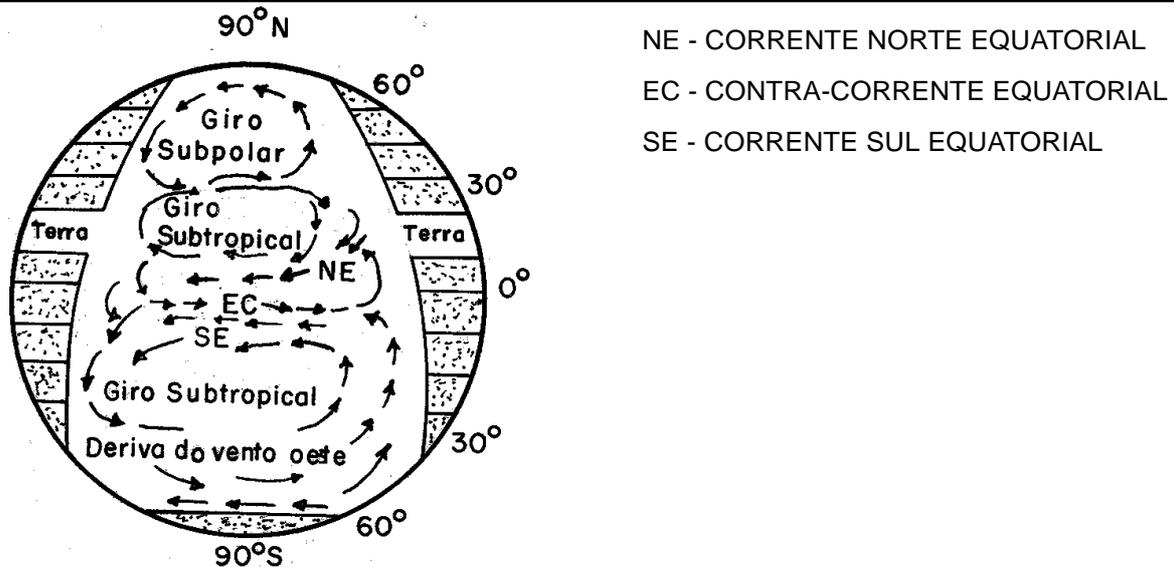
As circulações das grandes áreas oceânicas mostram semelhanças notáveis. Na camada superior, existe circulação no sentido dos ponteiros do relógio, tanto no Atlântico Norte, como no Pacífico Norte; e no sentido oposto (sinistrógiro) no Atlântico Sul, Pacífico Sul e Índico Sul (Figura 10.22).

Figura 10.22 - Principais Correntes Oceânicas



O padrão básico das **correntes oceânicas** é um sistema quase fechado chamado “Giro”. Cada oceano apresenta um grande “**Giro de Correntes**” centrado aproximadamente nas regiões subtropicais (cerca de 30° N e 30° S) de ambos os Hemisférios. No Atlântico Norte e no Pacífico Norte há, também, um “**Giro de Corrente**” de sentido oposto no oceano Subpolar Ártico (centrado aproximadamente nos 50° N / 60° N) conforme mostrado na Figura 10.22(a). No Hemisfério Sul, a grande **Corrente de Deriva Ocidental** (ou **Deriva do Vento Oeste**), que circunda a Antártida, põe em comunicação os sistemas de correntes de cada um dos três oceanos. Não há dúvidas que a continuidade e a simplicidade aparentes da Deriva do Vento Oeste se devem à quase ausência de barreiras terrestres nessas Latitudes.

Figura 10.22 (a) - Circulação das correntes oceânicas



No Atlântico Norte e Pacífico Norte, um traço muito notável é a presença de correntes mais estreitas e rápidas no lado Oeste do que no lado Leste, o que é denominado “**intensificação das correntes a oeste**”. É o caso das Correntes de Kuroshio e do Golfo (*Gulf Stream*), onde as águas avançam de 25 a 60 milhas por dia.

O mesmo fenômeno ocorre no Atlântico Sul, no Pacífico Sul e no Índico Sul. Entretanto, a Corrente do Brasil e a Corrente do Leste da Austrália não são tão notáveis como as do Hemisfério Norte. Ademais, no Pacífico Sul, a Oeste a circulação se apresenta complexa e a intensidade pouco definida.

As correntes limítrofes orientais, como a da Califórnia no Pacífico Norte e a das Canárias no Atlântico Norte, são sensivelmente mais fracas que as ocidentais, com cerca de 2 a 4 milhas por dia.

Na região equatorial dos três oceanos existe um sistema de correntes semelhante: uma Corrente Sul–Equatorial fluindo para Oeste sobre o Equador, ou um pouco ao sul, e uma Corrente Norte–Equatorial, na mesma direção, mais ao norte. No Pacífico, as duas correntes (Norte–Equatorial e Sul–Equatorial) são separadas por uma Contracorrente Equatorial, fluindo para Leste, de um lado a outro do oceano. No Atlântico, essa Contracorrente só é importante na parte Leste (Corrente da Guiné). No Índico as três correntes clássicas só aparecem durante certa época do ano, conforme será adiante explicado.

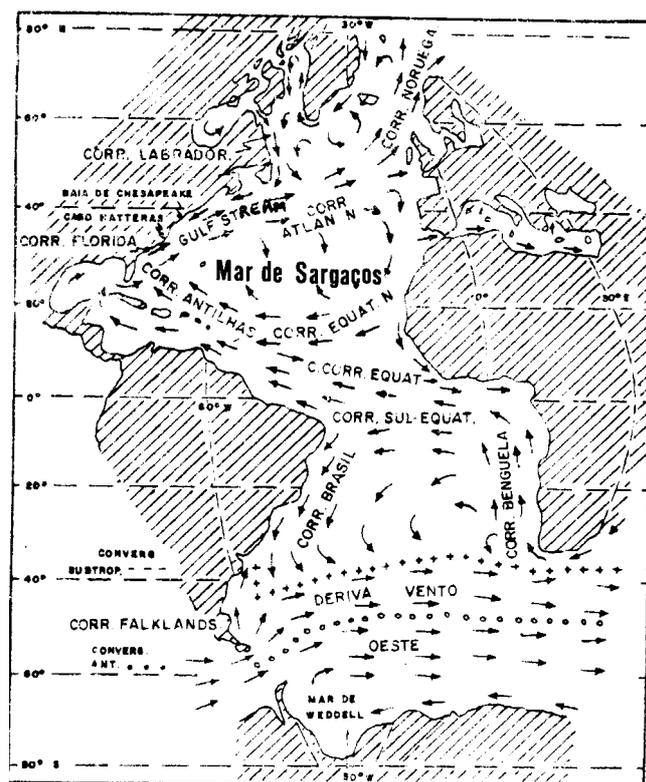
Os Sistemas de Correntes Equatoriais, também chamados “**espinha dorsal da circulação**”, levam os estudiosos a acreditar que os grandes “Giros” ao norte e ao sul são propulsados principalmente pelos Ventos Alísios.

10.12.5 PRINCIPAIS CORRENTES OCEÂNICAS

a. CIRCULAÇÃO SUPERFICIAL NO OCEANO ATLÂNTICO

Na representação esquemática das correntes superficiais no Oceano Atlântico (Figura 10.23) pode-se observar a existência de duas grandes circulações: uma no Atlântico Norte e outra no Atlântico Sul.

Figura 10.23 - Principais Correntes do Atlântico



A circulação no Hemisfério Norte apresenta sentido dos ponteiros de um relógio e no Hemisfério Sul acontece exatamente o oposto.

A circulação no Atlântico Norte está dominada pela Corrente Norte Equatorial e o sistema da Corrente do Golfo.

A Corrente Norte Equatorial flui para Oeste, na região dos Ventos Alísios de NE, alimentada pela corrente que, ao largo da costa África, flui com direção SSW (Corrente das Canárias). Unindo-se do lado ocidental a um ramo da Corrente Sul Equatorial que cruza o Equador e dirige-se ao Caribe, com o nome de Corrente das Guianas, torna-se a Corrente das Antilhas.

O sistema da Corrente do Golfo começa com a junção da corrente que atravessa o Estreito de Yucatan e da Corrente

das Antilhas e compreende o transporte de água para o Norte e Leste, desde o Estreito da Flórida, com os diversos ramos e giros do Atlântico Norte-Oriental, estando formado pela Corrente da Flórida, a Corrente do Golfo ("Gulf Stream") e a Corrente do Atlântico Norte.

A Corrente da Flórida se estende para o Norte desde o Estreito da Flórida até o Cabo Hatteras, reforçada pela Corrente das Antilhas, sendo sua velocidade no Estreito da Flórida maior que 1,6 m/s (3 nós) na superfície, como resultado da diferença de nível que existe entre as águas do Golfo do México e as da costa atlântica dos Estado Unidos, devido provavelmente aos efeitos dos ventos alísios.

A Corrente do Golfo propriamente dita ("Gulf Stream") constitui a parte central do Sistema e vai desde o Cabo Hatteras, de onde se afasta da costa no rumo aproximado NE, até cerca de Latitude 45° N, Longitude 045° W, onde começa a ramificar-se. A "Gulf Stream" é muito bem definida e relativamente estreita (por isso, já foi chamada de "um rio dentro do mar"), apresentando uma velocidade na superfície de 1,2 a 1,4 m/s (2,3 a 2,7 nós).

A Corrente do Atlântico Norte inflete para Leste como continuação da Corrente do Golfo, na altura da Latitude 45° N, fechando o "giro da corrente" do Atlântico Norte. Um ramo da Corrente do Atlântico Norte flui na direção geral Nordeste, dividindo-se posteriormente em Corrente da Noruega (ou Deriva do Atlântico Norte) e Corrente de Irminger.

A Corrente da Noruega dirige-se para o Mar da Noruega e depois para o Ártico, bifurcando-se, por sua vez, em dois ramos, um que banha as costas N e W do Spitzbergen e outro que entra no Mar de Barents. A Corrente da Noruega tem uma importância fundamental, tornando o clima no Norte da Europa e na Escandinávia muito menos frio que o clima das regiões de mesma Latitude do outro lado do Oceano (Groenlândia e Norte do Canadá), banhadas por correntes frias.

A Corrente de Irminger flui para Oeste, pelo Sul da Islândia.

Proveniente do Ártico, flui na direção Sul, do largo da costa E groenlandesa, a Corrente Oriental da Groenlândia, de águas frias. A W da Groenlândia, a Corrente Ocidental da Groenlândia, de águas relativamente mais quentes, corre para o N, entrando na Baía de Baffin, quando suas águas se resfriam e retornam para o S, em conjunto com outras águas árticas, como a Corrente do Labrador, de águas frias, que circula para o Sul, ao largo da costa americana.

Os “giros de corrente” do Atlântico Norte e do Atlântico Sul são separados por uma Contracorrente Equatorial, que corre para Leste e se une a uma corrente que banha a costa da África, desde o Cabo Verde para o Sul e Leste, penetrando no Golfo da Guiné (sendo, por isso, denominada Corrente da Guiné).

Esta Contracorrente Equatorial é mantida em circulação na região das calmas equatoriais devido ao maior nível da superfície do Atlântico Equatorial na parte ocidental do Oceano, em virtude do empilhamento de água originado pelos ventos alísios.

A circulação superficial no Atlântico Sul está compreendida entre a Zona Equatorial e a Convergência Subtropical. Recebe variadas denominações, segundo a região geográfica por ela percorrida (Figuras 10.24 e 10.25).

Figura 10.24 - As correntes superficiais do Atlântico Sul

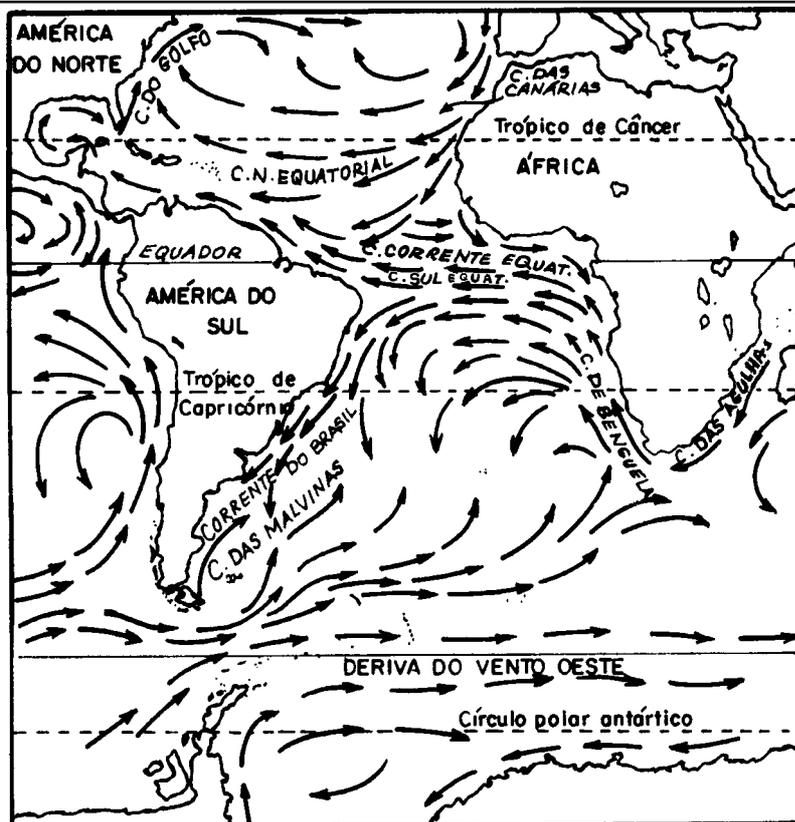
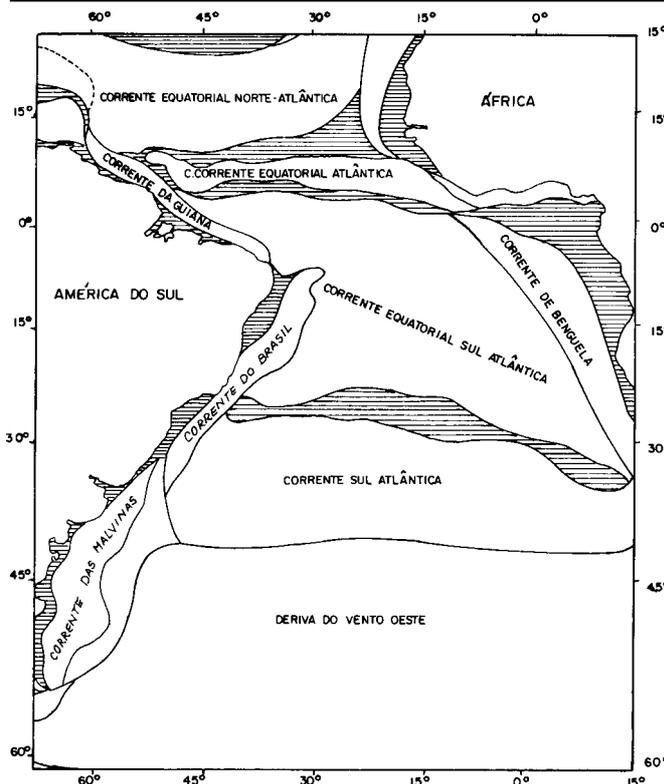


Figura 10.25 - Esquema das principais correntes do Atlântico Sul

A ação dos ventos Alísios de Sueste é a principal responsável pelo giro Sul-Atlântico. Por atrito, os ventos impulsionam as águas para Oeste, formando a Corrente Sul-Equatorial. Embora uma pequena parcela desta corrente passe para o Hemisfério Norte, com o nome de Corrente das Guianas, o grosso inflêta para o sul e segue em uma direção aproximadamente longitudinal (N-S), até uma latitude de cerca de 40° S. Quando ela começa a seguir em seu rumo longitudinal, toma o nome de Corrente do Brasil.

Ao Sul do continente sul-americano, a Corrente do Brasil inflêta para Leste, como parte da Corrente Sul-Atlântica e da Deriva do Vento Oeste, e suas águas atravessam o Atlântico até à África. Junto à costa africana, volta-se para o Norte, indo constituir a Corrente de Benguela.

Uma das características da Corrente do Brasil é ser uma corrente quente e salina, pois provém das regiões equatorial e tropical. Já a Corrente de Benguela é fria e menos salina, devido à contribuição das águas da região subantártica.

A Corrente das Malvinas (Falkland) também tem grande importância no Sudoeste do Atlântico Sul. A Corrente das Malvinas segue próximo ao continente, procedente da região subantártica, afastando para o largo a Corrente do Brasil, até uma latitude de 30° S ou 25° S.

Por vezes, embora não constituam propriamente correntes, podemos encontrar alguns setores mais frios e menos salinos, em latitudes relativamente mais baixas, nas proximidades do litoral brasileiro. Tais setores correspondem a afloramentos de água subsuperficial proveniente da Antártica, e são bem caracterizados no verão, na região próxima ao Cabo Frio.

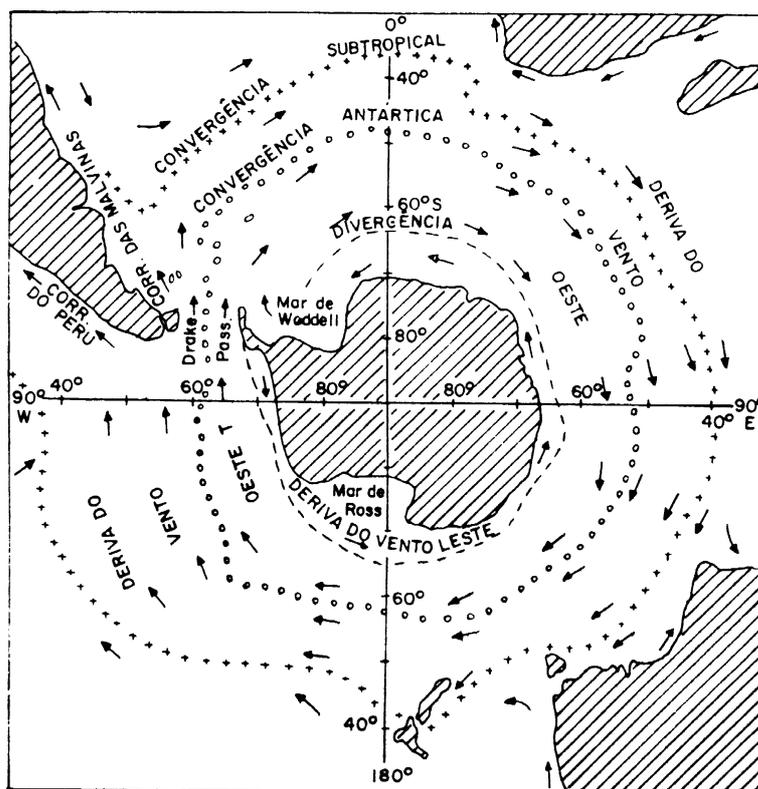
Na Figura 10.25 estão representados os domínios das principais correntes no Atlântico Sul, do Equador a 60° de latitude Sul. As áreas tracejadas são aquelas onde os fluxos são menos definidos, mais variáveis ou caracterizados pela insuficiência de dados.

b. CIRCULAÇÃO GERAL NA ANTÁRTICA

Ao redor de todo o continente antártico circula a **Deriva do Vento Oeste** (ou **Corrente Circumpolar Antártica**), na direção geral Leste (Figura 10.26), apresentando desvios associados às características geográficas e à topografia do fundo.

Junto à costa da Antártica a corrente flui na direção oposta, isto é, para Oeste, conforme mostrado na Figura 10.26, em consonância com os ventos predominantes de Leste (Estes Polares). Nos mares de Weddell e de Ross, duas grandes reentrâncias do continente antártico, a circulação das águas é no sentido ponteiros do relógio.

Figura 10.26 - Oceano Austral: circulação geral e posição média da Convergência Antártica e da Convergência Subtropical



Um dos fenômenos mais característicos existentes nos mares austrais é o das **convergências** – zonas para onde correm as águas que circundam a massa continental da Antártica, mergulhando a grandes profundidades, ao nível das quais prosseguirão em seu lento caminhar para o Norte. É de grande importância conhecer as características básicas da circulação antártica, pois as mesmas massas de água existentes nessa região prolongam-se, em profundidade, penetrando no Oceano Atlântico, conduzindo os mesmos valores (ou quase os mesmos, conforme a distância) de propriedades adquiridas à superfície, na região antártica.

A temperatura das águas situadas em torno do continente antártico é muito baixa: cerca de 0°C , e mesmo inferior a este valor (em certas regiões a temperatura atinge o valor de congelamento da água à salinidade de $34,5 < 194 > : -1,9^{\circ}\text{C}$). À medida que nos afastamos da Antártica, a temperatura dessas águas, constantemente sujeitas aos ventos que ocasionam a Deriva do Vento Oeste, vai aumentando paulatinamente, até atingir um valor próximo de 2°C . De repente, a temperatura aumenta bruscamente para 3°C .

Na região, ou faixa, ao redor de todo o continente antártico, em que a água sofre esse brusco aumento de temperatura, está localizada a **Convergência Antártica**. Aí, as águas, que ao Sul da Convergência moviam-se para o Norte, mergulham e prosseguem em seu caminho na mesma direção. A **Convergência Antártica** localiza-se, principalmente, entre 60° e 50° de Latitude Sul, no Oceano Atlântico.

A partir dessa região, para o Norte, a temperatura da água volta a subir lentamente. Da mesma forma, as águas da **Deriva do Vento Oeste** continuam a circular e, a cerca de 40° de Latitude Sul, observa-se um novo aumento brusco de temperatura, mais nítido que o correspondente à **Convergência Antártica**, com variação da ordem de 4°C . Esta é a região correspondente à **Convergência Subtropical**. Como na **Convergência Antártica**, as águas convergem, afundam e continuam em direção ao Norte. É nos mares austrais que

se forma grande parte das massas de água que vão compor a estratificação do Oceano Atlântico (no Ártico também são “produzidas” massas de água que contribuem para essa estratificação). É através dos “mecanismos” colocados em funcionamento pelas **Convergências Antártica e Subtropical** que aquela contribuição se verifica. As duas Convergências separam as águas superficiais em duas zonas que guardam valores distintos de propriedades da água do mar. A zona que vai do continente antártico à **Convergência Antártica** é denominada **Zona Antártica**. A **Zona Subantártica** estende-se entre as duas **Convergências**.

Na Zona Antártica a temperatura do mar à superfície varia entre $-1,9^{\circ}\text{C}$ e 1°C no inverno, e de -1°C a 4°C no verão. Na Zona Subantártica varia entre 4°C e 10°C no inverno, podendo alcançar 14°C no verão.

c. CORRENTES DO MEDITERRÂNEO E DO MAR NEGRO

Pelo Estreito de Gibraltar penetra no Mediterrâneo uma corrente de superfície, que costeia o norte da África e que, ao chegar na altura da Sicília, bifurca-se. Um ramo desloca-se para a esquerda, banha a costa norte dessa ilha, a costa oeste da Itália e as costas da França e Espanha, terminando em um grande giro a Oeste da Sardenha e de Córsega, rodeando as Ilhas Baleares.

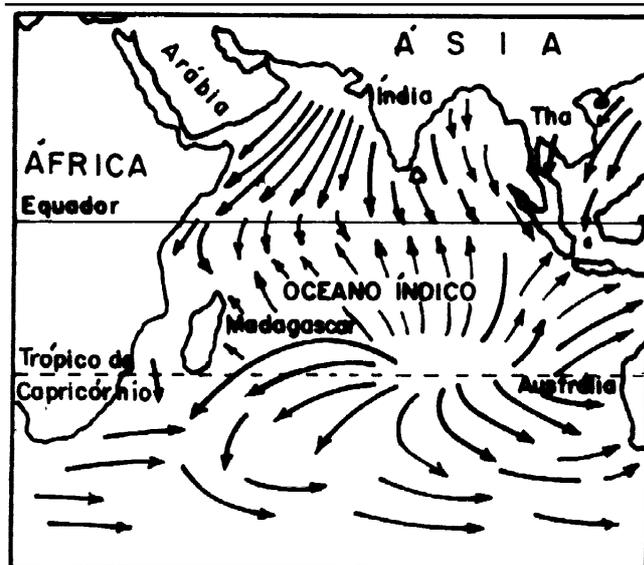
O outro ramo desta corrente segue pelas costas do Egito e da Ásia Menor, pela costa oriental da Grécia, passa junto ao Peloponeso e novamente se bifurca, com um ramo na direção do Adriático e outro que gira para o Sul e Sudeste, para unir-se à corrente geral acima descrita.

Do Mar Negro sai uma corrente de superfície para o Mediterrâneo, pelos estreitos de Bósforo e Dardanelos.

d. CORRENTES DO OCEANO ÍNDICO

A circulação no Oceano Índico tem como característica a **variação sazonal** causada pelas **monções**.

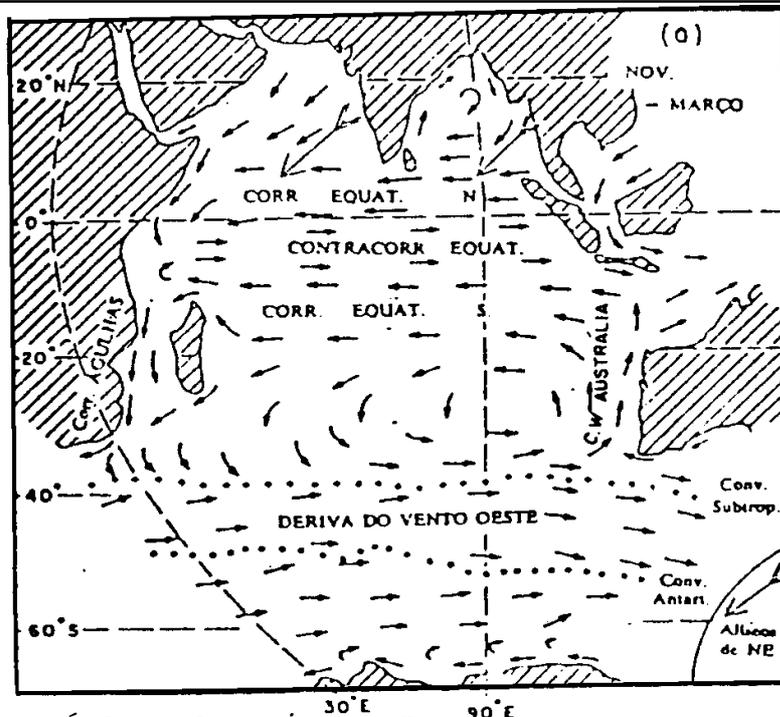
Figura 10.27 - Carta das monções de inverno (novembro a março)



De novembro a março, inverno no Hemisfério Norte, as monções sopram de terra (Figura 10.27), provenientes da massa continental asiática, com ventos NE frios e secos, em virtude dos rigorosos invernos da Ásia Central. Nesse período, a circulação no Oceano Índico é a mostrada na Figura 10.28, com a presença das três correntes equatoriais clássicas (**Corrente Norte Equatorial**, **Corrente Sul Equatorial** e **Contracorrente Equatorial** entre as duas, fluindo para Leste, aproximadamente na Latitude de 7°S). O giro de corrente no sentido anti-horário fica bem definido no Índico Sul. Ao Norte da Latitude de 20°S , a **Corrente Sul Equatorial** flui para Oeste, infletindo depois

para o Sul, alimentando a **Corrente das Agulhas**, que corre entre o continente africano e a grande Ilha de Madagascar. Esta corrente curva-se para Leste depois de percorrer a costa oriental da África, fluindo entre a África do Sul e a Austrália, conforme mostrado na Figura 10.28.

Figura 10.28 - Circulação no Oceano Índico (novembro a março)



Após cruzar o Índico Sul, a corrente inflete novamente para esquerda, fluindo para o Norte como **Corrente Oeste da Austrália** (mais fraca que a **Corrente das Agulhas**, do outro lado do Oceano).

Na costa africana, entre Aden e a Latitude de 5° S, as águas fluem para o Sul.

Quando sopram as **monções de verão**, de maio a setembro, com ventos de Sudoeste, quentes e úmidos (ver Figura 10.29), a **Corrente Norte Equatorial** desaparece, sendo substituída pela **Corrente Monçônica**, de direção Leste, tampouco estando presente a **Contracorrente Equatorial**. A circulação no Oceano Índico no período das **monções de verão** (maio a setembro) está mostrada na Figura 10.30.

Figura 10.29 - Carta das monções de verão (maio a setembro)

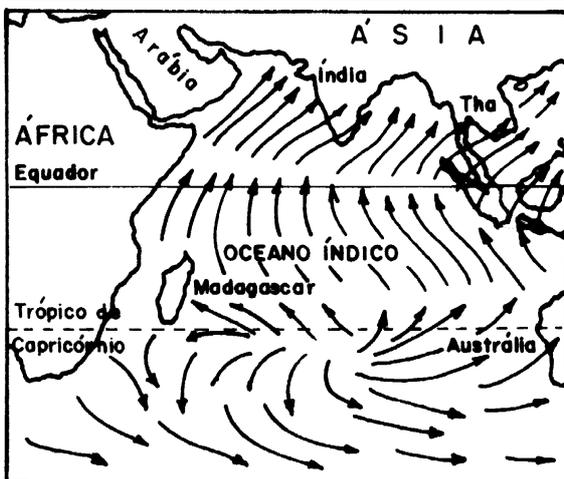
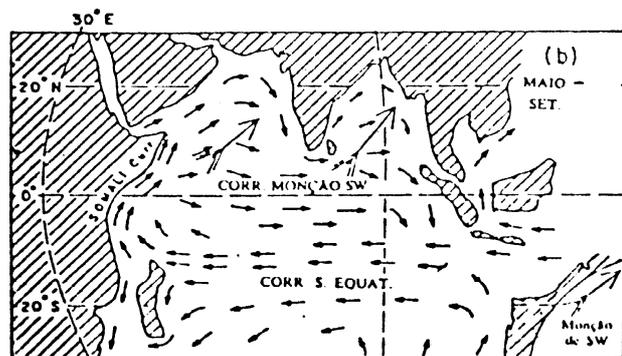


Figura 10.30 - Circulação no Oceano Índico (maio a setembro)

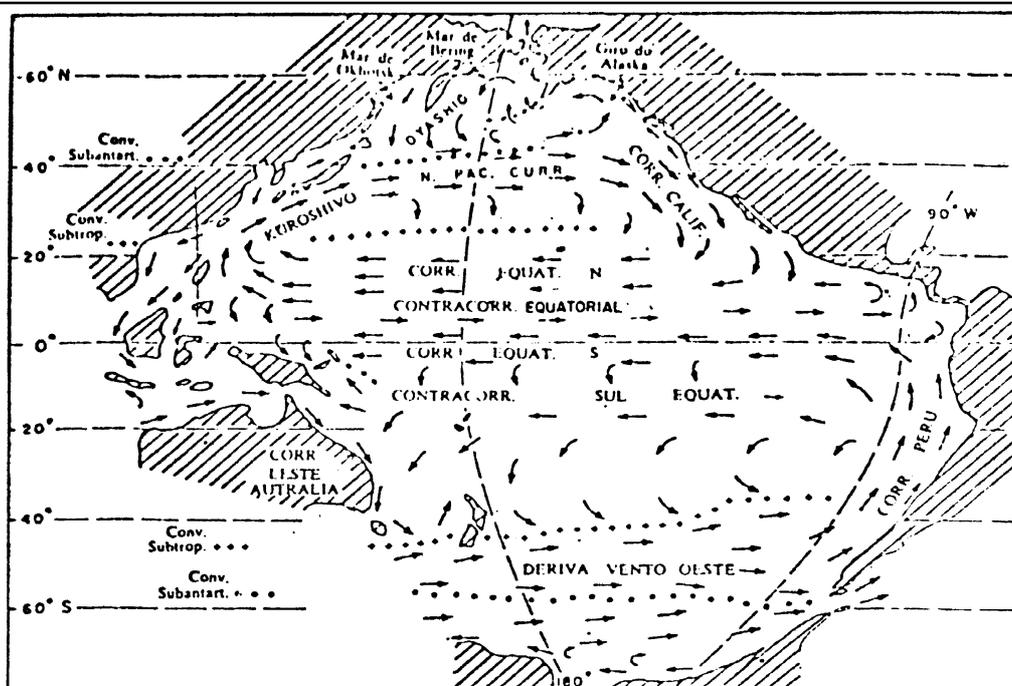


e. CORRENTES DO OCEANO PACÍFICO

No Pacífico Norte, a **Corrente Norte Equatorial** flui para Oeste e, na região ocidental do oceano, se bifurca, com um ramo dirigindo-se para o Oceano Índico, pelos estreitos da Malásia e Indonésia, e outro infletindo para o Norte, para formar parte do **Sistema Kuroshivo**, a **Corrente do Pacífico Norte** e a **Corrente de Tsushima**.

A **Corrente de Kuroshivo** corre na direção geral Norte, próxima ao Japão (Figura 10.31), desde a ilha de Formosa até os 35° de Latitude Norte e mostra certa analogia com a Corrente da Flórida, existente na parte ocidental do Atlântico Norte. Apresenta uma velocidade de cerca de 0,85m/s (1,6 nós). Na Latitude de 35° N, a corrente afasta-se da costa do Japão, inflete para Leste (recebendo a denominação de **extensão da Corrente de Kuroshivo**) e circula nessa direção até aproximadamente a Longitude de 160° E, onde se alarga para logo ramificar-se em duas, mesclando-se o ramo do Norte com a **Corrente de Oyashio**, enquanto que o ramo Sul alimenta a **Contracorrente de Kuroshivo**.

Figura 10.31 - Oceano Pacífico: circulação superficial



A **Corrente do Pacífico Norte** circula desde os 160° de Longitude Leste até os 150° de Longitude Oeste, transportando águas da Corrente de Kuroshivo na direção ESE.

O último componente do **Sistema Kuroshivo**, a **Corrente de Tsushima**, tem direção Norte e circula no Mar do Japão.

Na parte oriental do Pacífico Norte, a **Corrente do Alasca** flui para o Norte, ao largo da costa do Alasca, percorre as Ilhas Aleutas e entra no Mar de Bering, onde suas águas se resfriam e infletem para Sudoeste, para formar a **Corrente de Kamchatka**, que, a partir dos 50° de Latitude Norte, aproximadamente, toma o nome de **Corrente de Oyashio**, para chegar até as ilhas setentrionais do Japão.

A **Corrente da Califórnia**, alimentada pelas águas da **Corrente do Pacífico Norte**, banha as costas ocidentais da América do Norte desde os 48° de Latitude Norte e une-se à **Corrente Norte Equatorial** na Latitude de 23° N. A **Corrente da Califórnia** está associada ao fenômeno de **ressurgência** que se manifesta de maneira notável nos 41° e 35° de Latitude Norte.

A **Corrente Norte Equatorial** e a **Corrente Sul Equatorial** do Oceano Pacífico circulam para Oeste, tendo entre elas a **Contracorrente Equatorial**, que flui para Leste, na região das calmas equatoriais.

A **Contracorrente Equatorial** do Oceano Pacífico está bem desenvolvida e se acha presente durante todo o ano, correndo sempre ao Norte do Equador, porém em Latitude maior durante o verão no Hemisfério Norte. Tem uma velocidade média de 0,5m/s (0,97 nó), mas que pode chegar a 1,0m/s (1,94 nó) e é produzida pela diferença de nível da superfície do oceano, entre a parte ocidental e a oriental, causada pelos **ventos alísios** (que resultam no empilhamento da água a Oeste).

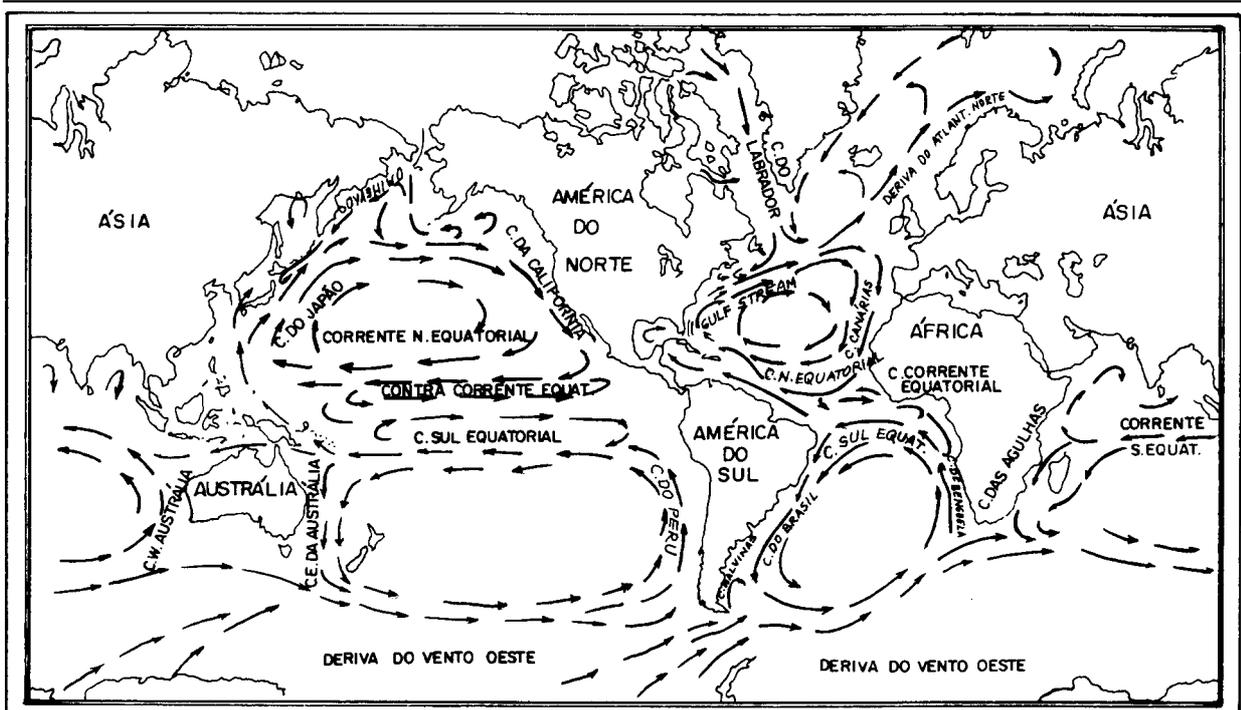
No Pacífico Sul, a **Corrente do Peru** (ou **Corrente de Humboldt**), de águas frias, banha a costa ocidental da América do Sul, tem pouca velocidade e, aos 35° de Latitude Sul, apresenta uma largura de 900 Km (485 milhas). Esta corrente está associada a uma **resurgência** notável em frente às costas do Peru e norte do Chile.

As águas da **Corrente do Peru** convergem com as da **Contracorrente Equatorial** que, no inverno no Hemisfério Norte, dirigem-se mais para o Sul, ao largo das costas do Equador, com o nome de **El Niño**. Algumas vezes, **El Niño** avança em direção ao Sul mais do que é comum, fazendo com que suas águas quentes cheguem até 12° de Latitude Sul, influyendo prejudicialmente na meteorologia dessa região, ao produzir precipitações que são até 100 vezes maiores que o normal e ao causar um grande mortandade entre os peixes que povoam a costa ocidental da América do Sul.

Na parte ocidental do Pacífico Sul flui a **Corrente Leste da Austrália**, menos notável, e na parte meridional, correspondente à região dos ventos de Oeste, corre para leste a **Corrente do Pacífico Sul**, mesclando suas águas com a já mencionada **Deriva do Vento Oeste**.

A Figura 10.32 mostra, de forma simplificada, a **circulação superficial conjunta** de todos os oceanos.

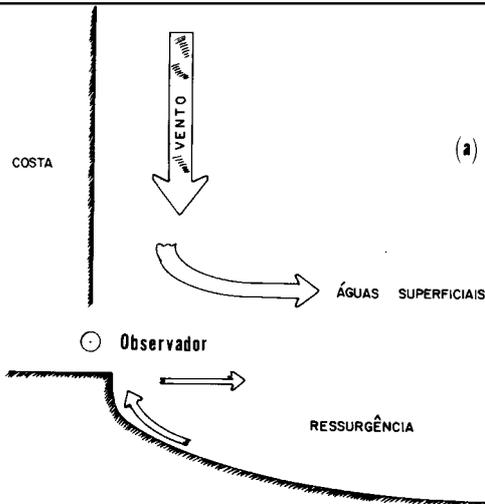
Figura 10.32 - As correntes oceânicas principais



10.12.6 OUTROS FENÔMENOS ASSOCIADOS ÀS CORRENTES OCEÂNICAS

O transporte de água induzido pelo vento desempenha um importante papel na circulação oceânica superficial. Além das correntes, amplos movimentos horizontais das águas, os ventos causam, em determinadas regiões, movimentos verticais de água, que podem ser ascendentes ou descendentes. A emersão ou submersão de águas costeiras é freqüente nas zonas onde os ventos dominantes sopram paralelamente à costa. O vento põe em movimento as águas superficiais. A direção do movimento depende do Hemisfério e da direção do vento (Figuras 10.33 e 10.34).

Figura 10.33 (a) - Ressurgência no Hemisfério Sul



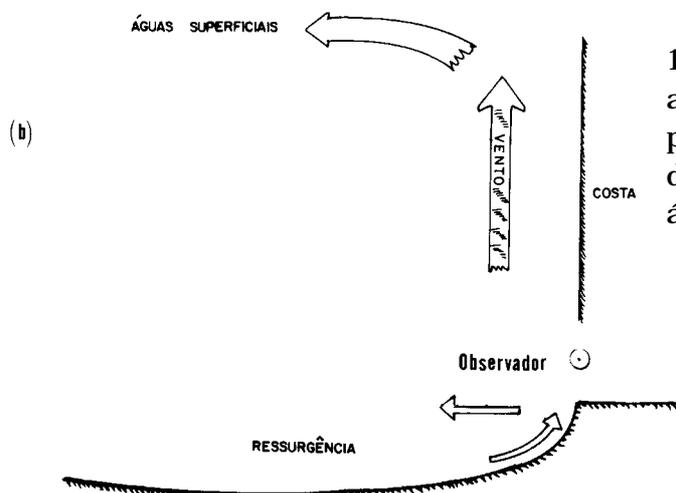
Na Figura 10.33 (a), o vento soprando paralelo à costa, na direção do observador, causará, no **Hemisfério Sul**, um transporte das **águas superficiais** 90° para a **esquerda** da direção para onde sopra o vento. Assim, o movimento superficial resultante induzido pelo vento dirige-se para o mar, fazendo com que ascenda água sub-superficial perto da costa.

Esta lenta corrente ascendente, originária de 100 a 200m de profundidade, chama-se "RESSURGÊNCIA". As correntes ascendentes costeiras são comuns nas

costas ocidentais de todos os continentes. Os movimentos verticais da água levam à superfície do mar substâncias que favorecem o desenvolvimento abundante de fitoplâncton, por isso as zonas de ascensão de águas podem alimentar grandes populações de peixes.

O vento NE, que sopra ao longo do litoral brasileiro, faz com que, na região de **Cabo Frio**, por sua conformação, as águas superficiais sejam impulsionadas para alto-mar. Como resultado, as águas mais frias do fundo, ricas em sais nutrientes, ascendem à superfície, fertilizando a região, num fenômeno típico de **ressurgência**.

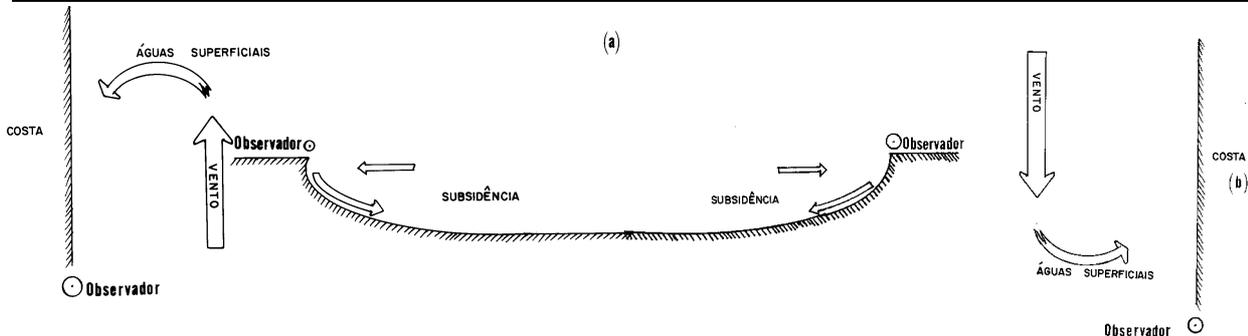
Figura 10.33 (b) - Ressurgência no Hemisfério Sul



Na situação mostrada na Figura 10.33 (b), o vento soprando paralelo à costa, afastando-se do observador, também produziria, no Hemisfério Sul, afastamento das águas superficiais e **ressurgência** das águas sub-superficiais ricas.

Quando os movimentos da água induzidos pelo vento são em direção à costa, produzem-se movimentos de submersão das águas superficiais e o fenômeno denomina-se subsidência, conforme mostrado nas Figuras 10.34 (a) e (b), para o Hemisfério Sul.

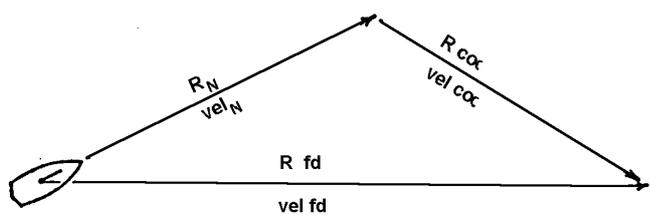
Figura 10.34 - Subsidência no Hemisfério Sul



10.12.7 INFORMAÇÕES SOBRE CORRENTES OCEÂNICAS

Um navio que mantém um rumo, seguindo a agulha de governo, e uma velocidade fixa, estabelecida por um regime constante de rotações do hélice, não se deslocará necessariamente sobre o rumo e a velocidade ordenados. Um dos motivos que afetam o movimento do navio é a existência de **Correntes Oceânicas Superficiais**, que se adicionarão naturalmente ao deslocamento esperado pelo navio, resultando uma discrepância entre o **rumo e velocidade em relação à superfície** e o **rumo e velocidade em relação ao fundo** (Figura 10.35). Haverá, assim, um “abatimento” e um “caimento” e o navio poderá estar em “avanço” ou “atraso”, conforme estudado no Capítulo que abordou a Navegação Estimada.

Figura 10.35 -



Desta forma, torna-se importante para o navegante o conhecimento antecipado dos **elementos da corrente** (R_{cor} e vel_{cor}), a fim de levá-los em consideração no **planejamento** e na **execução da derrota**.

Para a camada superficial, de umas poucas dezenas de metros, existe um bom acervo de informações sobre correntes em grande parte dos oceanos. As informações provêm não só do tráfego marítimo regular, como também de pesquisas oceanográficas. Nas campanhas oceanográficas utilizam-se correntômetros e correntógrafos de vários tipos, para determinação precisa dos elementos das correntes. Além disso, modernamente, determinam-se os elementos das correntes oceânicas por sensoriamento remoto, através do acompanhamento, por satélites, de bóias de deriva e outros tipos de derivadores.

Os Serviços Oceanográficos de vários países passaram a coletar sistematicamente todas essas informações e publicar documentos de fácil consulta pelo navegante: As **Cartas-Piloto** referentes aos vários oceanos. Hoje dispõe-se de um conhecimento razoável da circulação superficial de grande parte dos oceanos. Este conhecimento é substancial e minucioso nas regiões muito freqüentadas por navios, como as principais rotas comerciais do Atlântico e do Pacífico Norte, mas escassa em outras regiões, como o Pacífico Sul Oriental e o Índico Sul.

Ademais, as **correntes variáveis**, como as correntes das monções, do Oceano Índico, não estão bem definidas, mesmo com todas as observações já realizadas. Há necessidade que se estude melhor as condições do Oceano Índico, em determinadas regiões, para se verificar a extensão das mudanças produzidas pelas variações locais do vento, do regime das **monções**.

A Diretoria de Hidrografia e Navegação da MB edita o **Atlas de Cartas-Piloto** referente ao **Atlântico Sul Ocidental**. O *Oceanographic Office* dos Estados Unidos da América publica as *Pilot Charts* relativas aos diversos oceanos.

As **Cartas-Piloto**, preparadas uma para cada mês, apresentam, além de diversas outras informações meteorológicas, oceanográficas e geofísicas de interesse para a navegação, os elementos das **correntes oceânicas superficiais** para diversos locais das áreas nelas representadas. A **direção** (ou **rumo**) **da corrente** é indicada por uma seta e a **velocidade média**, em nós, é impressa ao lado da seta que representa a direção.

Além das **Cartas-Piloto**, algumas **Cartas Náuticas** também indicam, ou informam (em Notas de Precaução), os elementos das **correntes oceânicas de superfície**. Ademais, os **Roteiros** também constituem fontes de informações valiosas sobre as **correntes oceânicas**, devendo ser sempre consultados pelos navegantes.

Os **Roteiros** publicados pela DHN incluem, para cada trecho de costa descrito, uma seção intitulada MARÉS E CORRENTES, onde são apresentadas as principais informações sobre os referidos assuntos.

Reproduz-se abaixo, como exemplo, as informações sobre correntes fornecidas pelo ROTEIRO-COSTA LESTE para o trecho "DO PORTO DE VITÓRIA AO CABO FRIO:

CORRENTES

A corrente ao largo tem a direção geral SW, como velocidade máxima de 1 nó.

Nas proximidades do Cabo de São Tomé:

- a velocidade da corrente aumenta com a aproximação da costa;
- com vento de NE a corrente tem a direção S, junto à costa, e SW ou WSW, mais ao largo, com 0,8 nó ou mais, dependendo da força do vento;
- ventos frescos de SE e S podem anular a corrente; e
- tem-se observado, em algumas ocasiões, uma contracorrente para SW que vai ao encontro do cabo de São Tomé com vento fresco de NE.

Ao largo do Cabo Frio, ventos de NE geram corrente para SW e ventos de SW geram corrente para NE, em ambos os casos com velocidade de 0,5 nó a 1,5 nó, sendo comum estas correntes precederem os ventos.

Próximo ao Cabo Frio, ventos do S geram corrente para o N e ventos de NE geram corrente para W. Uma contracorrente em direção à ilha do Cabo Frio é sentida até 10 milhas a W da ilha, sendo de maior intensidade de setembro a dezembro.

10.12.8 EXERCÍCIOS SOBRE CORRENTES OCEÂNICAS

Dar o nome das correntes oceânicas indicadas por números na Figura 10.36.

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____
- 11 _____
- 12 _____
- 13 _____
- 14 _____
- 15 _____
- 16 _____
- 17 _____
- 18 _____
- 19 _____
- 20 _____

Figura 10.36 -

