

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**  
**ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

**MORENO CORDEIRO MEIRELLES**

**NAVEGAÇÃO EM CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS SEVERAS**

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**MORENO CORDEIRO MEIRELLES**

**NAVEGAÇÃO EM CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS SEVERAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Professor Henrique Vaicberg

Co-orientadora: Professora Laís Raysa Lopes Ferreira

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**MORENO CORDEIRO MEIRELLES**

**NAVEGAÇÃO EM CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS SEVERAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Orientador: Professor Henrique Vaicberg

Co-orientadora: Professora Laís Raysa Lopes Ferreira

---

Assinatura do Orientador

NOTAL FINAL: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família por toda confiança que sempre depuseram em mim e aos meus amigos de camarote que são minha família na Marinha Mercante.

## **RESUMO**

A monografia a seguir relata a importância do entendimento dos processos meteorológicos para a navegação. Será comentado sobre ondas, nuvens de tempestade, os três tipos de ciclones, conhecidos também como sistemas de baixa pressão, e, também, sobre furacões e trombas d'água. Além disso, será falado sobre avarias que navios e cargas possam apresentar desde que venham a enfrentar tais sistemas meteorológicos. E por fim, serão relatadas manobras adequadas para que seja possível navegar em condições severas de tempo.

Palavras-chave: navegação. tempestade. ciclones. avarias. manobras

## **ABSTRACT**

The following monograph reports the importance of understanding of meteorological processes for navigation. It will be commented on waves, thunderstorm clouds, three types of cyclones, also known as low-pressure systems, and on tornadoes and whirlwinds water. In addition, it talked about damages that ships and cargo can present since that may face such weather systems. Finally, appropriate maneuvers will be reported so that you can navigate in severe weather conditions.

Keywords: navigation. thunderstorm. cyclones. damages. maneuvers

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comportamento de uma partícula ao passar de uma onda no mar.....	10
Figura 2: Aparência do mar com vagas sendo formadas.....	11
Figura 3: Marulhos se aproximando da costa.....	12
Figura 4: Movimento das correntes de ar agindo num furacão .....	18
Figura 5: Formação de uma tromba d'água em Honolulu, Haváí .....	21
Figura 6: Contêiner desprendido do cargueiro Rena numa praia da Nova Zelândia.....	24
Figura 7: Graneleiro se aproximando de um mau tempo .....	25
Figura 8: Pesqueiro executando a manobra de capear.....	26
Figura 9: Embarcação atravessando ao mar .....	27

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>ESTUDO SOBRE ONDAS</b> .....	<b>9</b>
2.1.	Princípio de formação de ondas.....	9
2.2.	Principais elementos de uma onda.....	9
2.3.	Comportamento de uma onda.....	10
2.4.	Geração de ondas .....	12
2.5.	Efeito das ondas sobre os navios.....	12
<b>3</b>	<b>EVENTOS CLIMÁTICOS SEVEROS</b> .....	<b>14</b>
3.1.	Nuvens de tempestade.....	14
3.2.	Tipos de tempestades severas.....	15
3.2.1.	supercélulas .....	15
3.2.2.	multicélulas .....	15
3.3.	Ciclones .....	16
3.4.	Ciclones Tropicais .....	17
3.4.1.	evolução de um Ciclone Tropical .....	17
3.4.2.	condições para formação de um furacão.....	18
3.5.	Ciclone Extratropical.....	19
3.6.	Ciclones Subtropicais.....	20
3.7.	Tromba d'água .....	21
<b>4</b>	<b>AVARIAS CAUSADAS POR CONDIÇÕES SEVERAS DE TEMPO</b> .....	<b>23</b>
4.1.	Avarias ao navio .....	23
4.2.	Avarias à carga.....	23
<b>5</b>	<b>NAVEGAÇÃO EM CONDIÇÕES DE MAU TEMPO</b> .....	<b>25</b>
5.1.	Cappear .....	26
5.2.	Correr com o tempo .....	27
5.3.	Sobrevivência de um navio em casos de furacão ou ciclone.....	28
5.3.1.	semicírculo perigoso e semicírculo navegável.....	28
5.3.2.	manobras evasivas.....	29
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>31</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O marítimo que desconsiderar a meteorologia hoje como um possível problema para a navegação está muito equivocado. Mesmo com todos os recursos à navegação existentes nos tempos atuais, a navegação ainda é uma atividade de alto risco e deve-se conhecer a fundo todas as ciências relacionadas a ela, e uma das principais é a meteorologia.

Para se estudar os fenômenos meteorológicos é necessário o conhecimento dos fenômenos atmosféricos que são objetos fundamentais para o entendimento do comportamento da natureza. Alguns fenômenos como os ciclones tropicais, extratropicais ou subtropicais, furacões e outros são explicados neste trabalho para um melhor entendimento da ocorrência de determinados fatos.

Grandes sistemas meteorológicos, como os ciclones afetam diretamente a navegação. Isso ocorre devido às ondas e os ventos de grande intensidade, que podem causar sérios problemas estruturais para o navio ou para a carga.

A partir disso, torna-se cada vez mais necessário que um navegante entenda perfeitamente a formação de tempestades, os efeitos que essas podem ocasionar e atente-se aos recursos de previsão do tempo, como as publicações da Diretoria de Hidrografia e Navegação. Assim poderá se fazer uma melhor previsão dos fenômenos que venham a afetar a navegação e evitar sérios prejuízos.

Estes serão os itens a serem discutidos ao longo dessa monografia e que mostrarão a importância da meteorologia para a navegação.

## 2 ESTUDO SOBRE ONDAS

### 2.1. Princípio de formação de ondas

A principal característica para o processo de formação de ondas é a transferência de energia da atmosfera, por meio do vento, para o oceano. O atrito do ar com a superfície da água tende a arrastar as partículas de água com ele, ou seja, a corrente de ar começa a atuar sobre a superfície do mar e acelera as partículas na mesma. Surgem, então, pequenas deformações com comprimento de 1 a 2 centímetros e o mar começa a apresentar uma certa rugosidade. Caso o vento cesse, a rugosidade também cessará. Essas deformações ocorrem devido ao empilhamento das partículas de superfície em determinadas áreas, essas partículas amontoadas chamam-se cristas. Esse fato resulta em um favorecimento ao crescimento das ondas, em virtude de se observar na pequena ondulação criada, uma pressão maior à barlavento do que à sotavento.

### 2.2. Principais elementos de uma onda

É necessário conhecer os elementos de uma onda antes de avançar nos detalhes dos efeitos das mesmas sobre os navios.

**Tabela 1:** elementos fundamentais de uma onda

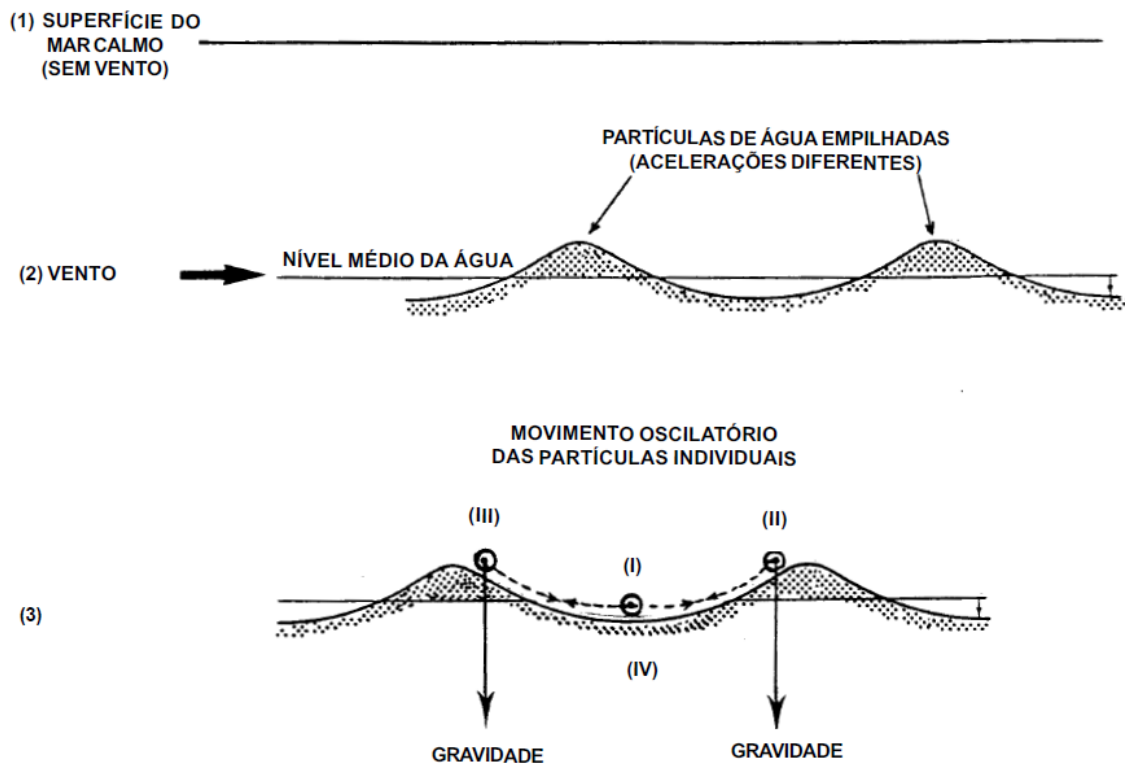
ELEMENTO	DEFINIÇÃO
VAGAS	Ondas formadas no interior de uma zona de turbulência atmosférica, pela ação dos ventos
CRISTA	Parte superior do perfil das ondas
CAVADO	Parte inferior do perfil das ondas
COMPRIMENTO	Comprimento de onda é a distância horizontal entre duas cristas ou dois cavados consecutivos
ALTURA	Altura da onda é a distância vertical entre uma crista e um cavado consecutivo
DIREÇÃO	Direção das ondas é o ponto ou setor do horizonte de onde vem a onda
DECLIVIDADE	É a razão entre a altura e o comprimento de onda. Esta relação é usada para indicar a possibilidade de arrebentação

**Fonte:** VALGAS, 2007

### 2.3. Comportamento de uma onda

Uma partícula de água na superfície do oceano descreve uma órbita quase circular à medida que uma onda passa, mas desloca-se muito pouco na direção do movimento da onda. Conforme a crista passa, a partícula desloca-se para vante, dando à água uma aparência de estar se movendo com a onda. Quando o cavado passa o movimento aparente é dado na direção oposta. O raio da órbita circular diminui com a redução da profundidade, aproximando-se de zero em uma profundidade igual a cerca de meio comprimento de onda.

**Figura 1:** Comportamento de uma partícula ao passar de uma onda no mar



Fonte: MIGUENS, 2000, vol. III

Como a velocidade na parte superior da órbita é maior que na parte inferior, a partícula de água não se encontrará exatamente na sua posição original após a passagem de uma onda, mas terá se deslocado ligeiramente na direção do movimento. Entretanto, como este avanço é pequeno em relação ao deslocamento vertical, um objeto flutuante é elevado e abaixado sucessivamente pela passagem de uma onda, mas move-se pouco com referência à sua posição original. Se isto

não ocorresse, uma embarcação com baixa velocidade não poderia mover-se contra um trem de ondas.

Enquanto o vento sopra, as ondas resultantes são denominadas de vagas. Quando o vento para, ou muda de direção, as ondas que continuam, sem relação com os ventos locais, são denominadas de marulho. Então, as vagas são as ondas formadas pela ação local do vento que sopra em uma determinada área. As vagas têm cristas íngremes, as alturas são algo irregular e variáveis, e os comprimentos são mais curtos. Além disso pode ser observada a existência de ondas menores superpostas a outras, dando a impressão de cristas e cavados duplos.

**Figura 2:** Aparência do mar com vagas sendo formadas



**Fonte:** HERMANN, 2014

À medida que as vagas se afastam de seu local de origem, propagando-se a regiões distantes, onde não mais se fazem sentir os efeitos do vento que as gerou, suas características vão se modificando, atenuando-se vagarosamente. Denominando-se, nesse caso, marulho. O marulho tem cristas mais compridas, o sentido de sua propagação é mais constante e as alturas são menores que as das vagas originais.

**Figura 3:** Marulhos se aproximando da costa



**Fonte:** HERMANN, 2014

#### **2.4. Geração de ondas**

A área geradora de onda é aquela região da superfície oceânica na qual o vento sopra com a necessária intensidade e direção, durante o tempo suficiente para dar lugar a trens de onda capazes de se propagar a distância. Para tal, as delimitações da área deverão apresentar boa pista para essa transferência de energia do vento para a superfície do mar, ou seja, para interação atmosfera-oceano. Dentro da área geradora as ondas se propagam na mesma direção do vento.

Normalmente as grandes ondas encontram-se associadas aos sistemas de isóbaras retilíneas e paralelas, considerando que a direção dos ventos se ajusta sensivelmente a orientação das isóbaras.

Se a área geradora se desloca, a direção deste movimento é fator importante para a intensificação ou abrandamento do estado do mar. Se o movimento da área geradora é na direção das ondas, produz um reforço do processo de formação. Uma pista curta que se desloque na direção do vento produz um mar mais forte que outra pista estacionária de maior extensão.

#### **2.5. Efeito das ondas sobre os navios**

Os efeitos das ondas variam consideravelmente com o tipo do navio, seu rumo e velocidade. Uma embarcação de pequeno porte tem tendência de subir um lado de uma onda e descer o outro lado, enquanto uma embarcação maior irá atravessar as ondas. Se as ondas são de tal comprimento que a proa e a popa do navio fiquem alternadamente sobre cristas sucessivas e cavados consecutivos, o navio é submetido a pesados esforços de alquebramento e, sob condições

extremas, pode partir-se em dois. Uma mudança de rumo pode reduzir o risco. Devido ao perigo de alquebramento, um pequeno navio algumas vezes enfrenta melhor uma tempestade que um navio maior.

Uma onda íntegra é muito menos perigosa que uma onda quebrando. Na primeira, o movimento da água é quase que inteiramente para cima e para baixo, havendo pouco movimento para a frente e para trás; mas, em uma onda quebrando, uma grande massa de água é fortemente projetada da crista, para frente e para baixo, com uma velocidade de cerca de metade da celeridade da onda. Ademais, uma onda que arrebenta naturalmente é mais alta e mais escarpada que as ondas vizinhas. Entretanto, uma onda pode quebrar pelo impacto com o navio e, nesta situação, seu perigo potencial é quase tão grande como o de uma onda que se quebra naturalmente.

Um marulho pesado, causado por um vento forte e prolongado soprando sobre uma pista longa de águas profundas, pode propagar-se por centenas de milhas sem alterar praticamente sua direção. Se este marulho encontra vagas de uma direção diferente, causadas por um vento local forte, resulta um mar desencontrado, confuso e perigoso.

De modo geral, um mar com vagas curtas e escarpadas, ou um mar desencontrado (confuso), é mais perigoso para navios pequenos, enquanto que um mar com ondas longas e pesadas é mais perigoso para navios maiores.

### 3 EVENTOS CLIMÁTICOS SEVEROS

#### 3.1. Nuvens de tempestade

*Cumulonimbus*, ou nuvem de tempestade, é uma nuvem convectiva que produz chuva e relâmpagos. Geralmente produz granizos, fortes frentes de rajada, tornados, e precipitação severa. Como definido por Byers & Braham (1949) e Browning (1977), a unidade básica de um *Cumulonimbus* é chamada de célula. Normalmente vista no radar como um volume de intensa precipitação ou máximo de refletividade, a célula também pode ser descrita como a região de correntes ascendentes relativamente fortes.

Existem três estágios de evolução das *Cumulonimbus*: a fase *cumulus*, a fase madura e a fase de dissipação.

Durante a fase *cumulus*, ou fase inicial, as correntes ascendentes caracterizam o sistema. As nuvens são alimentadas por convergência de vapor na camada limite numa região onde ar quente e úmido convergem em superfície. Apesar de prevalecerem as correntes ascendentes, correntes descendentes próximas ao topo e à base frontal da nuvem podem ocorrer.

A fusão de vários elementos num sistema convectivo caracteriza a transição para o estágio maduro. O processo de fusão está associado com o encontro de correntes descendentes induzidas por frentes de rajadas da adjacência das nuvens. Além do mais, o começo da precipitação na camada inferior da nuvem também é característica da transição dos estágios. Após um certo período, a acumulação de precipitação na nuvem é muito grande para a corrente de ar ascendente suportar.

Conforme a precipitação cai ocasiona um arrastamento no ar, iniciando uma corrente de ar descendente. A criação da corrente de ar descendente é ajudada pelo influxo do ar frio e seco rodeando a nuvem. Este processo intensifica a corrente de ar descendente, porque o ar acumulado é frio e seco e sendo assim, mais pesado.

Até o encontro com a superfície, as correntes descendentes se espalham horizontalmente onde podem erguer o ar quente e úmido para junto do sistema. Na interface entre a corrente descendente fria e densa, e o ar quente e úmido forma-se a frente de rajada. Os ventos em superfície da frente de rajada são ameaçadores, e mudam rapidamente de direção e velocidade. Precipitação muito intensa e localizada também é característica deste estágio.

Uma vez que a frente de rajada se distancia do sistema, o ar erguido não entra mais na corrente ascendente, deixando de alimentar o sistema, formando apenas *Cumulus* de tempo bom

adiante. Este é o começo do estágio de dissipação, que é caracterizado por correntes descendentes nas porções inferiores. As correntes ascendentes enfraquecem mas podem continuar existindo principalmente na metade superior da nuvem. A intensidade da chuva diminui, remanescendo chuva leve de caráter estratiforme.

### 3.2. Tipos de tempestades severas

Existem muitas tentativas de classificar tempestades, pois são de diversos tipos e intensidades. Porém as de mais vigoroso processo convectivo são chamadas de “Supercélula” e “Multicélula”.

#### 3.2.1. supercélulas

Tempestades de Supercélulas são o tipo mais destruidor entre todos. Podem produzir ventos fortíssimos e, até, tornados de longa duração. As correntes ascendentes e descendentes coexistem em um estado praticamente estável por longos períodos.

Este tipo de tempestade está associado com um forte giro do vetor cisalhamento do vento com a altura nos primeiros quatro quilômetros acima da superfície. Ao observar uma Supercélula pelo radar pode-se perceber uma região vazia, chamada *bounded weak-echo region* (BWR), onde as correntes ascendentes são tão fortes que não há tempo suficiente de formar precipitação detectável no radar.

A maioria das tempestades severas são supercélulas. Destacam-se pela sua persistência, de duas a seis horas, em um sistema de uma única célula. As correntes ascendentes podem exceder 40m/s, capazes de sustentar pedras de gelo do tamanho de uma bola de golfe.

#### 3.2.2. multicélulas

Um outro tipo de tempestade severa é a chamada Multicélula, tipicamente composta de duas a quatro células que podem encontrar-se em diferentes estágios de evolução. Alguns estudos se referem aos *cumulus congestus* periféricos como nuvem-alimento, pois se deslocam em direção ao sistema de tempestade e se fundem com a nuvem principal, chamada célula mãe.

Outros, como Browning (1977), se referem à esta linha de cumulus como ‘células filhas’, sendo que essas novas células não se fundem com as células mães, mas crescem rapidamente para serem o novo centro da tempestade. As células novas apresentam regiões fraco sinal



detectável pelo radar, chamadas *weak-echo region* - WER, porém não são tão bem delimitadas como as BWERs das Supercélulas.

O sistema de tempestade, pode ter tempo de vida de várias horas. Sistemas multicélulas também produzem pedras de gelo do tamanho de uma bola de golfe. Elas ocorrem onde há instabilidade atmosférica e onde há intenso cisalhamento vertical.

Há divergências quanto ao critério de distinção entre supercélulas e multicélulas. Pode-se levar em consideração a aparência visual das células filhas, ou alegar que a supercélula é nada mais que uma multicélula onde as células filhas estão agregadas à nuvem, ou mesmo que multicélulas podem se desenvolver em supercélulas. Além do mais, existe uma continua faixa de tipos de tempestades, que vai desde às multicélulas menos organizadas, às mais organizadas, e às supercélulas mais firmes.

### 3.3. Ciclones

O ciclone é um sistema de baixa pressão atmosférica, formado a partir da convecção do ar à superfície e nas redondezas da baixa pressão para o centro do sistema, criando-se uma coluna ascendente de ar e, por fim, o ar se diverge na parte superior do sistema.

O processo de formação dos ciclones é chamado de Ciclogênese, ela ocorre ao longo de sistemas frontais, próximo a um quadrante favorável da região de maior intensidade do *Jet stream*, uma forte corrente de ar de elevada altitude.

O centro do ciclone também é chamado de “olho” e na periferia pode se verificar a formação de inúmeras nuvens de grande desenvolvimento vertical, ou *Cumulunimbus*. Estas são nuvens de tempestade, portanto são responsáveis pela intensa precipitação e pelas descargas elétricas que podem ser vistos nestes ciclones.

Existem três tipos de Ciclones: os Tropicais, os Extratropicais e os Subtropicais. Cada um terá, detalhadamente, suas características comentadas nos próximos preâmbulos. Porém os ciclones possuem duas características comuns a todos os tipos, separados apenas por hemisférios onde ocorrem. São elas: o sentido de rotação e deslocamento da baixa pressão. No Hemisfério Norte o sentido de rotação é o anti-horário e seu deslocamento segue uma trajetória para Leste/Sudeste. Já no Hemisfério Sul seu sentido de rotação é o horário e o seu deslocamento segue uma trajetória para Leste/Nordeste. Estas características serão importantes para se definir a navegação numa condição severa de tempo.

### 3.4. Ciclones Tropicais

Este é nome genérico dado ao vento que se movimenta girando com grande velocidade, cuja pressão diminui no seu interior e adquire uma circulação rotacional organizada e no sentido anti-horário no Hemisfério Norte e horário no Hemisfério Sul.

Os ventos associados a um ciclone tropical normalmente diminuem com a distância em relação ao centro do sistema, onde a pressão atmosférica é a menor. Os ventos mais fortes são normalmente encontrados no lado mais frio e/ou polar destes sistemas, ou seja, nas oclusões e nas frentes frias, onde as forças de gradiente de pressão, local onde a aceleração do ar imposta é gerada pelas diferenças na pressão atmosférica, são as maiores.

Um centro de baixa pressão tropical passa por vários estágios e pode atingir até a condição de furacão, sendo classificados de acordo com o vento sustentável de superfície. São eles: depressões tropicais, tempestades tropicais e furacões/tufões.

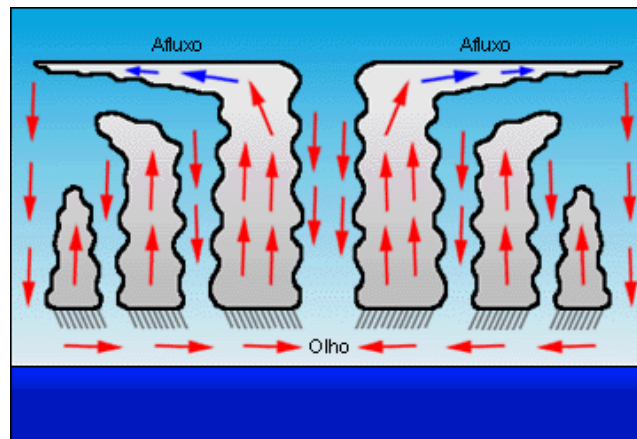
#### 3.4.1. evolução de um ciclone tropical

Pode ser dividida em quatro etapas:

- Nascimento (depressão tropical): primeiro se forma uma depressão atmosférica que se caracteriza porque o vento começa a aumentar na superfície com uma velocidade máxima de 62 km/h; as nuvens começam a se organizar e a pressão começa a decrescer.
- Desenvolvimento (tempestade tropical): a depressão tropical cresce ou se desenvolve e adquire a característica de tormenta tropical, o que significa que o vento continua aumentando a uma velocidade máxima que fica entre 63 e 117km/h, as nuvens se distribuem em forma de espiral, começa a se formar um “olho” pequeno, quase sempre em forma circular, e a pressão continua decrescendo.
- Maturação (furacão): se intensifica a tormenta tropical e adquire a característica de furacão, quer dizer, o vento alcança o máximo da velocidade, podendo chegar a 370km/h, e a área nublada se expande obtendo sua máxima extensão entre os 500 e 900km de diâmetro, produzindo intensas precipitações. O olho do furacão cujo diâmetro varia entre 24 a 40km, é uma área de calmaria livre de nuvens. Ar ascende e condensa formando enormes trovoadas produzindo chuvas fortes (até 25 centímetros por hora) na parede do olho. Perto dos topos das trovoadas, o ar seco flutua para fora do centro. Este ar divergente no alto produz um afluxo anti-ciclônico vários cem quilômetros do olho. Assim que o afluxo atinge o periferal da

tempestade começa a descer e se aquecer, induzindo céu claro. Dentro das trovoadas da parede do olho e dos bandos de chuvas, o ar se aquece por causa das grandes quantidades de calor latente liberado. Este produz pressões leves altas no alto e inicia a descendência do ar no olho e entre cada bando. O ar descendente esquenta por compressão e explica a ausência de trovoadas no centro da tempestade.

**Figura 4:** Movimento das correntes de ar agindo num furacão



**Fonte:** FALLER, 2005

- Dissipação (fase final): Furacões diminuem rapidamente quando percorrem sobre águas frias e perdem a sua fonte de calor. Eles dissipam-se rapidamente sobre a terra porque a sua fonte de ar úmido e quente é removida. Sem um adequado fornecimento de vapor d'água, a condensação e a liberação do calor latente diminuem. Normalmente, a terra é também mais fria do que oceano, e o ar nos níveis baixos é resfriado ao invés de aquecido. Ventos diminuem em força (por conta da fricção adicionada pela superfície da terra) e movem mais diretamente para o centro, causando a elevação da pressão central.

### 3.4.2. condições para formação de um furacão

Um furacão necessita muito do oceano para conseguir força e para nutrir-se, e se move com a rotação da Terra para oeste. Isso implica que vai se formar onde possa correr sem ser interrompido e debilitado por terra firme. Portanto necessita-se de condições bem específicas para que uma tempestade evolua até o ponto de se tornar um furacão. As condições são as seguintes:

- Águas oceânicas quentes (pelo menos  $26,5^{\circ}\text{C}$ ) em uma camada suficientemente profunda, cuja profundidade não se sabe ao certo mas deve ser pelo menos da ordem de 50m. Essas águas quentes alimentarão a engrenagem térmica do ciclone tropical.
- Uma atmosfera que se resfrie rapidamente com a altura para que seja potencialmente instável à convecção úmida, sendo essa atividade convectiva responsável pela liberação do calor armazenado nas águas para o interior do ciclone.
- Camadas relativamente úmidas perto da média troposfera. Níveis médios secos não conduzem ao contínuo desenvolvimento de atividade convectiva em uma vasta área.
- Uma distância mínima de pelo menos 500km da linha do Equador. Para ocorrer ciclogênese tropical, há o requisito de existir a força de Coriolis não desprezível para que o centro de baixa do distúrbio seja mantido
- Um distúrbio pré-existente próximo à superfície com vortacidade e convergência suficientes. Ciclones tropicais não podem desenvolver-se espontaneamente, pois necessitam de um sistema levemente organizado com rotação considerável e influxo nos baixos níveis.
- Valores baixos de cisalhamento vertical de vento entre a superfície e a alta troposfera. Valores altos de cisalhamento desfavorecem ciclones tropicais e podem prevenir sua gênese ou, no caso de um ciclone já formado, pode enfraquecê-lo ou até mesmo destruí-lo dada sua interferência com a organização convectiva em torno do centro do ciclone.

Um fato interessante é que na costa do Brasil não há ocorrência desta evolução de uma tormenta tropical pelo não atendimento das condições propícias, temperatura da superfície do mar acima de  $26,5^{\circ}\text{C}$  e acentuada elevação da umidade relativa do ar quente ascendente. Na verdade, esse fenômeno ocorre em todas as áreas oceânicas tropicais exceto no Atlântico Sul e Pacífico Sul justamente pelo não atendimento das condições propícias.

### **3.5. Ciclone Extratropical**

Ciclones Extratropicais também são sistemas de ar de baixa pressão, só que, diferentemente dos ciclones tropicais eles retiram sua energia das diferenças de temperatura entre as várias camadas da atmosfera. Estes sistemas se formam em qualquer área dentro das regiões extratropicais da Terra, normalmente entre as latitudes de  $30^{\circ}$  e  $60^{\circ}$  de cada hemisfério quase que exclusivamente fora das regiões tropicais, também se originando de massas de ar de origem não-tropicais.

Além disso, os ciclones extratropicais têm seus ventos mais fortes próximos à tropopausa, camada da atmosfera a mais ou menos 12km da superfície. Eles podem ser definidos como sistemas de baixa pressão atmosférica de escala sinótica que ocorrem nas regiões de latitudes médias, onde constituem uma parte importante da circulação atmosférica ao contribuir para o equilíbrio térmico das regiões equatoriais e das regiões polares e se formam por meio de massas atmosféricas com alta instabilidade meteorológica perdendo a sua força quando as diferenças de temperatura ocorrem juntamente com as diferenças de pressão.

Um ciclone extratropical desenvolve-se através de gradientes, ou seja, diferenças de temperatura e de ponto de orvalho. A região onde ocorrem tais diferenças é conhecida como zona baroclínica. Dependendo de sua localização geográfica e de sua intensidade, os ciclones extratropicais recebem outras designações, tais como ciclone de médias latitudes, depressão extratropical, baixa extratropical, ciclone frontal, baixa não-tropical e, em casos específicos, ciclone pós-tropical.

Ciclones extratropicais podem trazer tempo moderadamente severo, com chuvas leves e ventos de superfície entre 15 e 30km/h, ou podem ser frios e perigosos, com chuvas torrenciais e ventos que excedem 119km/h.

Os ciclones extratropicais podem se tornar barotrópicos durante o seu ciclo de vida, quando a distribuição de calor em torno do ciclone se torna razoavelmente uniforme, comparando-se com o seu raio. O ciclone extratropical neste estágio é conhecido como ciclone *cut-off*, ou seja, está desconectado de qualquer sistema frontal e do fluxo zonal. Este estágio marcará o fim do ciclo de vida de um ciclone extratropical.

### **3.6. Ciclones Subtropicais**

Os ciclones subtropicais têm características tanto dos ciclones tropicais como dos extratropicais: retiram energia do ar quente e úmido sobre os mares e são comuns perto da latitude 50° N, área de variação moderada de temperatura. Os ciclones subtropicais também podem se transformar em furacões. Os ciclones subtropicais podem receber a denominação de depressões subtropicais – quando seus ventos são menores que 60km/h – e de tempestades subtropicais – quando seus ventos são iguais ou maiores que 60km/h.

Possuem amplos padrões de vento, com ventos máximos sustentados localizados mais longe do centro do que ciclones tropicais típicos, e não têm sistemas frontais ligados ao seu

centro. Uma vez que eles se formam inicialmente de ciclones extratropicais, os quais possuem temperaturas mais frias do que normalmente encontrado nos trópicos, as temperaturas da superfície do mar necessárias para sua formação são mais baixas do que os limites dos ciclones tropicais em 3°C, situadas em torno de 23°C.

### 3.7. Tromba d'água

Tromba d'água é um grande vórtice colunar (normalmente semelhante a uma nuvem em forma de funil) que ocorre ao longo de um corpo de água. Embora seja muitas vezes mais fraca do que a maioria dos seus homólogos da terra, trombas de água mais fortes podem ocorrer. Não aspiram a água do curso de água sobre o qual estão posicionadas, a água vista na nuvem funil principal são gotas de água formadas pela condensação.

Nuvens que desenvolvem trombas d'água podem ser tão pequenas como uma *cumulus* moderada, ou tão grande como uma supercélula. Existem ocorrências de trombas fortes e, por consequência causam grandes devastações, porém a maioria é mais fraca e causada por diferentes dinâmicas atmosféricas. Elas normalmente se desenvolvem na alta umidade de ambientes com nuvens carregadas e que estão no processo de desenvolvimento. Estas giram para cima, movendo-se para cima do limite de superfície e a partir do cisalhamento horizontal próximo à sua superfície, e, em seguida, esticam-se para cima da nuvem, uma vez que o vórtice de cisalhamento de baixo nível se alinha com uma nuvem cumulus em desenvolvimento. Tornados fracos desenvolvem-se em uma forma semelhante.

**Figura 5:** Formação de uma tromba d'água em Honolulu, Havaí



**Fonte:** <g1.globo.com>

Trombas de água são mais comuns em áreas com domínio de clima tropical, porém existem relatos de ocorrências em latitudes maiores, zonas temperadas como na Europa e nos Grandes Lagos da América do Norte. Em algumas áreas, ainda são popularmente confundidas de maneira incorreta com qualquer ocorrência de chuva forte em uma pequena região.

## **4 AVARIAS CAUSADAS POR CONDIÇÕES SEVERAS DE TEMPO**

### **4.1. Avarias ao navio**

São inúmeros os casos em que se têm avarias causadas à estrutura dos navios por ter sido negligenciado a informação de este estaria na trajetória de um ciclone ou de uma tormenta tropical.

A estrutura do navio sofre e muito com os esforços provocados longitudinalmente pelas vagas, quanto menor o período das ondas, maiores são os danos causados. Pode-se gerar avarias ao costado como fissuras, pequenos rasgos, ou mossas. Pode-se avariar a estrutura da quilha, causando pequenas dobras, devido ao navio ficar suspenso entre duas cristas ou dois vales das vagas, e sua carga exercendo força na quilha devido ao seu peso venha a entortar esta parte do navio. Isso pode gerar, eventualmente, uma ruptura do casco, vindo até, a partir o casco no meio. Outra avaria que pode acontecer, é durante a entrada na barra, se as vagas estiverem muito grandes, e não forem levados em conta, o navio com calado muito grande pode vir a tocar o fundo com força devido ao caturro e a arfagem, causando danos a sua estrutura.

Também podem acontecer avarias devido ao deslocamento da carga. Quando o balanço é muito grande, pode-se haver o deslocamento da carga dentro dos porões ou até de containers estivados no convés, o que prejudica a estabilidade do navio, ocasionando danos ao costado do navio pelo deslocamento da carga, podendo gerar uma banda pelo mesmo motivo ou até ocasionando o emborcamento da embarcação.

Não deve ser esquecido também que nos ciclones extratropicais e subtropicais, têm-se ventos muito frios participando do sistema e como está citado no livro do Comandante Valgas Lobo, o mar severo associado a ventos frios pode gerar gelo no convés e nas estruturas acima da linha de flutuação aumentando assim a GM do navio e prejudicando a estabilidade do mesmo. O que por fim pode gerar problemas estruturais ao navio.

### **4.2. Avarias à carga**

A carga sofre muito com os movimentos de liberdade do navio, principalmente, o caturro e o balanço. Quando o mar está muito severo esses dois movimentos podem ser excessivamente intensificados o que acarreta em sérios problemas para o transportador, a seguradora da carga, o dono e o receptor do carregamento.



**Figura 6:** Contêiner desprendido do cargueiro Rena numa praia da Nova Zelândia



**Fonte:** < [cabedeloemfoco.blogspot.com.br](http://cabedeloemfoco.blogspot.com.br) >

Em relação aos problemas que a carga pode ter quando o navio passa por um sistema de baixa pressão, podemos citar: deslocamento dentro dos porões, containers ou recipientes de transporte por mal recheio da carga; exposição à intempéries como frio, vento e água que podem ser nocivos ou estragarem a carga por esta não poder ser exposto a tal fatores; queda no mar de containers ou carga estivada no convés devido ao jogo excessivo do navio; especificamente falando dos containers frigoríficos, pode-se ter a desconexão das tomadas de refrigeração ou algum dano à estrutura elétrica que fornece a energia necessária para alimentar as tomadas de refrigeração, já que estas estão localizadas no convés; entre outras avarias que podem afetar a carga durante seu transporte e que podem criar sérios prejuízos ao armador.

## 5 NAVEGAÇÃO EM CONDIÇÕES DE MAU TEMPO

Para qualquer navegante se faz necessário o conhecimento amplo da meteorologia de onde irá navegar, bem como saber exatamente o que fazer em situações de mau tempo. Dessa forma, qualquer navegante precisa entender o comportamento meteorológico de todo o planeta com objetivo de nunca ser surpreendido por qualquer situação no mar.

Atualmente existem inúmeros métodos de tomar conhecimento da previsão do tempo, por exemplo no Brasil, a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) auxilia os navegantes através de publicações como: Cartas Sinóticas, Avisos aos Navegantes e Avisos de Mau Tempo. E deve-se ressaltar a enorme evolução das comunicações, possibilitando assim que todos tenham acesso a tais publicações em tempo hábil para se preparar e tomar as atitudes necessárias, de forma que nenhum navio fique entregue à própria sorte, como era feito na navegação antiga. Portanto, para que um navio seja de fato surpreendido por um mau tempo de grandes proporções, é bastante provável que seja por negligência dos condutores de tal embarcação.

Entretanto, mesmo com toda tecnologia existente, navegar ainda é uma ação de grandes riscos, pois muitas vezes não se pode evitar o mau tempo. Por este motivo existem métodos corretos de se navegar sob estas condições severas.

**Figura 7:** Graneleiro se aproximando de um mau tempo



**Fonte:** <disnautica.com>

### 5.1. Capear

Pôr o navio à capa ou capear é manter o navio com a proa chegada ao vento e ao mar, para suportar o mau tempo, com pouco seguimento.

Capear faz com que se reduza o balanço até um nível aceitável, porém torna o caturro máximo. A ação das ondas sobre o navio é mais violenta do que quando se corre com o tempo (tópico que será visto no próximo preâmbulo), pois o movimento das ondas é oposto ao movimento do navio. Tomar a decisão de capear ou correr com o tempo deve-se levar em consideração que a proa é mais reforçada que a popa e, assim, pode resistir mais ao embate das ondas.

**Figura 8:** Pesqueiro executando a manobra de capear



**Fonte:** <electromarinaservice.gr>

Existem duas indicações de que o navio está sendo severamente castigado quando em estão nesta manobra de capear. A primeira é a forte culapada (pancada experimentada quando a proa sai de uma onda e choca-se com a onda seguinte). Isto produz um choque que pode ser sentido através do navio e é uma indicação da intensidade da força das ondas.

A segunda é sentida através de uma vibração vertical de baixa frequência, pois o navio naturalmente se inclina verticalmente sob o peso da água embarcada na proa após mergulhar nas ondas.

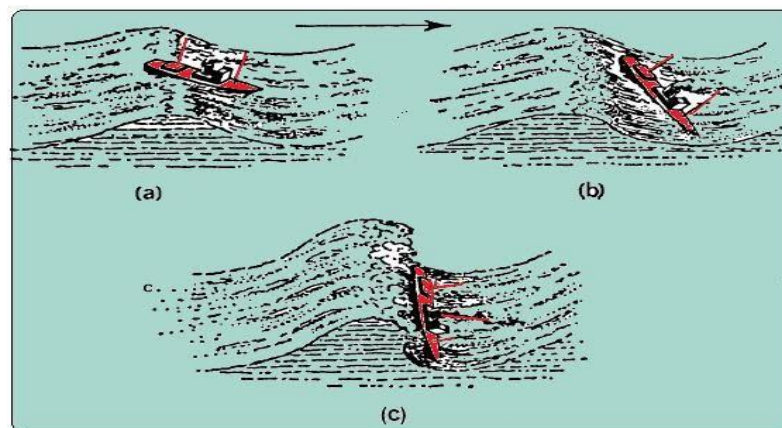
Existem medidas para amenizar esses esforços sofridos pelo navio. Uma redução de apenas dois nós na velocidade pode ser a diferença entre choques fortes e caturros aceitáveis; tomar o mar de bochecha faz com que a frente de ondas chegue menos abruptamente ao navio; e estar com o navio compassado, ou com um leve trim pela popa (para assegurar que o hélice não ventile), auxilia a embarcação a passar seguramente pelo mau tempo.

## 5.2. Correr com o tempo

Correr com o tempo basicamente é navegar com o mar de popa. Esta manobra deve ser feita o mais lentamente possível, pois, com o mar de popa, à proporção que a velocidade aumenta, aproxima-se da velocidade de propagação das ondas e o navio fica sem movimento relativo com respeito às ondas. Nesta situação, o navio terá menos eficácia no leme e poderá ficar muito tempo em posições críticas, tais como estando apoiado sobre duas cristas consecutivas nas extremidades, ou sobre uma crista a meio, quando o comprimento da onda for sensivelmente igual ao comprimento do navio.

Além disso, uma embarcação tomando o mar de popa tem a tendência a deslizar nas ondas quando está passando por uma crista, e combinado com a aceleração positiva na passagem de uma crista e negativa no dorso da mesma, o navio tende a atravessar ao mar, que é a pior situação num mau tempo.

**Figura 9:** Embarcação atravessando ao mar



Fonte: <catalaocml.com>

A navegação correndo com o tempo requer uma constante supervisão do governo para que o navio não atravesse o mar. Porém, apesar dos riscos, muitos navios preferem correr com o tempo, ao invés de capear, por ser uma manobra mais suave e, conseqüentemente, evitar avarias ao navio ou à carga.

### **5.3. Sobrevivência de um navio em casos de furacão ou ciclone**

Durante um furacão ou ciclone, as ondas perdem sua forma normal, conforme suas cristas são despedaçadas pelo vento e o ar torna-se uma mistura de chuva e *spray* (borrifos). Nesta situação, caso o navio perca a propulsão ou energia elétrica, ele perderá a habilidade para controlar seus movimentos e ficará numa situação praticamente irreversível. Um navio sem máquinas e sem leme irá atravessar ao mar e sucumbir.

O mais aconselhável é deixar o navio fora dos cavados das vagas, pois uma vez no cavado (atravessado ao mar) será muito difícil escapar, afinal qualquer controle que o leme e os hélices possam exercer sobre o navio será sobrepujado pela ação das vagas severas.

É fundamental que se escolha entre capear ou correr com o tempo. De fato, o navio é feito para suportar as ondas mais severas de proa (de modo geral, a estrutura de vante do navio é reforçada para aguentar mar pesado). Porém, quando se está capeando, a velocidade do navio é somada à do mar, logo o impacto resultante é maior, e não se pode reduzir muito a velocidade para não correr o perigo de perder o governo e atravessar ao mar. Assim, quando capeando, deve-se manter a menor velocidade com que seja possível garantir o governo. Já quando se corre com o tempo, reduz-se relativamente a velocidade das ondas, mas expõe a popa à frente de ondas e ela não tem a forma adequada, nem é reforçada para resistir à ação direta das vagas.

#### **5.3.1. semicírculo perigoso e semicírculo navegável**

Para que se saiba exatamente como proceder mediante a esses tipos de tormentas, deve-se entender que durante a passagem delas o vento é ciclônico e, portanto, a área afetada pode ser subdividida em semicírculo perigoso e semicírculo navegável. Essa subdivisão é devido ao estado do mar, à maior intensidade dos ventos e ao perigo do navio ser arrastado na direção da tormenta.

A trajetória inicial de um furacão é na direção Oeste, porém ela tem um desvio regular ao longo de seu deslocamento, sendo mais frequente se observar o furacão se dirigir para Oeste/Noroeste/Norte/Nordeste no Hemisfério Norte, e para Oeste/Sudoeste/Sul/Sudeste no

Hemisfério Sul (DONN, 1978). Isso faz com que o semicírculo perigoso no Hemisfério Sul (HS) seja a esquerda da trajetória e no Hemisfério Norte (HN) seja a direita da trajetória, pois qualquer navio que esteja inserido em alguma dessas áreas estará sendo empurrado junto com a trajetória da tormenta e estará recebendo ventos e ondas ainda mais severas.

### 5.3.2. manobras evasivas

A tabela a seguir exibirá recomendações para que um navegante possa sair de forma eficaz de uma tormenta tropical severa.

**Tabela 2:** Manobras recomendadas para situações de tormentas de grandes proporções

<b>HEMISFÉRIO</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>MANOBRA</b>
<b>NORTE</b>	Semicírculo perigoso	Tomar o vento pela bochecha de boreste e navegar a maior distância possível
	Semicírculo navegável	Tomar o vento pela alheta de boreste e navegar a maior distância possível
	Na rota da tormenta, avante do centro	Governar em rumo que permita receber o vento duas quartas para a direita da alheta de boreste (157° relativos) e navegar a maior distância possível até chegar ao semicírculo navegável
	Na rota da tormenta, a ré do centro	Evitar o centro, tomando o melhor rumo que o estado do mar permita. Saber que no HN a tendência das tormentas é alterar a trajetória para norte e nordeste
<b>SUL</b>	Semicírculo perigoso	Tomar o vento pela bochecha de bombordo e navegar a maior distância possível
	Semicírculo navegável	Tomar o vento pela alheta de bombordo e navegar a maior distância possível
	Na rota da tormenta, avante do centro	Governar em rumo que permita receber o vento duas quartas para a esquerda da alheta de bombordo (202° relativos) e navegar a maior distância possível até chegar ao semicírculo navegável
	Na rota da tormenta, a ré do centro	Evitar o centro, tomando o melhor rumo que o estado do mar permita. Saber que no HS a tendência das tormentas é alterar a trajetória para sul e sudeste

**Fonte:** VALGAS, 2007

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A meteorologia na vida de um navegante é essencial, pois a sobrevivência do mesmo depende de seus conhecimentos sobre a natureza em que vive, ou seja, o mar. Na realização deste trabalho foi possível perceber que o correto entendimento dos processos meteorológicos, ou seja, efeitos de uma tempestade mesmo distante de onde a mesma se encontra, direção da trajetória de uma tormenta, tendência da ronda dos ventos, entre outros, é a diferença entre um bom navegante e um completo despreparado. Tendo isso em vista e conhecendo o navio em que se está navegando, é possível tomar a correta decisão sobre o que fazer em meio a uma tempestade severa.

O objetivo principal deste trabalho não é ensinar os fenômenos atmosféricos que existem ou como eles influenciam na mudança do tempo, mas que além de conhecer os fenômenos, sua formação, ou seja, a teoria da meteorologia como um todo, é preciso saber como se deve agir em situações mau tempo, onde muitos podem sucumbir caso lhes falte devidos conhecimentos.

Como foi visto, têm-se três tipos de ciclones, os tropicais: geralmente muito fortes e possíveis formadores de furacões. Têm-se também os extratropicais: são característicos das médias latitudes, não tão fortes quanto os tropicais, porém provocam ventos fortes e mares grossos. E por último, têm-se os ciclones subtropicais: ocorrem nas altas latitudes, de poder muito grande também e ventos extremamente fortes.

Além dos tipos de ciclones, foram descritos os tipos de avaria que são geradas quando se enfrenta um mau tempo. Elas são prejudiciais ao transporte marítimo por provocarem atrasos e intervenções das seguradoras, dessa forma, aumentam as despesas do transporte marítimo, interferindo diretamente no cumprimento dos contratos.

Portanto, a antecipação de sistemas fortes ou de mau tempo é crucial para que a navegação seja tranquila, sem avarias e problemas ao navio, à carga e ao consumidor. Além disso, a meteorologia previne que seus efeitos venham a tomar proporções exorbitantes. Não tem como se evitar os ciclones e outros tipos de sistemas meteorológicos, mas uma boa e clara previsão será essencial e de grande ajuda para todos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MIGUENS, Altineu Pires. **Navegação: a Ciência e a Arte:** Vol III - Navegação Eletrônica e em Condições Especiais. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2000.

LOBO, Paulo Roberto Valgas; SOARES, Carlos Alberto. **Meteorologia e Oceanografia:** Usuário Navegante. Rio de Janeiro: FEMAR, 2007.

VIANELLO, Rubens Leite; ALVES, Adil Rainier. **Meteorologia Básica e Aplicações.** 2ª ed. Minas Gerais: UFV, 2013.

Diretoria de Hidrografia e Navegação. **Manual de Meteorologia de Passadiço.** Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 1991.

BRASIL. MARINHA DO BRASIL. **Diretoria de Hidrografia e Navegação.** Disponível em: <<https://www1.mar.mil.br/dhn/?q=inicial>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. NATIONAL WEATHER SERVICE. **National Hurricane Center.** Disponível em: <<http://www.nhc.noaa.gov/>>. Acesso em: 21 jun. 2015.

FALLER, Daiane G. **Praias:** Saiba mais sobre elas. Disponível em: <<http://www.cem.ufpr.br/praias/pagina/pagina.php?menu=home>>. Acesso em: 21 jun. 2015.