

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

SHAYANE DOS REIS DIAS

**A UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS METEOROLÓGICOS E OCEANOGRÁFICOS PARA
OTIMIZAÇÃO DA NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM NO BRASIL**

RIO DE JANEIRO
2015

SHAYANE DOS REIS DIAS

**A UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS METEOROLÓGICOS E OCEANOGRÁFICOS PARA
OTIMIZAÇÃO DA NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM NO BRASIL**

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: 1T (RM2-T) Vinicius Oliveira
Mestre em Meteorologia

RIO DE JANEIRO

2015

SHAYANE DOS REIS DIAS

**A UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS METEOROLÓGICOS E OCEANOGRÁFICOS
PARA OTIMIZAÇÃO DA NAVEGAÇÃO DE CABOTAGEM NO BRASIL**

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: 1T (RM2-T) Vinicius Oliveira

Mestrado em Meteorologia

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Aos meus pais e ao meu irmão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que até aqui me sustentou e me deu forças pra continuar.

Aos meus pais, Syrio e Deise, e meu irmão Felipe por todo tempo, incentivo e amor dedicados a mim desde sempre.

A todas as pessoas com lugar importante na minha vida que, cada uma da sua forma, me ensinaram, motivaram e até me cobraram para que essa pesquisa fosse concluída. Em especial, Thiago, que me incentivou, cobrou e me ajudou com as pesquisas, textos, edição e revisão do trabalho. E também minhas amigas de camarote, por todo carinho e companheirismo, tornando cada momento de tensão mais leve, dentre elas, em especial, Rafaela, por ter me ajudado a todo o tempo com a formatação deste trabalho, Priscila, que revisou junto a mim cada detalhe e dúvida. Eloah, que me forneceu materiais importantes e ferramentas para o término desta pesquisa e Isabelle Benevides, que dividiu comigo até o fim os momentos de desespero e edição deste trabalho.

Ao meu orientador, Tenente Vinicius, por toda paciência, dedicação e disponibilidade a cada um dos seus alunos e orientandos.

RESUMO

No decorrer deste trabalho são descritas as influências dos fenômenos meteorológicos atuantes na costa brasileira e os produtos meteorológicos utilizados para amenizar seus efeitos e manter o navio e a tripulação em segurança. São também esclarecidos os conceitos de cabotagem, como suas vantagens e desvantagens e a definição das limitações físicas da área que esse tipo de navegação abrange no que diz respeito ao território brasileiro. Sabendo-se que é preciso de uma a seis horas de antecedência para preparar o navio para condições extremas (o que confirma a necessidade dos boletins de aviso e das previsões meteorológicas precisos e feitos com a antecedência já prevista e conhecida) e que a área de navegação de cabotagem no Brasil é extensa e possui uma considerável gama de influências meteorológicas, podemos ratificar a importância do assunto abordado por este trabalho. É sabido também que, o bom navegante deve fazer um estudo do local por onde passa, para que sua derrota seja segura, e esse estudo só é permitido através do conhecimento do território, conhecimentos atmosféricos, oceanográficos e do reconhecimento de cada um dos instrumentos disponibilizados para a otimização da navegação, no caso específico deste trabalho, da navegação de cabotagem. Em suma, é reforçado que a navegação necessita de informações provenientes da meteorologia, pois estas são imprescindíveis nos dias atuais e que não há forma de se navegar com segurança sem os seus recursos.

Palavras chave: Navegação de cabotagem. Costa brasileira. Produtos meteorológicos. Segurança. Fenômenos meteorológicos.

ABSTRACT

In this paper describes the influence of meteorological phenomena active on the Brazilian coast and weather products used to soften its effects and maintain the ship and the safety crew. Also clarified the cabotage concepts such as its advantages and disadvantages and the definition of the physical limitations of the area that covers this type of navigation with regard to Brazil. Knowing that it takes from one to six hours in advance to prepare the ship for extreme conditions (which confirms the need for warning bulletins and accurate weather forecasts and made with the advance already established and known) and the area of coastal shipping in Brazil is extensive and has a considerable range of meteorological influences, we confirm the importance of the issue addressed by this work. It is also known that the good navigator should make a study of the place wherever he goes so that their defeat is safe, and this study is only allowed through the knowledge of the territory, atmospheric, oceanographic knowledge and recognition of each of the instruments available to optimize the navigation, in the specific case of this work, of coastal shipping. In short, it is stressed that the navigation needs information from the weather, as these are essential these days and there is no way to safely navigate without its resources.

Keywords: Coastal navigation. Brazilian coast. Weather products. Security. Meteorological phenomena.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Sistema ZCAS	17
Figura 2	Ciclone próximo à Islândia	18
Figura 3	Tempestade subtropical Andrea no Atlântico, de 2007	19
Figura 4	Furacão Catarina, em 2004	20
Figura 5	Célula de Hadley	21
Figura 6	Metarea V	36
Figura 7	Área alcançada	42
Figura 8	Área SAR sob responsabilidade do Brasil	44
Figura 9	Cartas de Pressão	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
BNDO	Banco Nacional de Dados Oceanográfico
ENOS	El Niño Oscilação Sul
ODP	Oscilação Decadal do Pacífico
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
JST	Jato subtropical
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul
BPME	Boletins de Previsão Meteorológica Especial
SAR	<i>Search And Rescue</i>
ENC	Cartas Náuticas Eletrônicas
UFPR	Universidade Federal do Paraná
HS	Hemisfério Sul
HN	Hemisfério Norte
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
OLR	Radiação de Onda Longa
FPA	Frente Polar Atlântica
MPA	Massa Polar Atlântica
MTA	Massa Tropical Atlântica
CHM	Centro de Hidrografia da Marinha
SOLAS	Salvaguarda da Vida Humana no Mar
MSI	<i>Maritime Safety Information</i>
RENEC	Rede Nacional de Estações Costeiras
VHF/HF	<i>Very High Frequency/High Frequency</i>
ERMJR	Estação Rádio da Marinha no Rio de Janeiro
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
ECDIS	Sistema de Carta Eletrônica (<i>Electronic Chart Display Information System</i>)
CBMET	Congresso Brasileiro de Meteorologia
WWNWS	World-Wide Navigational Warning Service
VCAN	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
OMI	Organização Marítima Internacional
OHI	Organização Hidrográfica Internacional
LES	Land or Coast Earth Station
AOR-E	Região Oceânica Atlântico Leste
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
MSI	Maritime Safety Information
RIPEAM	Regulamento Internacional Para Evitar Abalroamento no Mar
OMA	Oscilação Multidecadal do Atlântico
OAN	Oscilação do Atlântico Norte
FOE	Funções ortogonais empíricas
IODP	Oscilação Decadal do Pacífico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivo	15
2	FENÔMENOS QUE INFLUENCIAM A COSTA BRASILEIRA	16
2.1	Zona de Convergência do Atlântico Sul	16
2.2	Ciclones	17
2.2.1	Ciclone extratropical	17
2.2.2	Ciclone subtropical	19
2.2.3	Ciclone tropical	19
2.3	Zona de Convergência Intertropical	20
2.4	Frentes	24
2.4.1	Frente fria	25
2.4.2	Frente quente	25
2.4.3	Frente estacionária	26
2.4.4	Frente oclusa	26
2.4.5	Mecanismos de frentes	26

2.5	Alta Subtropical do Atlântico Sul	26
2.6	Ondas de Leste	27
2.7	ODP	28
2.8	ENOS	29
2.8.1	El Niño e La Niña e seus efeitos no Brasil	30
2.9	Sistemas de Brisas	31
2.10	VCAN	32
2.10.1	VCAN tipo PALMÉN	33
2.10.2	VCAN tipo PALMER	33
2.11	Gradiente inter-hemisférico de TSM no Atlântico	34
3	PRODUTOS METEOROLÓGICOS E OCENOGRÁFICOS	35
3.1	Modelos Numéricos	35
3.1.1	Modelo atmosférico	36
3.1.2	Modelo oceanográfico	37
3.1.3	Modelo de ondas	37
3.2	Boletins	38
3.2.1	Boletim de tempo e mar (Meteoromarinha)	38

3.2.2	Boletins de Previsão Meteorológica Especial (BPME)	40
3.3	Avisos	41
3.3.1	Avisos de mau tempo	41
3.3.2	Avisos aos navegantes	41
3.3.3	Avisos-rádio náuticos	42
3.3.4	Avisos-rádio SAR	42
3.4	Cartas	44
3.4.1	Cartas de pressão à superfície	44
3.4.2	Cartas náuticas <i>raster</i>	46
3.4.3	Cartas náuticas eletrônicas (ENC)	46
3.5	Previsões, publicações e dados	46
3.5.1	Publicações náuticas	47
4	APLICAÇÃO NA CABOTAGEM BRASILEIRA	48
4.1	Definição	48
4.1.1	Vantagens	48
4.2	Cabotagem no Brasil	49
4.3	Aplicação dos produtos na cabotagem brasileira	50

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 INTRODUÇÃO

Com relação aos fenômenos meteorológicos já conhecidos, sabe-se que eles influenciam de maneiras diferentes cada região da Terra. Neste trabalho serão abordados os fenômenos que afetam especificamente a costa do Brasil de alguma maneira, seja alterando o regime pluviométrico ou o tempo atuante da região. Para tamanhas variações, existe a necessidade de se conhecer e de se prever o seu comportamento, para que não ocorram surpresas negativas na agricultura, navegação, segurança da população, entre outros setores da economia e da sociedade.

Atualmente já se vê um enorme avanço na área da previsão desses fenômenos. A meteorologia é a ciência que estuda a atmosfera terrestre e seus aspectos mais tradicionais e conhecidos, que são a previsão do tempo e a climatologia. Condições de tempo como a temperatura do ar, a umidade do ar, a pressão do ar, a velocidade e direção do vento, tipo e quantidade de precipitação e o tipo e quantidade de nuvens definem o grau de dificuldade da navegação, que é o foco deste trabalho.

Esta pesquisa tratará da importância desses estudos e as previsões das condições de navegação para período e região específicos com a antecedência necessária para que catástrofes e desperdícios sejam evitados, priorizando o território de cabotagem brasileiro e os produtos mais frequentes utilizados nessa navegação.

É sabido que a navegação na costa brasileira sofre a influência de uma série de fatores estudados pela meteorologia, que serão explicitados durante este estudo. O prévio e esclarecido reconhecimento desses fenômenos atuantes na referida costa são de extrema importância para que suas influências sejam previstas e encaradas da maneira mais segura possível.

A intenção desta pesquisa é, além de discorrer e conhecer os fenômenos meteorológicos acima citados e definir, de forma clara, o que é a navegação de cabotagem (mais especificamente no Brasil), também é apresentar os produtos utilizados nas suas previsão e prevenção, que auxiliam a navegação de cabotagem para a otimização e facilitação do dia a dia dos nautas.

1.1 Objetivo

GERAL: O objetivo da monografia é definir melhores produtos meteorológicos e oceanográficos para otimização da navegação de cabotagem na costa brasileira, levando-se em consideração os fenômenos nela atuantes.

2 FENÔMENOS QUE INFLUENCIAM A COSTA BRASILEIRA

Neste capítulo serão citados, e brevemente explicados, os fenômenos observados na costa brasileira e que afetam a navegação de cabotagem nessa área.

2.1 Zona de Convergência do Atlântico Sul

De acordo com o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, climatologicamente a zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) pode ser identificada, na composição de imagens de satélite, como uma banda de nebulosidade de orientação Noroeste/Sudeste, estendendo-se desde o sul da região amazônica até a região central do Atlântico Sul.

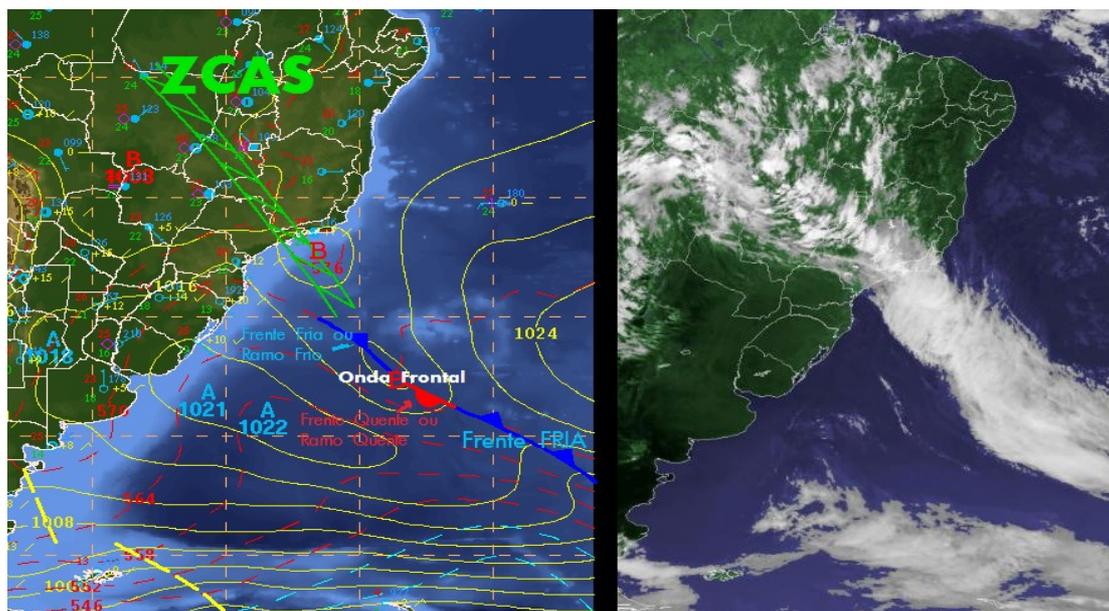
Diversos podem ser os fatores locais, porém, o único consenso parece ser quanto ao papel da convecção na região Amazônica. Em um estudo observacional das zonas de convergência subtropicais, essas zonas aparecem somente quando duas condições de grande escala são satisfeitas:

- O escoamento de ar quente e úmido, em baixos níveis, em direção às altas latitudes;
- um jato subtropical (JST) em altos níveis fluindo em latitudes subtropicais.

Ainda de acordo com o CPTEC, o escoamento em baixos níveis intensifica a convergência de umidade enquanto, combinado com o JST, intensifica a frontogênese no campo da temperatura potencial equivalente, influenciando na geração da instabilidade convectiva. O estabelecimento desse padrão de circulação está claramente associado à atividade convectiva na Amazônia e Brasil Central, que intensifica o JST em altos níveis, em um processo de conversão de energia cinética divergente em energia cinética rotacional. Em baixos níveis a convecção também contribui na intensificação da Baixa na região do Chaco, que fortalece a convergência de ar úmido sobre a região.

A figura abaixo explica o fenômeno tratado acima, mostrando a região de atuação, as pressões, frentes e ondas.

Figura 1: Sistema ZCAS



Fonte: zeweather.blogspot.com

2.2 Ciclones

Um ciclone (ou depressão ou centro de baixas pressões) é uma região em que ar relativamente quente se eleva e favorece a formação de nuvens e precipitação. Por isso, tempo chuvoso e nublado, chuva e vento forte estão normalmente associados a centros de baixas pressões. A instabilidade do ar produz um grande desenvolvimento vertical de nuvens cumuliformes associadas a cargas de água.

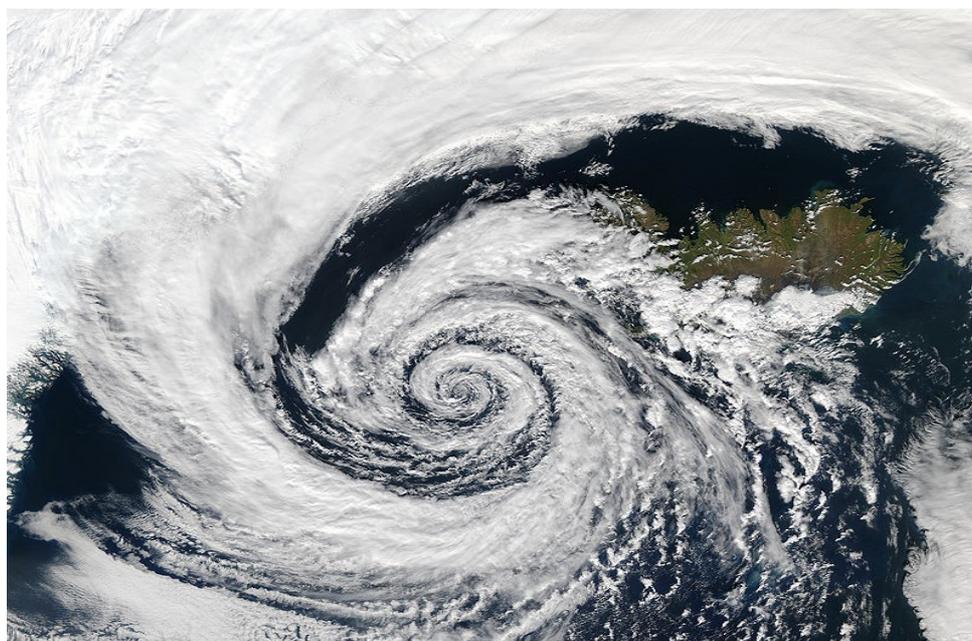
2.2.1 Ciclone extratropical

De acordo com o *Australian Institute of Marine Sciences*, ciclone extratropical é um fenômeno meteorológico caracterizado por fortes tempestades e ventos, que faz parte de uma família maior de fenômenos meteorológicos, a família dos ciclones. São 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 contribuírem para o equilíbrio térmico das regiões equatoriais e das regiões polares. 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. Os ciclones extratropicais obtêm sua energia por métodos diferentes daqueles usados por outros fenômenos ciclônicos, tais como ciclones tropicais e as baixas polares, permitindo a sua classificação como sistemas de "núcleo frio". Estes ciclones são chamados de "extratropicais" porque se formam quase que exclusivamente

fora das regiões tropicais, e também por se originarem de massas de ar de origem não-tropical. Estes sistemas também são chamados de "ciclones" devido à sua natureza ciclônica. No Hemisfério norte, os ciclones extratropicais giram em sentido anti-horário e, no Hemisfério sul, giram em sentido horário. 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.

Ainda de acordo com o Instituto, a maioria dos ciclones extratropicais produz ventos fortes e chuvas moderadas a torrenciais. Assim como o ciclone tropical, intensos ciclones extratropicais também são capazes de causar a maré de tempestade, uma elevação do nível do mar associada ao sistema. Dependendo da intensidade do sistema, estes fatores secundários podem provocar tantos estragos quanto o próprio ciclone. Os ciclones extratropicais formam-se em massas atmosféricas com alta instabilidade meteorológica e perdem a sua força quando se tornam barotrópicos, ou seja, quando as diferenças de temperatura ocorrem juntamente com as diferenças de pressão. Algumas regiões costeiras são frequentemente afetadas por ciclones extratropicais, embora alguns sistemas particularmente intensos possam causar tanta destruição quanto um ciclone tropical.

Figura 2: Ciclone próximo à Islândia



Fonte: www.wikipedia.com.br

2.2.2 Ciclone subtropical

Segundo o já citado Instituto australiano, um ciclone subtropical é um sistema climático que possui algumas características de um ciclone tropical e outras de um ciclone extratropical. Em meados de 1950, os meteorologistas não estavam claros se deveriam caracterizá-lo como um ciclone tropical ou extratropical. Por volta de 1972, o Centro Nacional de Furacões reconheceu oficialmente essa categoria de ciclone.

Os ciclones subtropicais começaram a receber nomes de fora da lista oficial de ciclones tropicais da bacia do Atlântico em 2002. 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 baixas 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 . Isso também significa que os ciclones tropicais formam-se mais provavelmente fora dos limites tradicionais das temporadas de furacão.

Figura 3: Tempestade subtropical Andrea no Atlântico, de 2007



Fonte: www.wikipedia.com.br

2.2.3 Ciclone tropical

Segundo a definição apreendida do *Australian Institute of Marine Sciences*, um ciclone tropical do Atlântico sul é um ciclone tropical que se formou no Oceano Atlântico sul. Este fenômeno é extremamente raro, pois no Atlântico sul, fortes ventos de cisalhamento (que impedem a formação de um ciclone tropical) e pela ausência de

perturbações tropicais ou de uma zona de convergência intertropical ao sul da linha do Equador. Na era dos satélites geoestacionários, foram registrados apenas quatro ciclones tropicais que tiveram força equivalente a uma depressão tropical ou mais, embora haja controvérsias, principalmente por partes dos meteorologistas brasileiros, quanto as suas naturezas tropicais. Como em outras partes do hemisfério sul, se um ciclone tropical formar no Atlântico sul, provavelmente será entre Dezembro e Maio, período quando às águas do Oceano Atlântico ficam quentes.

Figura 4: Furacão Catarina, em 2004



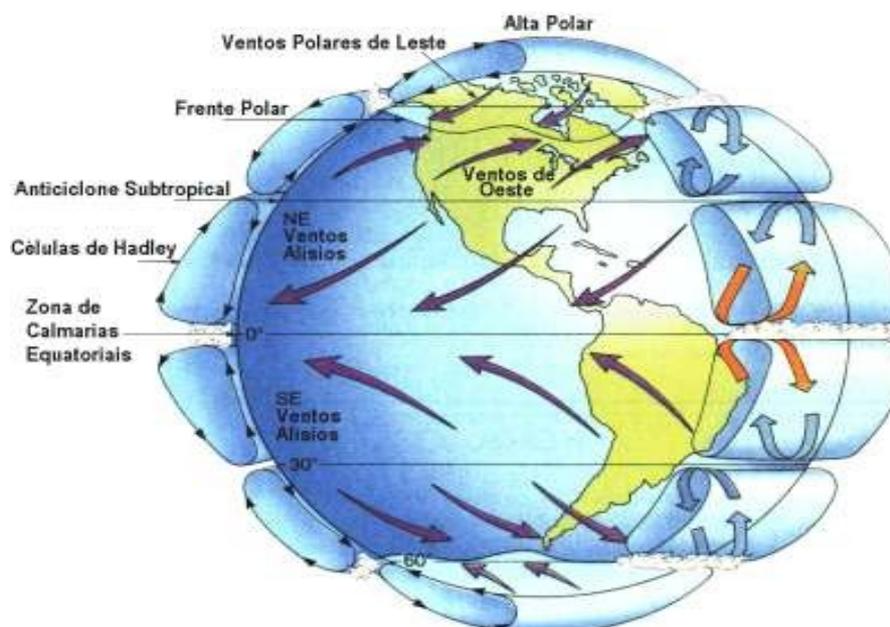
Fonte: www.wikipedia.com.br

2.3 Zona de Convergência Intertropical

De acordo com dados do CPTEC, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos, ela é parte integrante da circulação geral da atmosfera. Dentro desta circulação geral da atmosfera, existem três cinturões de ventos que são observados em cada hemisfério do planeta Terra.

A figura abaixo representa a divisão da Terra em zonas por pressões e ressalta as áreas de calma e eventos como anticiclones, frentes e ventos.

Figura 5: Célula de Hadley



Fonte : fisica.ufpr.br

- A ZCIT está localizada no ramo ascendente da célula de Hadley;
- Essa circulação atua no sentido de transferir calor e umidade (dos oceanos) dos níveis inferiores da atmosfera das regiões tropicais para os níveis superiores da troposfera e para médias e altas latitudes (manutenção do balanço térmico global).

Na escala planetária, a ZCIT está localizada no ramo ascendente da célula de Hadley, atuando no sentido de transferir calor e umidade dos níveis inferiores da atmosfera das regiões tropicais para os níveis superiores da troposfera e para médias e altas latitudes. Entretanto, a ZCIT dinamicamente num geral é uma região de baixa pressão, tendo convergência de escoamento em baixos níveis e divergência em altos níveis, sendo a fonte principal de precipitação nos trópicos (chuvas fortes), responsável por condições de mau tempo sobre uma extensa área e o desenvolvimento vertical das nuvens que se estende até a alta troposfera das regiões tropicais, sendo que a base das nuvens, inclusive, pode baixar até o solo.

Ainda segundo o CPTEC, a interação terra – mar é de grande importância para se entender o posicionamento da ZCIT ao norte e ao sul do equador. Diversas variáveis físicas são utilizadas para localizar as flutuações no posicionamento médio da ZCIT. Quanto a influência das áreas continentais, pode-se numerar:

A distribuição global dos continentes influencia os sistemas de ventos de grande escala nos trópicos.

Na região dos Oceanos Atlântico e Pacífico, os continentes têm menor influência, predominando os ventos alísios de leste (variação Leste-Oeste na termoclina/profundidade das águas).

A grande quantidade de terra que envolve o Oceano Índico faz com as monções que cruzam o equador terrestre sejam mais proeminentes do que os alísios.

Quanto às influências da ZCIT especificamente no Brasil, diversos tipos de pesquisas já foram amplamente estudados e divulgados por variados autores, que afirmam que a ZCIT é um dos principais sistemas geradores de precipitação na região Norte e Nordeste do Brasil. As análises que indicam o posicionamento da ZCIT e que definem a qualidade de uma estação chuvosa em uma determinada região são feitas por algumas variáveis físicas.

Segundo o CPTEC, a quantidade de precipitação durante o verão do HS na região Norte, é influenciada por fatores como os mecanismos de brisa marítima que particularmente ocorre o ano todo, a penetração de sistemas frontais, pois nessa época do ano a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) está mais para o oceano permitindo assim que o fenômeno de bloqueio não ocorra dentro do continente, o aparecimento da Baixa do Chaco que aumenta a confluência em baixos níveis e dessa maneira articula a convecção profunda associada a alta umidade vinda da floresta Amazônica e enfim a ZCIT que na estação de verão está posicionada em latitudes que compreendem a parte norte e nordeste do Brasil. No inverno a ZCIT está posicionada em latitudes mais ao norte, entretanto sua influência restringe-se apenas ao estado de Roraima.

Em anos de El Niño, de acordo com a observação de centros, inclusive o CPTEC, o ramo descendente da célula de Walker se desloca para a região sobre a Amazônia inibindo a convecção. Os ventos Alísios de nordeste estão bem mais fracos, diminuindo assim o fluxo de umidade vinda dos oceanos que penetra na região Amazônica. Contudo, a ZCIT está posicionada bem mais ao norte do que sua posição normal e então períodos de El Niño são extremamente secos, durante o que seria a estação chuvosa (janeiro, fevereiro e março - JFM) da região Norte, mais precisamente na Amazônia Central. A região Nordeste fica bem ao sul da ZCIT em anos secos, ou seja, em uma região preferencialmente de subsidência que inibe a precipitação.

Em termos de influências da ZCIT no Brasil, existem diversos tipos de pesquisas que já foram amplamente estudados e divulgados, que afirmam que a ZCIT é um dos principais sistemas geradores de precipitação na região Norte e Nordeste do Brasil. As análises que indicam o posicionamento da ZCIT e que definem a qualidade de uma

estação chuvosa em uma determinada região são feitas por variáveis físicas que já foram apresentadas no item anterior.

A quantidade de precipitação durante o verão do HS na região Norte, é influenciada por fatores como os mecanismos de brisa marítima que particularmente ocorre o ano todo, a penetração de sistemas frontais, pois nessa época do ano a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) está mais para o oceano permitindo assim que o fenômeno de bloqueio não ocorra dentro do continente, o aparecimento da Baixa do Chaco que aumenta a confluência em baixos níveis e dessa maneira articula a convecção profunda associada a alta umidade vinda da floresta Amazônica e enfim a ZCIT que na estação de verão está posicionada em latitudes que compreendem a parte norte e nordeste do Brasil.

No inverno a ZCIT está posicionada em latitudes mais ao norte, entretanto sua influência restringe-se apenas ao estado de Roraima.

Em suma, a banda de nebulosidade associada à ZCIT do Atlântico Oeste exerce grande influência na convecção e precipitação no nordeste.

De acordo com as observações feitas pelos estudos desses centros, há mudança de posição ao longo do ano devido a variações na circulação atmosférica e na TSM, situando-se mais ao norte em julho e outubro (com posição mais ao norte em torno de 14°N) e mais ao sul em janeiro e abril (posição extrema entre 5° e 6°S), implicando em distintas condições sobre o nordeste.

E Em anos chuvosos (secos) no nordeste, quando a ZCIT está deslocada mais para o sul (norte) , o anticiclone subtropical do HN (HS) está mais intenso do que o normal, assim como os alísios de nordeste (sudeste) estão mais fortes.

Relação semelhante pode ser afirmada para as TSM do Atlântico Tropical: quando as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes (frias) a ZCIT se posiciona mais ao sul (norte) e o nordeste experimenta um ano chuvoso (seco).

Segundo estudos do CPTEC, a variabilidade no comportamento da ZCIT pode ser avaliada através de OLR, indicando regiões com presença de convecção ativa;

Variabilidade diária da ZCIT: A presença e posição de nebulosidade na região equatorial apresentam grande variabilidade diária, principalmente nas épocas que existe migração da ZCIT.

2.4 Frentes

A movimentação do ar é sustentada pela repartição desigual da energia solar e influenciada pela rotação da Terra. Esses movimentos são os determinantes das zonas climáticas nos diferentes lugares do Planeta. Assim, a posição média dos principais centros de ação e os ventos dominantes ocasiona o dinamismo do ar sobre a superfície.

Sendo assim, pode-se inferir que os tipos climáticos do Brasil dão-se através da grande movimentação do ar, causado pelo dinamismo da atmosfera. Com isso, percebe-se que o território brasileiro é bastante influenciado por massas de ar e frentes.

Frontogênese é o encontro de duas massas de ar de características diferentes, especialmente em termos de densidade, temperatura, umidade e pressão, gerando uma superfície de descontinuidade. Sua dissipação é a frontólise.

Segundo Ferreira (2006), a mistura do ar quente com o ar frio provoca a elevação de uma massa sobre a outra, ocasionando variação na temperatura e diferença na densidade do ar. Esta instabilidade atmosférica gera bastante nebulosidade, causando muita chuva. Uma frente fria ou quente ocorre sempre entre dois centros de altas pressões, sendo ela própria um lugar comum de baixas pressões, assim uma área frontal, sempre determinará uma circulação ciclônica, cercada por circulações anticiclônicas.

De acordo com Mendonça (2007), a passagem de um sistema frontal é marcado pela perturbação atmosférica, sendo às vezes provocado pela expulsão do ar quente, originando a frente oclusa. Ferreira (2006) afirma que, às vezes a orografia pode causar o retardamento de uma frente quente ou fria, tornando-a estacionária, isto é, ela perde sua força e começa a mover-se lentamente.

As frentes são classificadas em frente ártica/antártica e frentes polares. Assim, a frente ártica/antártica ocorre através do contato das massas de ar polares, principalmente no inverno. Já a frente polar que é fortemente ativa, separa o ar polar do ar tropical.

Esta frente divide-se em: frente fria e frente quente. Elas caracterizam o dinamismo da atmosfera, pois exerce consideráveis contrastes térmicos, o que determina a sucessão dos tipos de tempo. Dessa forma, a frente polar atlântica (FPA) representa grande importância na definição dos tipos de tempo e na configuração climática da América do Sul, principalmente no Brasil.

Assim, a massa polar atlântica (MPA) ao atingir o litoral sul do Brasil, junta-se com a massa tropical atlântica (MTA) e provoca muita chuva acompanhada de ventos, as vezes ela se estende chegando até a região amazônica provocando o fenômeno friagem, que é a queda brusca de temperatura, com ventos razoavelmente frios.

2.4.1 Frente fria

Para Mendonça (2007) uma frente fria ocorre quando uma massa de ar frio que é mais denso e mais pesado avança em direção a uma massa de ar quente, empurrando-a para cima e para frente, obrigando-a a sair da área, seja por elevação ou por advecção.

De acordo com Ferreira (2006), ela é bem definida, com múltiplas camadas de nuvens e quando passa por uma determinada região, o ar denso e frio toma o lugar do ar quente, que é forçado a subir rapidamente, causando o aparecimento de nuvens cumuliformes. Assim, essa frente provoca muitas trovoadas que podem ser acompanhada por granizo e ventos de rajada.

Mendonça (2007) afirma que, as frentes frias podem apresentar deslocamento rápido e instável ou deslocamento lento e estável. Sendo que as de deslocamento rápido ocorrem geralmente entre as regiões polares subtropicais, enquanto as de deslocamento lento atua na zona intertropical.

2.4.2 Frente quente

A frente quente é formada quando o ar quente tenta tomar o lugar do ar frio. Segundo Ferreira (2006) quando ela se aproxima, o ar aquecido entra em contato com o ar mais frio e denso e começa a subir, formando as nuvens cirros.

A ocorrência de frentes quentes é geralmente marcada por uma massa de nuvens de considerável extensão, e as chuvas que caracterizam sua passagem são contínuas e de pequena intensidade, acompanhadas pela formação de nevoeiros na superfície (Mendonça,2007).

De acordo com Ferreira (2006), esta frente normalmente é causada na América do Sul pelo retorno de uma frente fria que não consegue avançar. No Brasil, elas são mais presentes nos meses de inverno, época que as frentes frias não atingem a região Centro-Oeste, por causa do escoamento nos altos níveis e da grande massa de ar seco e quente que predominam a área neste período do ano.

Segundo Mendonça (2007), essas frentes podem ocorrer de duas maneiras, seja por deslocamento lento, provocando chuva contínua devido à formação das nuvens *stratus* e *nimbostratus* com rotação dos ventos. Ou por deslocamento rápido, assim, a massa de nuvens *nimbostratus* forma os *cumulonimbus* que podem originar chuvas rápidas.

2.4.3 Frentes estacionárias

Segundo Lobo et al (1997), uma frente estacionária é uma fronteira entre ar quente e ar frio que resulta quando uma frente fria ou quente deixa de se mover. Quando ela se volta a mover, volta a ser fria ou quente. Uma frente estacionária é representada simbolicamente por uma linha sólida com triângulos que apontam para o ar quente e semicírculos que apontam para o ar frio.

2.4.4 Frente oclusa

Ainda de acordo com Lobo et al (1997), uma frente oclusa é uma zona de transição na qual uma frente fria, movendo-se mais depressa, ultrapassa e obstrui uma frente quente, fazendo elevar-se todo ar quente. A chuva contínua característica das frentes quentes é seguida imediatamente pelos aguaceiros associados às frentes frias.

2.4.5 Mecanismos de frentes

Sobre a influência desses últimos itens (frentes) para a região estudada neste trabalho, pode-se dizer que os mecanismos responsáveis pela penetração de frentes na América do Sul para dentro da bacia Amazônica foram discutido por Paegle (1987). Ele sugeriu que a direção anticiclônica da trajetória dos distúrbios de latitudes médias, nas vizinhanças de montanhas, pode ser importante. Pode explicar com isso o movimento em direção ao equador de sistemas frontais sobre o lado leste dos Andes.

2.5 Alta Subtropical do Atlântico Sul

Segundo as análises lidas no endereço eletrônico do CBMET, a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é um dos sistemas de pressão meteorológicos permanentes da circulação atmosférica global. Seu centro está em geral localizado sobre o oceano Atlântico, entre o Brasil e África, próximo ao paralelo 30°C. A ASAS existe o ano todo, mas varia de intensidade e de posição média, afastando-se ou aproximando-se do Brasil. As variações de intensidade e de posição da ASAS são determinantes para a previsão diária do tempo e para a previsão climática. Quando a ASAS fica forte e seu centro fica próximo ou sobre o Brasil, o ar fica muito subsidente sobre o país, o que reduz os níveis de umidade do ar. A diminuição da umidade está diretamente relacionada com redução da nebulosidade e conseqüentemente com a diminuição da chuva. Nesta época do ano, no início do verão, uma intensificação da ASAS sobre o Brasil faz com que tenhamos menos chuva e um calor intenso, pois o sol fica forte por muitas horas. As nuvens e a chuva são

reguladores da temperatura. O lado ruim da ASAS forte sobre o Brasil é a redução da chuva, ainda mais num ano que começou com um verão seco por causa do bloqueio atmosférico causado justamente pela intensificação da ASAS.

2.6 Ondas de Leste

Podem ser definidas como uma perturbação ondulatória migratória dos alísios de leste nos trópicos. É uma onda dentro da larga corrente de leste e se move de leste para oeste.

Em várias regiões da faixa tropical tem sido observada a presença de um fenômeno de tempo caracterizado por distúrbios nos ventos de leste, que vem sendo estudado há mais de quarenta anos. Estes distúrbios foram chamados de ondas de leste e foram encontrados no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Norte e na faixa tropical perto da África.

Um dos primeiros autores a detectar os distúrbios de leste foi Dunn (1940) que notou um deslocamento das isalóbaras de 24 horas na região do Caribe, de leste para oeste. Posteriormente, com um modelo idealizado, Riehl (1945) mostrou que na região do Caribe os campos de pressão deslocam-se para oeste, dentro da corrente de leste do estado básico. A nebulosidade associada a esses distúrbios são nuvens altas na forma de V-invertido. As características encontradas por Riehl (1945) de tais ondas, no Caribe, são: velocidade de fase de 6deg. longitude por dia, período de 3 a 4 dias e comprimento horizontal de onda de 2000 a 3000 Km. As condições de tempo relacionadas a estas ondas são: bom tempo associado à subsidência a oeste do cavado e mau tempo a leste do cavado; na baixa troposfera, a onda se move mais lentamente que a corrente básica, e possui um núcleo de ar mais frio que a vizinhança; a intensidade máxima da onda se dá em torno de 700 hPa a 500 hPa, e a inclinação é para leste com a altura. Essas características são usadas até hoje na determinação dos distúrbios de leste.

Yamazaki (1975) estudou a dinâmica das perturbações da região tropical do Atlântico Sul e costa brasileira e comparou os resultados com os inferidos através de análises das seções longitude-tempo das imagens de satélite para o inverno de 1967, construídas por Wallace (1970). Na faixa entre 5°S e 10°S ele notou linhas de nuvens bem definidas propagando-se de leste para oeste desde a longitude 10°E até aproximadamente 40°W, cujos distúrbios associados apresentaram períodos de 4 dias, velocidade média de propagação de 10m/s e comprimento de onda de aproximadamente 4000 Km. Concluiu deste modo que a elevada pluviosidade nos meses de inverno ao

longo da costa brasileira estaria associada aos distúrbios de leste por ele definidos.

Posteriormente Hall (1989) investigou a relação entre a passagem de ondas de leste e a ocorrência de chuvas fortes na Ilha de Ascensão, localizada no Atlântico Sul nos meses iniciais de março a maio de 1986, utilizando imagens e perfis verticais de vento.

Embora não se tenha uma estrutura definida dos distúrbios de leste no Hemisfério Sul, nesses casos de intensa precipitação foi encontrada uma estrutura dos distúrbios similar a do Hemisfério Norte. Sendo assim, as precipitações máximas estariam relacionadas com os distúrbios de leste cuja origem seria na África Equatorial Central.

Silvestre (1996), utilizando dados de vento meridional, para um período de 10 anos, mostrou que esses distúrbios ondulatórios existem através do ano todo com diferentes comprimentos de onda e que nas estações de verão, outono e inverno eles se deslocam atingindo a costa norte nordeste do Brasil. No verão o comprimento de onda é de 6000 Km a 7000 Km, e velocidade de fase de 10 m/s a 14 m/s, no outono o comprimento de onda é de 5000 Km a 6000 Km e a velocidade de fase de 10 m/s a 13 m/s e no inverno os comprimentos de onda são mais curtos variando de 3500 Km a 4000 Km, velocidade de fase de 10 m/s e 13 m/s.

Uma análise de Funções Ortogonais Empíricas, nesse mesmo estudo, mostrou as principais configurações obtidas com a componente meridional do vento em vários níveis da atmosfera para as 4 estações do ano.

Não se descarta a possibilidade de que os distúrbios de leste, ainda não bem definidos no Hemisfério Sul, tenham algum efeito sobre a precipitação da região norte nordeste do Brasil, pois coincidentemente os períodos de máximas precipitações ocorreram quando foram detectados distúrbios deslocando-se de leste para oeste (Silvestre, 1996).

2.7 ODP

Desde o final da década de 90 vários estudos mostraram a existência de um padrão dominante de variabilidade climática sobre o Oceano Pacífico. A esse regime oscilatório de grande escala, Mantua et al (1997) deram o nome de Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), que difere da oscilação norte-sul de PNM entre o Alaska e Hawaii, conhecida como Oscilação do Pacífico Norte. No caso da ODP, as anomalias de temperaturas das superfícies do mar (ATSMs) do Oceano Pacífico apresentam uma configuração semelhante ao fenômeno ENOS, porém com amplitudes maiores em latitudes médias do que em latitudes baixas e uma maior extensão de anomalias

equatoriais para altas latitudes no lado leste do Pacífico e variações temporais mais longas (MANTUA et al, 1997), com cerca de 20 anos de duração. Existem duas fases bem definidas da ODP: uma positiva – quando há um aumento das temperaturas do Pacífico – e uma negativa – quando há uma diminuição das temperaturas. Tais variações estão relacionadas a fatores como correntes marinhas, vulcanismos no fundo do oceano e, principalmente, a atividade solar. Dessa forma, em virtude do fato de o Oceano Pacífico ocupar cerca de um terço da superfície terrestre, as variações da ODP influenciam diretamente o clima dos continentes, inclusive do território brasileiro, e podem também aumentar a intensidade de fenômenos já atuantes na costa do país

Para quantificar a intensidade da ODP, utiliza-se um índice definido por Mantua et al (1997), o Índice de Oscilação Decadal do Pacífico (IODP). Esse índice baseia-se na CP do primeiro modo da análise das funções ortogonais empíricas (FOE) das anomalias das TSMs ao norte de 20°N no Pacífico. A última fase fria ocorreu no período de 1947-1976, e as fases quentes entre 1925-1946 e 1977-1998.

2.8 ENOS

O ENOS é um fenômeno oceânico-atmosférico, inter anual que afeta o tempo e o clima em diversos locais do planeta, incluindo o Brasil e envolve interações oceânicas e atmosféricas associadas a alterações na circulação de Walker no Pacífico (Philander, 1990; NEELIN et al, 1998).

A componente atmosférica do ENOS, que é a Oscilação Sul (OS), é caracterizada pelo índice de Oscilação Sul (IOS) que expressa a intensidade e fase do fenômeno. Esse índice é calculado baseado na diferença mensal ou sazonal de pressão ao nível do mar (PNM) entre o Pacífico Central (Tahiti) e o Pacífico Oeste (Darwin/Austrália).

A componente oceânica é representada pelo evento El Niño (La Niña), fase quente (fria) do fenômeno, caracterizada pelo aquecimento (resfriamento) anormal das águas superficiais do oceano Pacífico Equatorial Central e Leste (Rasmusson e Carpenter, 1982). A OS apresenta anomalias climáticas extremas que estão relacionadas com as fases frias (FF) e fase quente (FQ) do ENOS (Philander, 1990).

Hastenrath (1985) mostrou que, durante a fase negativa da OS (El Niño), tanto a alta do Pacífico Sudeste como a baixa da Indonésia enfraquecem e o gradiente de pressão zonal desaparece, ocasionando o enfraquecimento dos Alísios na zona equatorial. Esse enfraquecimento dos ventos Alísios incita ondas oceânicas de Kelvin que se deslocam para extremidade leste do Pacífico em um período de 2-3 meses, onde se

manifestam no aquecimento da superfície oceânica, atingindo um pico máximo aproximadamente em março/abril na marcha anual. Ao mesmo tempo, esse enfraquecimento do campo de ventos força ondas de Rossby, fora do duto equatorial, que se deslocam para oeste do Pacífico seis meses depois. À medida que a onda de Kelvin se propaga, eleva o nível do mar e aprofunda a termoclina no leste do Pacífico, enquanto a onda de Rossby tem o efeito oposto, restabelecendo a termoclina. Essa é uma das possíveis gênesis de um evento El Niño e a condição que precede o evento da onda de Kelvin parece ser o acúmulo de águas anormalmente quentes entre 150-250m de profundidade no Pacífico Ocidental (Cavalvanti, 2002).

2.8.1 El Niño e La Niña e seus efeitos no Brasil

Os efeitos do El Niño podem causar prejuízos e benefícios no Brasil. Mas, em os comparando, os prejuízos superam os benefícios. Então, para o Brasil, o El Niño é um evento preocupante.

Nele, é observado, na Região Sul, um grande aumento de chuvas, principalmente nos meses de primavera, fim do outono e começo de inverno. As temperaturas também mudam nas Regiões Sul e Sudeste, sendo observados invernos mais amenos. Na Região Sudeste, as temperaturas ficam mais altas em relação ao seu valor normal. No Estado de São Paulo, por exemplo, são observados benefícios devido ao fato de não haver registros de geadas com intensidade suficiente para danificar os cultivos. No leste da Amazônia e no Nordeste, ocorre uma diminuição das chuvas. Algumas áreas do Sertão Nordestino podem ficar sem registro de chuva nos meses de estiagem e, nos meses em que poderia ocorrer chuva, essa é escassa. Sendo assim, as secas duram até dois anos em períodos de El Niño. Mas, os períodos de estiagem não se limitam apenas ao Sertão. Até mesmo no litoral, é observada uma grande deficiência de chuva.

Outra característica encontrada em anos de El Niño é o bloqueio das frentes frias no sul do continente sul-americano pelas “correntes de jato”. Henrique (1993) mostrou que as “correntes de jato” funcionam como barreiras de ar, que impedem que as frentes frias, produtoras chuva, sigam seu trajeto em direção ao equador. As chuvas, que deveriam ser distribuídas ao longo do litoral leste da América do Sul, acabam caindo todas numa só área.

Uma das regiões em que se observa a ocorrência de precipitação, em associação aos padrões oceânicos e atmosféricos anômalos provocados pelo aparecimento dos ventos ENOS, é o Nordeste Brasileiro (Kousky et al, 1984; Ropelewski et al, 1987).

Entretanto, a maioria dos estudos que abordaram a influência do ENOS no clima do nordeste brasileiro, foi direcionada para o setor norte do nordeste brasileiro, também denominado de Semi-Árido nordestino (Alves et al, 1992), sendo poucos os trabalhos que analisaram o regime de precipitação no setor leste do NEB.

Anos secos ou chuvosos no Leste Nordeste parecem ser modulados, basicamente, pelas condições termodinâmicas sobre a Bacia do Oceano Atlântico Sul. Em seus resultados, existem idéias de que o processo físico no qual as condições termodinâmicas sobre a Bacia do Atlântico Sul influenciam as chuvas do setor leste do nordeste brasileira, isso se deve, principalmente, a uma maior penetração de sistemas frontais para essa região do nordeste brasileiro, associados a um incremento dos ventos alísios de sudeste, que são de certa forma modulados pelo posicionamento do sistema de alta subtropical do Atlântico Sul (Lima, 1991).

2.9 Sistemas de Brisas

De acordo com Leslie Musk (1988), as superfícies de água e terra têm respostas térmicas diferentes à mesma quantidade de insolação, e a maior parte das superfícies no continente tem uma variação diurna de temperatura muito maior (temperaturas máximas mais altas e mínimas mais baixas) do que os corpos de água, que tendem a exibir temperaturas mais uniformes ao longo do dia . As quatro principais razões para isto são:

- 1) Enquanto a insolação é utilizada para aquecer a superfície da terra, a mesma energia é absorvida por um maior volume de água. A radiação incidente de ondas curtas penetra até uma profundidade de cerca de 10 m na maior parte dos corpos de água, mas até centenas de metros em águas tropicais límpidas.
- 2) O volume de água que se aquece pela radiação é aumentado pela movimentação natural dos corpos de água e a convecção em seu interior.
- 3) A maior parte da energia é usada como calor latente (através da evaporação da água) ao invés de aquecer diretamente a água (por calor sensível). A evaporação tem o efeito de resfriar a superfície da água, o que estimula a mistura em superfície.
- 4) A capacidade térmica ou calorífica da água é excepcionalmente grande. Ela requer quatro vezes mais calor para aquecer uma determinada quantidade de volume no mesmo intervalo de temperatura do que a mesma quantidade de solo.

Por estas razões, gradientes de temperatura se estabelecem entre o continente e o mar, e isto tem um ciclo diurno (a terra é mais quente do que o mar durante o dia e o mar é mais quente que a terra à noite). Em situações sinóticas específicas, as diferenças de temperatura induzem gradientes locais de densidade e pressão, que fornecem as forças governantes para que as brisas se estabeleçam na faixa costeira com um ritmo diurno. A brisa do mar sopra do mar para o continente durante o dia, com um escoamento compensatório inverso em altitude; já a brisa continental, mais fraca, sopra do continente para o mar à noite (e também com um escoamento de retorno mais fraco em altitude).

À noite, temperaturas mais baixas sobre a terra causam a subsidência do ar e divergência em superfície (impulsionado pela movimentação natural do ar frio que desce as encostas litorâneas), enquanto que sobre o mar há convergência e fraca ascensão.

Assim, o escoamento do ar é invertido à noite, pois o vento sopra do continente para o mar em superfície, com um escoamento em direção ao continente em altitude. Esta circulação tende a ser mais fraca do que a brisa do mar (em parte devido à menor diferença de temperatura entre a terra e o mar à noite comparada com a diferença observada durante o dia).

Esse capítulo se mostra importante para este trabalho pela quantidade de fenômenos que a variação da TSM pode afetar, principalmente os anteriormente citados como influenciadores e atuantes na costa do Brasil.

2.10 VCAN

Esses sistemas são sistemas sinóticos fechados de baixa pressão que se formam na alta troposfera (Gan et al, 1986). Os primeiros estudos observacionais sobre VCANs no Atlântico Sul Tropical foram feitos por Dean (1971) e Aragão (1975). As pesquisas mostraram que as chuvas excessivas no Nordeste do Brasil e suas vizinhanças poderiam estar relacionadas a tais vórtices. Kousky e Gan (1981), Gan (1982) e Ramirez (1996), utilizando dados meteorológicos convencionais, análises de modelos de previsão de tempo e imagens de satélites definiram diversos aspectos relacionados à origem, formação e deslocamento dos Sistemas de VCANs, que podem ser classificados de acordo com sua origem e formação em dois tipos: do tipo Palmén e do tipo Palmer (Frank, 1970).

2.10.1 VCAN tipo PALMÉN

Esse tipo de vórtice pode ser chamado de Ciclone Desprendido, Ciclone Kona, Baixa de Palmén, Baixa Cut Off, dentre outros. Sua origem é aproximadamente sobre o Pacífico Sudeste ao Sul de 20°S e há uma bifurcação do escoamento em altos níveis no Pacífico, causando a propagação de ondas meridionais (Palmén, 1949).

Esses sistemas se formam quando bolsões de ar frio, associados com extensos cavados no ar superior, se desprendem e ficam confinados no lado equatorial da corrente média dos ventos de oeste (W). Devido a préexistência desse cavado frio na alta troposfera, que foi desligado de sua região fonte polar, conforme Palmén e Newton (apud Gan, 1982), ao penetrar nos subtropicais, podem ter uma inclinação meridional bem acentuada. Essa inclinação faz com que a parte do cavado, nas baixas latitudes, tenha uma velocidade zonal inferior ao resto do cavado, atrasando até que se desprenda completamente desse. Assim, nessa parte desprendida, forma-se uma circulação ciclônica, de acordo com Simpson (apud Gan, 1982). Essa tipagem de vórtice é mais comum na primavera, inverno e outono, e raramente ocorrem no verão. Seu deslocamento se dá de oeste para leste e, ao cruzarem os Andes, sofrem uma inserção de umidade e ar quente que os intensifica.

Seu ciclo de vida é próximo ao dos distúrbios baroclínicos (crescimento baroclínico, enfraquecimento barotropical) e podem atuar sobre a Argentina, Paraguai e Sul do Brasil, provocam precipitações intensas e ventos fortes, o que também afeta a navegação.

2.10.2 VCAN tipo PALMER

Esse vórtice foi identificado por Palmer (1951) e é um dos principais sistemas meteorológicos, provoca alterações no regime de precipitações no nordeste brasileiro. É formado em latitudes tropicais, acima de 10 km de altura. O período de formação é de novembro a março, apresentando maior frequência nos meses de janeiro e fevereiro (Gan, 1982).

Inicialmente, a circulação ciclônica dos vórtices surge nas partes mais altas da troposfera, em torno de 12Km de altura, se estendendo, gradualmente, para os níveis mais baixos (Gan, 1982). Os ventos são fracos nos níveis baixos e médios, aumentando com a altura e atingindo velocidade máxima em torno de 200hPa. Esses vórtices ciclônicos são caracterizados por movimentos descendentes de ar frio e seco em seu centro e movimentos ascendentes de ar quente e úmido em sua periferia, possuindo, portanto uma circulação indireta. Esse fato ocasiona transformação de energia potencial

em energia cinética. Essa conversão de energia, segundo Kousky e Gan (1981), é o mecanismo de manutenção desses vórtices. Rao e Bonatti (1987) sugeriram, também, que a manutenção dos VCANs se daria pela instabilidade barotrópica e outros mecanismos, como a liberação de calor latente de condensação.

Normalmente a trajetória dos VCANs é de leste para oeste, com velocidade de 4 a 6° de longitude por dia (GAN, 1983). Segundo Molion (2008), algumas vezes, os VCANs ficam oscilando na direção leste-oeste, com seus centros se deslocando centenas de quilômetros em curto intervalo de tempo. Isso ocorre porque, sob a periferia esquerda do VCAN (o sistema frontal propriamente dito), os totais pluviais são altos e a evaporação da chuva, associada à cobertura de nuvens, que corta o fluxo de radiação solar, resfriam a superfície. Isso faz com que o movimento ascendente desse ramo salte sobre a superfície que está sendo aquecida e que foi umedecida previamente pela chuva.

2.11 Gradiente inter-hemisférico de TSM no Atlântico

Trata-se de um fenômeno oceano-atmosférico e causa variação de precipitação no Nordeste do Brasil e na África. O Dipolo do Atlântico é uma mudança anômala na temperatura da água do Oceano Atlântico Tropical. Ocorre também mudança na circulação meridional da atmosfera (Hadley) e inibição ou aumento da formação de nuvens sobre o Nordeste do Brasil e alguns países da África, diminuindo ou aumentando a precipitação.

Quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias simultaneamente, ocorrem movimentos descendentes anômalos sobre o Nordeste do Brasil e alguns países da África Ocidental, inibindo a formação de nuvens e diminuindo a precipitação, podendo causar secas nessas regiões. Por outro lado, quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes, existem movimentos ascendentes anômalos sobre o Nordeste do Brasil e países da África Ocidental, acelerando a formação de nuvens, aumentando a precipitação e provocando enchentes, em muitas ocasiões.

Foi mostrado por Aragão (1990) que os períodos de duração das secas e enchentes vão depender do período de atuação, duração, intensidade e cobertura do ENOS e do Gradiente inter-hemisférico de TSM no Atlântico. Os eventos podem ser considerados muito fracos, fracos, moderados e fortes dependendo do valor da temperatura da água do mar, a extensão e o período de atuação.

3 PRODUTOS METEOROLÓGICOS E OCEANOGRÁFICOS

Neste capítulo trataremos de alguns produtos responsáveis por previsões de condições de mar e tempo que auxiliam em todos os tipos de navegação, preparando os nautas a tomarem decisões importantes para manterem suas embarcações em segurança, em tempo hábil.

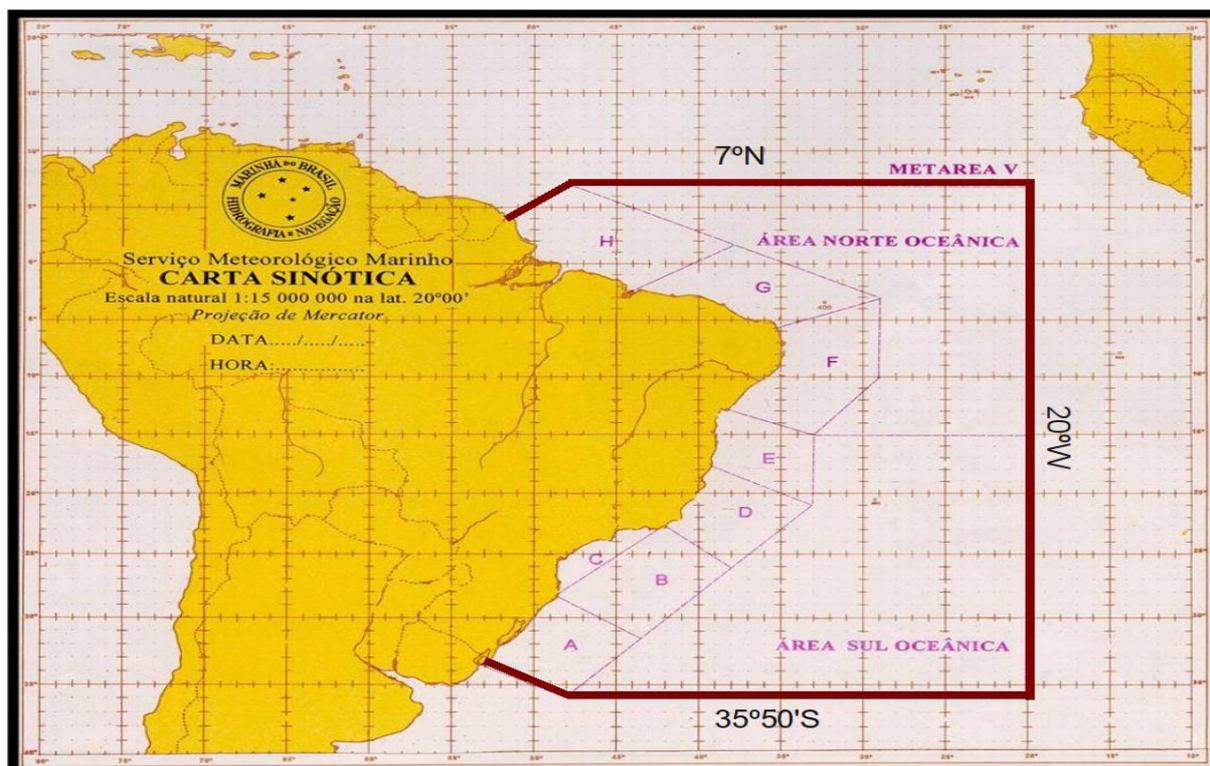
3.1 Modelos Numéricos

Este item tratará de modelos numéricos operacionalizados pela DHN. Estes produtos estão, quase em sua totalidade, disponíveis no site da CHM (<http://www.dhn.mar.mil.br/dhn/meteo/prev/modelos/modelagem.htm>).

A Divisão de Previsão Numérica do CHM tem como responsabilidade implementar e operar os modelos numéricos dedicados à previsão do tempo que são utilizados, pelos oficiais previsores do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), como base para a elaboração do boletim denominado metereomarinha, bem como para a confecção das cartas de pressão à superfície e de prognósticos de vento à 10 m e altura significativa de ondas, para toda a área marítima de responsabilidade brasileira (METAREA-V). A missão de elaborar e disseminar produtos de previsão do tempo e avisos de mau tempo para a METAREA-V foi atribuída ao CHM, por subdelegação de competência (Portaria nº 85, de 29 de julho de 2004, da DHN), e é decorrente dos compromissos assumidos pelo País, como signatário da Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana na Mar (SOLAS). Os produtos numéricos, gerados a partir dos modelos de ondas, atmosféricos e oceanográficos, estão disponíveis para os navios de passageiros, mercantes, veleiros, entre outros, que se encontrem navegando na METAREA V.

Adicionalmente, alguns modelos numéricos do CHM são processados, operacionalmente, e destinados à previsão em outras áreas oceânicas de interesse da Marinha, como por exemplo, Península Antártica e Estreito de Drake, além de serem empregados em alta resolução nas áreas costeiras da região Sul/Sudeste e Norte/Nordeste.

Figura 6: Metarea V



Fonte: Junior, Paulo Roberto Costa (2012)

A figura acima representa a METAREA-V, que é a área marítima compreendida entre as latitudes 7°N e 35°50'S, longitude 20°W e a costa brasileira, excluídas as áreas de soberania de países vizinhos.

3.1.1 Modelo Atmosférico

A previsão de tempo e ondas sobre áreas oceânicas é um problema de grande interesse para países com extensa faixa costeira. Entretanto, não se tem notícia de algum esforço para implantar ou desenvolver um sistema de previsão com finalidade operacional ou de pesquisa no Brasil. Embora a utilização de produtos de modelos numéricos de previsão de tempo venha sendo feita já há décadas, tanto em escala global como regional, só recentemente iniciou-se um esforço no sentido da operacionalização de modelos de ondas geradas pelo vento forçados por modelos atmosféricos.

Atualmente vários centros internacionais operam modelos de previsão de ondas acoplados à modelos atmosféricos (como por exemplo, o *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* e a *Japan Meteorological Agency*).

O modelo atmosférico regional não hidrostático COSMO consiste de um sistema de previsão numérica de tempo de área limitada subdividido em pacotes que contemplam a

assimilação de dados, a manipulação dos campos de inicialização e condições de contorno, o processamento e o pós processamento dos dados que servem de auxílio a confecção dos Boletins Meteorológicos. Ele se caracteriza por ser altamente portátil e de fácil utilização, muito similar ao modelo HRM. Neste contexto, sua operação é relativamente simples uma vez que utiliza os dados de inicialização do modelo GME, assim como o HRM, e possui arquitetura parecida com o principal modelo atmosférico utilizado na Divisão de Previsão Numérica.

Esse modelo prevê configurações, no site da DHN, para:

Cobertura de nuvens;

Precipitação acumulada em 03h;

Pressão à superfície;

Temperatura do Ar a 2m (°C);

Umidade relativa do Ar a 2m (%);

Vento – 10m;

Vento – Máximo;

Corrente de Jato a 250 hPa (nós);

9. Vorticidade/Geopotencial a 500 hPa.

3.1.2 Modelo Oceanográfico

Esse modelo prevê configurações, no site da DHN, para:

Altura da superfície do mar;

Temperatura à superfície;

Temperatura à 50 metros;

Temperatura à 250 metros;

Corrente à Superfície;

Corrente à 50 metros;

Corrente à 250 metros.

3.1.3 Modelo de Ondas

O modelo calcula a evolução espacial e temporal do espectro bidimensional de ondas, através da equação de transporte advectivo com base na conservação da densidade espectral de energia. O termo fonte é tipicamente representado como somatório de 3 processos, a entrada de energia pelo vento, interações não lineares do tipo onda-onda, e dissipação por *whitecapping*. A física do modelo inclui geração de

energia, dissipação devido à quebra de ondas e fricção com o fundo, refração, advecção e interações onda-onda quádruplas. O grande avanço foi a inclusão da parametrização de interações onda-onda triplas, que dominam a propagação em águas rasas. Atualmente no Centro de Hidrografia da Marinha utiliza-se a versão mais recente 3.14. Operacionalmente o WW3 é utilizado para previsão no Oceano Atlântico, em uma área que também, abrange parte do Oceano Pacífico e Índico.

Esse modelo prevê configurações, no site da DHN, para:

Altura e Direção das Ondas;

Altura das Ondas/Vento 10m;

Período Médio das Ondas.

3.2 Boletins

Neste item serão apresentados boletins de diferentes formatos com o objetivo de informar as condições de mar e tempo, dentre outros dados relevantes, já previstos.

3.2.1 Boletim de tempo e mar (Meteoromarinha)

Nesse exemplar do Boletim Meteoromarinha, observamos:

Previsão para 24 horas

METEOROMARINHA REFERENTE À ANÁLISE DE 0000 HMG - 18/JUL/2015

DATA E HORA REFERENCIADA AO MERIDIANO DE GREENWICH - HMG

PRESSÃO EM HECTOPASCAL – HPA

VENTO NA ESCALA BEAUFORT

ONDAS EM - METROS

PARTE UM - AVISOS DE MAU TEMPO

AVISO NR 806/2015

AVISO DE VENTO FORTE

EMITIDO ÀS 1400 - QUI - 16/JUL/2015

ÁREA ALFA AO NORTE DE 33S A PARTIR DE 171500. VENTO SW/SE FORÇA 7 COM RAJADAS.

VÁLIDO ATÉ 181200.

ESTE AVISO SUBSTITUI O AVISO NR 804/2015.

AVISO NR 807/2015

AVISO DE MAR GROSSO

EMITIDO ÀS 1400 - QUI - 16/JUL/2015

ÁREA ALFA AO NORTE DE 33S A PARTIR DE 171800. ONDAS DE SW/SE 3.0/3.5.
VÁLIDO ATÉ 181800.

ESTE AVISO SUBSTITUI O AVISO NR 803/2015.

AVISO NR 809/2015

AVISO DE MAR GROSSO

EMITIDO ÀS 1400 - QUI – 16/JUL/2015

PARTE DOIS - ANÁLISE DO TEMPO EM 180000

ALTA 1028 EM 40S032W. ALTA 1032 EM 26S021W. BAIXA 1018 EM 31S046W. FRENTE FRIA EM 31S046W, 28S048W, 26S050W E 25S055W. FRENTE FRIA EM 45S055W, 42S061W E 40S070W MOVENDO-SE COM 05/10 NÓS PARA NE. FRENTE QUENTE EM 31S046W, 33S043W, 34S040W E 34S033W. FRENTE QUASE ESTACIONARIA EM 34S033W, 35S029W, 37S020W E 37S012W MOVENDO-SE LENTAMENTE PARA SE. ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL (ZCIT) EM 12N020W, 10N030W, 10N040W E 11N050W.

PARTE TRÊS – PREVISÃO DO TEMPO VÁLIDA DE 181200 ATÉ 191200

ÁREA ALFA (DE ARROIO CHUÍ ATÉ CABO DE SANTA MARTA)

PANCADAS OCASIONALMENTE FORTES E TROVOADAS ISOLADAS. VENTO SW/SE 3/4 RONDANDO PARA E/NE 6/7 AO NORTE DE 33S E LESTE DE 048W, E SE/NE OCASIONALMENTE NW 3/4 NO RESTANTE DA ÁREA. ONDAS DE SE/NE 3.0/3.5 PASSANDO SE/E 1.5/2.5 AO NORTE DE 33S E SE/NE 1.0/2.0 NO RESTANTE DA ÁREA. VISIBILIDADE BOA REDUZINDO PARA MODERADA/RESTRITA DURANTE AS PANCADAS.

Vale esclarecer que o boletim Meteomarinha é composto por três partes distintas e complementares no que se refere a previsões das áreas. No exemplo acima, que contém todas essas partes, podemos ver as previsões para a área Alfa para o dia 18 de julho de 2015.

Na primeira parte podemos encontrar todos os avisos de mau tempo para aquela área anterior especificada (no caso, a área Alfa), incluindo a força do vento na escala Beaufort, estado de mar e altura das ondas.

A segunda parte é a análise de tempo, apresentando e localizando as áreas de alta e baixa pressões, todas as frentes existentes e seus movimentos (registrando se são lentos ou rápidos, sempre que necessário).

A terceira parte é a previsão do tempo pra determinado horário, que cita, como no

exemplo as pancadas de chuva, se existirem, rajadas, entre outros, e fala sobre a visibilidade, quesito de extrema importância para a navegação.

3.2.2 Boletins de Previsão Meteorológica Especial (BPME)

Para melhor entendimento, seguem abaixo as informações que podem ser encontradas neste exemplar de BPME:

Boletim Pier de Tramandaí RS

29Junho/15-8h

Segunda feira

ONDULAÇÃO:

Nordeste

TAMANHO:

0.7m

FORMAÇÃO:

regular a boa

VENTO:

parado

ÁGUA:

Long John 18C°

CORRENTE:

Norte mod.

TEMPO:

Sol

ATENÇÃO com Redes de Pesca, percorra a pé toda a área onde você irá entrar e sair do mar.

O exemplar nos mostra as informações que podemos encontrar nesse tipo de boletim: ondulação, ventos, temperatura da água, condição de tempo e observações sobre fatores relevantes que possam ter influência sobre a navegação, como as redes de pesca, no caso acima.

3.3 Avisos

Avisos são instrumentos responsáveis por alertar e atentar os nautas às previsões meteorológicas e oceanográficas.

3.3.1 Avisos de mau tempo

Os avisos de mau tempo, disseminados de forma imediata e depois incluídos no METEOROMARINHA e demais boletins de previsão, de acordo com a área afetada, são emitidos, quando uma ou mais das seguintes condições de tempo ou mar estejam previstas:

- vento de força 7 ou acima, na escala Beaufort (intensidade 28 nós ou mais);
- ondas de 3 metros ou maiores, em águas profundas;
- visibilidade restrita a 1 km ou menos; e
- ressaca, com ondas de 2,5 metros ou mais atingindo a costa.

A ausência de avisos de mau tempo é claramente mencionada no texto dos boletins, por meio das expressão NIL ou NÃO HÁ.

3.3.2 Avisos aos navegantes

Os "Avisos aos Navegantes" são publicações periódicas, editadas sob a forma de folhetos, com o propósito principal de fornecer aos navegantes e usuários em geral, informações destinadas à atualização de cartas e publicações náuticas brasileiras, consoante o preconizado na Regra 9 do Capítulo V da Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS/74).

Regularmente, são publicados três "Avisos aos Navegantes":

Área Marítima e Hidrovias em Geral (publicação DH21, com periodicidade quinzenal);

Hidrovia Paraguai-Paraná (publicação DH22, com periodicidade mensal); e

Hidrovia Tietê-Paraná (publicação DH23, com periodicidade trimestral).

As correções às cartas náuticas são consubstanciadas por meio de Avisos Temporários (T), Avisos Preliminares (P) e Avisos Permanentes, apresentados na Seção III. Quando necessário, a alguns Avisos Permanentes, são associadas reproduções de trechos, notas e quadros (conhecidos como "bacalhaus") encartadas nos próprios Avisos aos Navegantes, na seção VIII.

As correções às publicações náuticas são apresentadas na Seção IV e, se preciso, por meio de "Folhas de Correções" encartadas no final dos Avisos aos Navegantes.

3.3.3 Avisos-rádio náuticos

Os Avisos-Rádio Náuticos são mensagens transmitidas aos navios com o propósito de fornecer "informações urgentes" relevantes à navegação segura, em atendimento ao estabelecido na Regra 4 do Capítulo V da SOLAS (1974).

A figura abaixo representa a área alcançada pelos avisos-rádio náuticos.

Figura 7: Área alcançada



Fonte: www.mar.mil.br

3.3.4 Avisos-rádio SAR

Os Avisos-Rádio SAR são mensagens de "alerta de emergência SAR" ou de "coordenação de busca e salvamento" transmitidas aos navios que se encontram em uma determinada área, em atendimento ao estabelecido na Regra 7 do Capítulo V da SOLAS (1974).

Os Avisos-Rádio Náuticos e Aviso-Rádio SAR, em conjunto com as Informações Meteorológicas, compreendem o que se denomina de Informações de Segurança Marítima(MSI).

Devido à urgência com que se deseja que cheguem aos navegantes, têm como meio de divulgação principal a radiodifusão e/ou as transmissões via satélite. As informações veiculadas são apresentadas num formato o mais claro, não-ambíguo e conciso possível. Em face de seu caráter de urgência, os Avisos-Rádio Náuticos estão, frequentemente, baseados em informações incompletas ou não confirmadas. Os navegantes devem levar este aspecto em consideração ao decidirem o grau de confiança que atribuirão às informações veiculadas. Os Avisos-Rádio Náuticos são divulgados em proveito do conceito do Serviço Global de Aviso-Rádio Náuticos (World-Wide Navigational

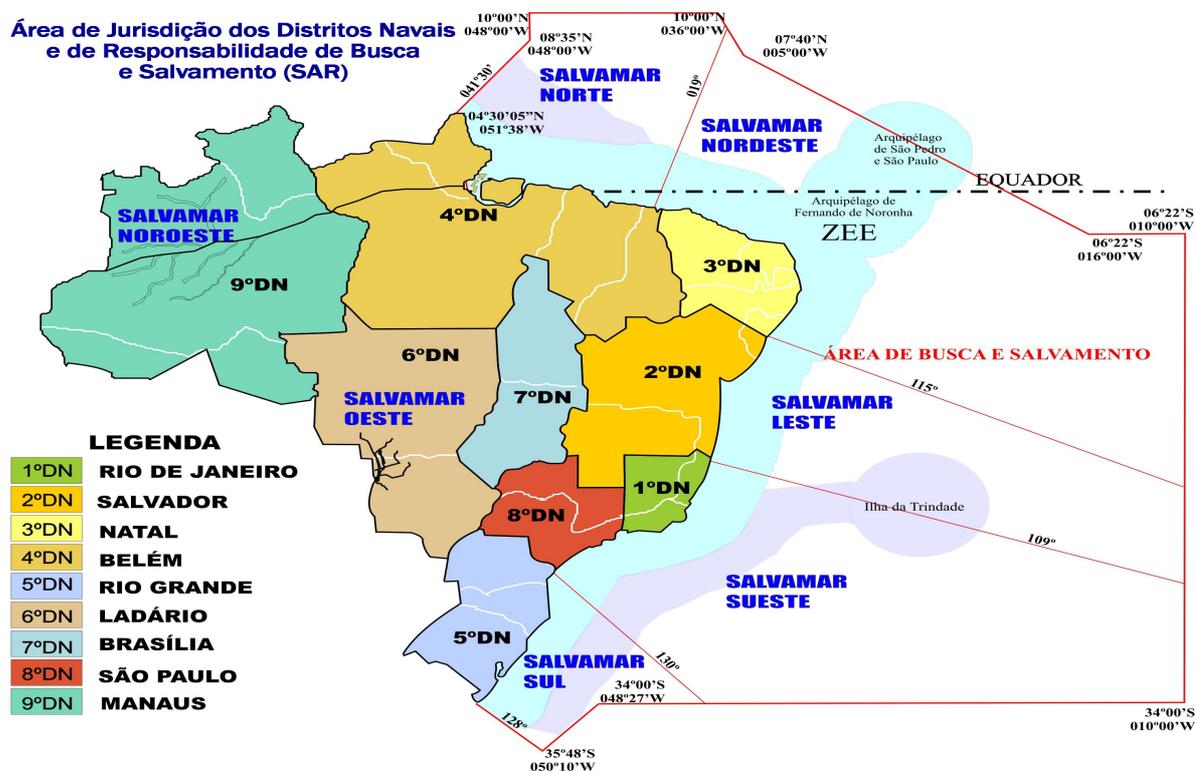
Warning Service - WWNWS), que consiste num serviço coordenado, nos âmbitos nacional e internacional, de divulgação de Avisos-Rádio Náuticos regulado por legislação pertinente estabelecida pela Organização Marítima Internacional (OMI) e pela Organização Hidrográfica Internacional (OHI). Para efeito deste serviço, o mundo está dividido em 21 áreas marítimas denominadas NAVAREA, nas quais podem estar incluídas águas interiores navegáveis por navios de alto-mar. No caso particular da NAVAREA V, a qual abrange apenas um único país (Brasil), as funções de Coordenador de NAVAREA e de Coordenador Nacional são desempenhadas pelo Brasil, por meio da Diretoria de Hidrografia e Navegação, por delegação de competência da Autoridade Marítima (Comandante da Marinha). Ademais, não existem Sub-Áreas na NAVAREA V.

As transmissões de Avisos-Rádio Náuticos via SafetyNET, são realizadas a partir do CHM, que dispõe de enlace com uma Estação Terrestre (Land or Coast Earth Station – LES) autorizada pela Inmarsat. A partir da LES as mensagens são transmitidas ao satélite AOR-E (Região Oceânica Atlântico Leste) e, deste, de volta à superfície da Terra para recepção pelos usuários equipados com receptores adequados.

Vale incluir nesta pesquisa que o SafetyNET é um serviço internacional de difusão e recepção automática de Informações de Segurança Marítima através do sistema Inmarsat, o qual foi especificamente projetado como parte do Sistema Marítimo Global de Socorro e Segurança (Global Maritime Distress and Safety System - GMDSS).

A figura abaixo representa a área SAR sob responsabilidade do Brasil, ou seja, a área em que o país deve se responsabilizar pela busca e salvamento.

Figura 8: Área SAR sob responsabilidade do Brasil



3.4 Cartas

Cartas são recursos gráficos que facilitam a navegação, contendo informações sobre as áreas mostradas e possibilitando uma noção, sem falha elétrica, de locomoção e espaço.

3.4.1 Cartas de pressão à superfície

As leituras de pressão às superfícies atmosféricas são tomadas simultaneamente em todo o mundo, sendo posteriormente reduzidas às condições padrão e plotadas sobre as cartas. São desenhadas as linhas unindo os pontos de igual pressão, ou seja, as isóbaras, que se assemelham aos contornos de igual altura (curva de nível), que definem nas cartas topográficas as colinas e os vales. Quando são colocados na carta, num determinado instante, dados de ventos, temperatura, nuvens e isóbaras, a chamamos de carta sinótica ou carta do tempo.

É a carta sinótica que nos dá uma síntese das condições de tempo em uma grande área. Toda carta sinótica mostrará uma distribuição de pressão na qual existem regiões de alta e baixa pressão.

- Regiões de Alta ou anti - ciclônica são representadas na carta sinótica pela letra "A";
- Regiões de Baixa ou ciclônica são representadas na carta sinótica pela letra "B".

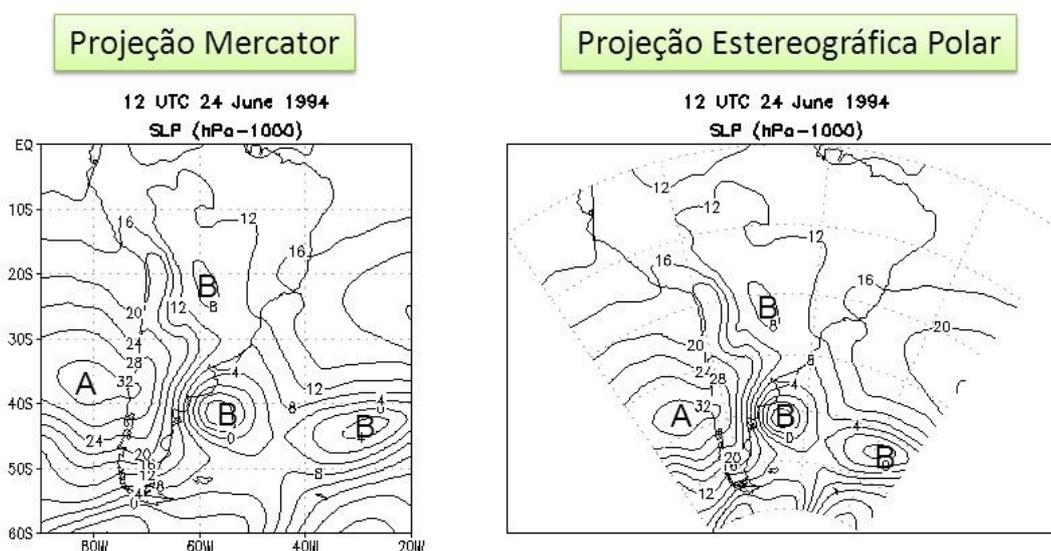
Podemos também, identificar a direção do vento na carta sinótica utilizando as isóbaras.

Inicialmente por causa da variação de pressão, o vento começa a se formar.

Nessa fase, o vento é chamado de vento gradiente. A força de gradiente faz com que a velocidade do vento aumente, e com esse aumento, a força de Coriolis também aumenta até um valor que vai compensar a força de gradiente. Observamos então que o vento faz uma curva até ficar entre as isóbaras. Esse vento é chamado de vento geostrófico.

Figura 9: Cartas de Pressão

Cartas de Superfície: Pressão ao Nível do Mar



As cartas de pressão ao nível do mar (PNM) são usadas para localizar as posições dos sistemas de superfície de pressão (altas e baixas).

3.4.2 Cartas náuticas *raster*

As informações contidas nas cartas *raster* são apresentadas em uma imagem tipo BITMAP, idêntica à carta em papel. Apesar da carta *raster* permitir a navegação em tempo real e possuir alguns recursos inexistentes na carta em papel, a sua utilização não dispensa o uso da última.

A DHN já dispõe de grande parte de seu catálogo de cartas no formato Raster BSB, estando o processo de comercialização e distribuição das mesmas em fase de implantação.

As cartas Náuticas *Raster* estão disponibilizadas gratuitamente para download no formato NOAA-BSB versão 3.0.

A utilização das cartas Náuticas *Raster* não dispensa o uso concomitante das cartas náuticas em papel, atualizadas até o último Aviso aos Navegantes.

Recomenda-se especial atenção para a necessidade de adoção do *datum* WGS-84, tanto no receptor GPS quanto no programa de visualização utilizados.

3.4.3 Cartas náuticas eletrônicas (ENC)

As informações contidas nas cartas vetoriais são organizadas em camadas permitindo seleção, análise e apresentação de elementos de forma personalizada ou automática, havendo interação do navio com cada um de seus elementos.

Além disso, as cartas vetoriais, por serem baseadas em banco de dados, não possuem limites definidos e tem a capacidade de incorporar informações de diversas fontes (Roteiros, Lista de Faróis, Tábuas das Marés, Aviso aos Navegantes).

De acordo com os requisitos de dotação de equipamentos e sistema de bordo estabelecidos na Regra 19 do Capítulo V da Convenção Internacional para Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS, 1974), a utilização de ENC é apoiada pelo Sistema de Informação e Visualização de Carta Eletrônica (Electronic Chart Display and Information System – ECDIS).

3.5 Previsões, publicações e dados

Esses são instrumentos base para os outros, porque através dessas informações são produzidas as cartas, avisos, etc.

3.5.1 Publicações náuticas

Além das Cartas Náuticas, que constituem, sem dúvida, o mais importante documento de auxílio à navegação, os navegantes utilizam, também, diversas outras Publicações Náuticas ou Publicações de Auxílio à Navegação, cujas informações complementam ou ampliam os elementos fornecidos pelas Cartas Náuticas. A consulta às Publicações de Auxílio à Navegação é indispensável, tanto na fase de planejamento da derrota (estudo da viagem), como na fase de execução da derrota. Tal como ressaltado no caso das Cartas Náuticas, as Publicações de Auxílio à Navegação também devem ser sempre mantidas atualizadas.

São as seguintes as principais Publicações de Auxílio à Navegação:

- a. Catálogo de Cartas e Publicações;
- b. Carta 12.000 – Símbolos e Abreviaturas (INT 1);
- c. Avisos aos Navegantes (folheto);
- d. Roteiros;
- e. Lista de Faróis;
- f. Lista de Sinais Cegos;
- g. Lista de Auxílios–Rádio;
- h. Tábuas das Marés;
- i. Cartas de Correntes de Maré;
- j. Cartas Piloto;
- k. Almanaque Náutico;
- l. RIPEAM; e
- m. Tábuas, tabelas e gráficos de navegação.

4 APLICAÇÃO NA CABOTAGEM BRASILEIRA

Todos os recursos acima apresentados são de grande importância para qualquer tipo de navegação (longo curso, cabotagem e *offshore*). Neste capítulo, porém, a navegação de cabotagem receberá uma abordagem mais específica, principalmente a realizada na costa do Brasil.

4.1 Definição

De acordo com as definições do Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa, a cabotagem é a navegação entre portos marítimos de um mesmo país, sem perder a costa de vista. A cabotagem contrapõe-se à navegação de longo curso, ou seja, aquela realizada entre portos de diferentes nações.

O termo é derivado do nome de família do navegador veneziano do século XVI Sebastião Caboto, que explorou a costa da América do Norte ao margeá-la, da Flórida à foz do rio São Lourenço, no atual Canadá. Na América do Sul, Caboto, ao serviço da Coroa de Espanha, adentra o rio da Prata, pelo litoral, em 1527 em busca da mítica Serra da Prata, numa expedição que prolonga até 1529, sem lograr o seu objetivo. Por causa desses feitos na navegação costeira e em sua homenagem, a estratégia de navegação costeando o litoral recebeu o nome de cabotagem.

Existe ainda o termo "cabotagem internacional", que é utilizado frequentemente para designar a navegação costeira envolvendo dois ou mais países, exemplo Brasil e Uruguai. O transporte de cabotagem foi muito utilizado na década de 1930 no transporte de carga a granel, sendo o principal modelo de transporte utilizado quando as malhas ferroviária e rodoviária apresentavam condições precárias para o transporte.

4.1.1 Vantagens

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Governo Federal:

Menor custo unitário;

Menor índice de avarias;

Menor índice de sinistros;

Redução do desgaste das malhas rodoviárias;

Redução de acidentes nas estradas;

Menor consumo de combustíveis;

Menor índice de poluição.

Dentre as principais desvantagens, pode-se citar:

Baixa frequência;

Concentração de volumes em embarque único;

Aumento dos estoques.

4.2 Cabotagem no Brasil

Segundo o Blog Pratical One, o território do Brasil, por possuir uma costa de grande extensão (próximo dos 7500 km), favorece a navegação marítima e principalmente a utilização da cabotagem entre portos. Ainda segundo o Ministério da Agricultura, entre 2003 e 2008 houve um aumento de mais de 350% no transporte de cabotagem.

A Cabotagem no Brasil, assim como em diversos outros países, é um mercado caracterizado por barreiras regulatórias de entrada. Ainda assim, tem-se mostrado um desafio para estes operadores gerarem resultados adequados aos seus acionistas, por várias razões, sendo uma delas a estrutura de custos operacionais. Desde o custo do navio, da mão-de-obra embarcada, do combustível (*bunker*), custo de operação nos terminais marítimos, entre outros.

Ainda de acordo com o blog, cada um destes armadores tem sua cobertura portuária nacional, alguns com parcerias operacionais onde o espaço do navio operado por um armador é vendido a outro. Nas suas rotas, muitos portos são coincidentes como Santos, Suape, Salvador e Manaus e outros com cobertura mais específica como Itajaí, São Francisco do Sul, Itapoá, Paranaguá, Itaguaí e Pecém. Resguardadas algumas limitações de cobertura, podemos dizer que em 2012 o transporte brasileiro de Cabotagem oferece quatro saídas por semana. E isto é um avanço importantíssimo para a logística nacional de longa distância.

Os problemas de infraestrutura de transportes no Brasil afetam diretamente o desenvolvimento da cabotagem no país. Mesmo apontada como o modal menos poluente, a cabotagem padece com a infraestrutura inadequada nos portos, a tradicional burocracia, e com a falta de infraestrutura de integração entre os modais, segundo a opinião das empresas brasileiras pesquisadas.

Além dos problemas estruturais, grande parte das empresas instaladas no país reclama de questões operacionais, como o elevado tempo de transporte, a baixa frequência de navios, a pouca confiabilidade nos prazos e a indisponibilidade de rotas. Por outro lado, poucas são as críticas quanto ao risco de roubo e avarias de carga, confirmando a característica da cabotagem como um modal de baixo índice de sinistros.

4.3 Aplicação dos produtos na cabotagem brasileira

Os produtos apresentados no capítulo anterior são todos de alta aplicabilidade na navegação de cabotagem. A necessidade destes produtos é justificada pela grande quantidade e intensidade de ocorrência de fenômenos na costa do Brasil.

Fenômenos como ciclones e frentes têm ligação direta com as condições de tempo e mar e afetam em larga escala a navegação de cabotagem. Por isso, para que acidentes e desperdícios sejam evitados, a utilização dos produtos apresentados neste trabalho, torna-se necessária.

As previsões e os avisos são de extrema importância para todos os tipos de navegação por evitarem as derrotas inseguras para as embarcações.

Além de permitir a amenização dos efeitos de fenômenos que afetem o território a ser navegado, os produtos mostrados também permitem a segurança da navegação que não sofre intervenções desses fatores meteorológicos, fornecendo, por exemplo, as profundidades, localização de canais, faróis e outros pontos importantes, através das cartas de todos os tipos já apresentados e com o auxílio das publicações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa abordou, de modo geral, a meteorologia e sua importância para a navegação. A habilidade de reagir a situações extremas tem o intuito de preservar a integridade tanto da embarcação quanto da tripulação, que precisa estar sempre atenta aos sinais que a natureza oferece e, para tanto, deve haver o prévio conhecimento dos equipamentos e produtos auxiliares citados .

Como foi visto, é preciso de uma a seis horas de antecedência para preparar o navio para condições extremas, mostrando a importância dos boletins de aviso e das previsões meteorológicas. É relevante que o navegante também faça um estudo do local por onde passa sua derrota e, através disso, utilize, de forma correta, as publicações, cartas e outros produtos citados.

Tal atitude pode evitar que o navegante atravesse tempestades, ressacas, mar revolto, entre outras influências meteorológicas. Até mesmo uma simples chuva pode ser contornada se todos os procedimentos forem adotados, como por exemplo, o cuidado ao analisar o boletim meteoromarinha e o olhar atento ao navegar.

Em suma, nos capítulos desta pesquisa podem-se encontrar definições e informações relevantes sobre alguns fenômenos naturais que atuam, especificamente, na costa brasileira durante o primeiro capítulo de pesquisa. Logo após, podemos encontrar exemplificações e esclarecimentos sobre produtos meteorológicos e oceanográficos que auxiliam quanto a previsão das condições do tempo (mar, vento, etc.). E, por último, o trabalho define o tipo de navegação que motivou estas pesquisas, a cabotagem no litoral do Brasil.

Este tema foi escolhido por mim por demonstrar a sua importância para a profissão no mar e por ser necessária a compreensão do uso desses produtos e da importância da prevenção de problemas com relação a atuação da natureza, para que seja feita uma navegação segura e confiável. E por conta da navegação de cabotagem no país ser cercada por fenômenos até hoje desconhecidos pela maioria das pessoas e por representar grande percentual de aplicabilidade na profissão que decidi abraçar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, C. Donald. **Essentials of Meteorology: An invitation to the atmosphere**. 4ed. 2004.

ARAGÃO, J. O. R. **Fatos sobre o fenômeno de El Niño e sua relação com as secas no Nordeste do Brasil**, Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia. 1990.

BLOG PRATICAL ONE. **O que é Cabotagem no Brasil?** Disponível em: <<http://blog.practicalone.com/o-que-e-cabotagem-no-brasil/>>. Acesso em: 16 jul 2015.

BURGESS, Commander C. R. **Meteorology for Seaman**. 3ed. 1972.

BYERS, Horace Robert. **General Meteorology**. 3ed. 1959.

CANAL RURAL. **Saiba como fenômenos Niño e Niña afetam a agricultura brasileira**. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/tempo/saiba-como-fenomenos-nino-nina-afetam-agricultura-brasileira-8929>>. Acesso em: 19 jun 2015.

CAVALCANTI, A.S. **Estudo de caso de precipitações anômalas do Nordeste brasileiro: O evento de Fortaleza- Abril/ 2001**. Maceió: UFAL, 2002.

CBMET. **Climatologia da posição da Alta Subtropical do Atlântico Sul para os meses de inverno**. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-aafbc30497d15bc6e14dba837028f49a.pdf>>. Acesso em: 24 jun 2015.

CLIMA TEMPO. **ASAS ganha força sobre o Brasil**. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/noticias/281051/asas-ganha-forca-sobre-o-brasil/>>. Acesso em: 19 jun 2015.

CLIMA TEMPO. **Ciclones extratropical, subtropical e tropical**. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/noticias/300516/o-que-sao-ciclones-extratropical-subtropical-e-tropical/>>. Acesso em: 19 jun 2015.

CPTEC. **Distúrbios ondulatórios de leste na região tropical**. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/18.html>>. Acesso em: 24 abr 2015.

CPTEC. **Zona de Convergência Intertropical do Atlântico: Um Estudo Comparativo entre Simulações do MGCA CPTEC/COLA, Observações e Reanálises do NCEP**.

Disponível em:

<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/artigo_zcit_sep03.pdf>. Acesso em: 24 abr 2015.

DE SOUZA, E.B.; Alves, J.M.B., Nobre, P. **Anomalias de precipitação nos setores norte e leste do Nordeste Brasileiro em associação aos eventos do Padrão de Dipolo observados sobre o Atlântico Tropical**. Revista Brasileira de Meteorologia, 1998.

DE SOUZA, E.B.; Nobre, P. **Uma revisão sobre o Padrão de Dipolo no Oceano Atlântico tropical**. Revista Brasileira de Meteorologia, 1998.

DONN, William L. **Meteorology**. 3ed. 1965.

DUNN, G.E. **Cyclogenesis in the Tropical Atlantic**. Bull. Amer. Meteor. Society, 1940.

FERREIRA, Artur Gonçalves. **Meteorologia Prática**. 2006.

FRANK, N.L. **On the energetics of cold lows**, Symposium on Tropical Meteorology. São José dos Campos: American Meteorological Society, 1970.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. **Vórtices ciclônicos da alta troposfera no Oceano Atlântico Sul**. Revista Brasileira de Meteorologia, 1986.

GAN, M. A.; RAO, V. B. **Surface cyclogenesis over South America**. 1991.

HALL, B.A. **Westward-moving disturbances in the South Atlantic coinciding with heavy rainfall events at Ascension Island**. Meteorol. Mag., 1989.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. **Upper tropospheric cyclonic vortices the tropical South Atlantic.** Tellus, 2010.

KOUSKY, V.E. **Frontal Influences on Northeast Brazil.** 1979.

KOUSKY, V.E.; FERREIRA, N.J. **Interdiurnal Surface Pressure Variations in Brazil: Their Spatial Distributions ,Origins And Effects.** 1981.

LIMA, M. C. **Variabilidade da precipitação no litoral leste da Região Nordeste do Brasil.** São José dos Campos: INPE, 1991.

LOBO, Paulo Roberto Valgas, Carlos Alberto Soares, **Meteorologia e Oceanografia: usuário navegante.** Rio de Janeiro: DHN, 2007.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS R.C. **A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production.** Bull. Am Meteorol. Soc., 1997.

MENDES, D., Veiga, J. A. P., de Moura, R. G., Gondim, M. A., Ceballos, J. **Monitoramento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) através de dados de temperatura de brilho.** Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro. 2000.

MENDONÇA, Francisco, Inês Oliveira. **Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil.** 2007.

MOLION. L. C. B. e Bernardo, S. O. **Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro.** Maceió: UFAL, 2002.

Musk, Leslie. **Weather Systems.** Cambridge, 1988.

NATALIA, Pillar Silva. **Extremos de Vento Sobre o Oeste do Oceano - Atlântico Sul: Análise Direcional das Ocorrências.** São Paulo: USP, 2013.

NEELIN, J.D.; BATTISTI, D.S.; HIRST, A.C.; JIN, F.F; WAKATA, Y.; YAMAGATA, T. **ENSO theory**. Journal of Geophysical Research, 1998.

OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção na Amazônia**. São José dos Campos: INPE-4008-TDL/239, 1986.

OLIVEIRA, Vinicius. **Influência do Oceano Atlântico Sul na precipitação do Brasil com ênfase sobre o Rio Grande do Sul**. Maceió: UFAL, 2010.

PAEGLE, J. **Interactions Between Convective and Large-Scale Motions Over Amazonia**. THE GEOPHYSIOLOGY OF AMAZONIA, 1987.

PALMÉN, E. **Origin and Structure of High-Level Cyclone South of the Maximum Westerlies**. 1949.

PALMER, C.E. **On high-level cyclones originating in the tropics**. Transactions of American Geophysics Union. 1951.

PARMENTER, F. C. **A Southern Hemisphere cold front passage at the Equator**. Bulletin American Meteorology Society. 1976.

Pezzi, L. P.; Cavalcanti, I. **The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: A numerical study**. Climate Dynamics. 2001.

RAMIREZ, M.C.V. **Padrões climáticos dos vórtices ciclônicos de altos níveis no Nordeste do Brasil**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996.

RAO, V. B.; BONATTI, J. P. **On the Origin of Upper Tropospheric Cyclonic Vortices in the South Atlantic Ocean and Adjoining Brazil during the Summer**. Meteorology and Atmospheric Physic. 1987.

RAO, V.B.; HADA, K. **Characteristics of Rainfall over Brazil: Annual Variations and Connections with the Southern Oscillations.** Theor. Appl. Climatol. 1990.

RASMUSSEN, F.M.; CARPENTER, T.H. **Variations in tropical sea surface emperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño.** 1982.

REDE DE MODELAGEM E OBSERVAÇÃO OCEANOGRÁFICA. **Previsão Numérica Oceânica Operacional.** Disponível em:

<<http://www.rederemo.org/html/index.php/produto/operacional>>. Acesso em: 21 jun 2015.

Revista Brasileira de meteorologia, 17, 11-10, 2002.

RIEHL, H. **Waves in the easterlies and the polar front in the Tropics.** Chicago Univ., Dept. of Meteorology. 1945.

SILVESTRE, E. **Distúrbios nos Ventos de Leste no Atlântico Tropical.** São José dos Campos: INPE, 1996.

SOUZA, B. de S. **Variabilidade pluviométrica intrasazonal sobre a Amazônia oriental e nordeste brasileiro durante o outono austral: mecanismos atmosféricos de baixa e alta frequência.** São Paulo: Universidade de São Paulo – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciência Atmosféricas – Departamento de Ciências Atmosféricas. São Paulo, 2003.

UVO, Cíntia Bertacchi. **Influence of Sea Surface Temperature on Rainfall and Runnoff in Northeastern South Americ: Analysis and Modeling.** Sweden: Universidade Lund, Departamento de Engenharia de Recursos de Água, 1998.

YAMAZAKI, Y. **Tropical cloudiness over South Atlantic Ocean.** J. Meteor. Soc. Japan, 1975.