

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

JESSICA RANY SVEILIS

INTERPRETAÇÃO DE INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS:
Apresentação do Acidente do Titanic

RIO DE JANEIRO
2014

JESSICA RANY SVEILIS

**INTERPRETAÇÃO DE INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS:
Apresentação do Acidente do Titanic**

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

2014

JESSICA RANY SVEILIS

**INTERPRETAÇÃO DE INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS:
Apresentação do Acidente do Titanic**

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

Graduação em Meteorologia e Mestrado em Meteorologia

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

RESUMO

A viagem inaugural do Titanic havia sido uma sensação à época e é uma das tragédias mais estudadas e pesquisadas até hoje, que já foi retratada na literatura e reproduzida nas telas de cinema. O Titanic, que havia sido intitulado como “o navio que não afunda”, ainda gera discussões mesmo após mais de um século de sua tragédia as quais levaram a investigações e teorias de pesquisadores e cientistas através de Mapas Sinóticos, da análise do tempo, da rota da viagem e, mais recentemente, da influência dos astros. Para que se possa analisar o acidente, inúmeras informações meteorológicas foram interpretadas como Cartas Sinóticas, Mapa de Anomalia de Temperatura da Superfície do Ar além de Avisos de *Icebergs*. Para as análises das condições do tempo no dia do acidente do referido navio, foram indicados conceitos que englobam Meteorologia e Oceanografia. Na parte da Meteorologia foram apresentados conceitos de Radiação Solar, Temperatura do Ar, Temperatura da Superfície do Mar (TSM), Pressão Atmosférica, Circulação do Ar nas Altas Pressões e Baixas Pressões, Característica da Circulação Oceânica no Hemisfério Norte, Massas de Ar e Frentes, Aspectos Importantes dos Sistemas Frontais e Análise de Cartas Sinóticas. Ainda, foram abordados conceitos de Marés, Correntes Oceânicas e Navegação no Gelo, conceitos estes importantes na parte de Oceanografia a fim de que se tenha um maior embasamento. A partir das análises feitas, concluiu-se que as condições meteorológicas naquele dia não foram as causas da tragédia e sim a negligência da interpretação das informações meteorológicas.

Palavras-chave: *Iceberg*. Titanic. Fenômenos Meteorológicos.

ABSTRACT

The maiden voyage of the Titanic was a sensation at the time and is one of the most studied and researched today tragedies, what has been portrayed in literature and played on the big screen. The Titanic, which was titled as "the ship that does not sink" also raises questions even after more than a century of his tragedy which led to investigations and theories of researchers and scientists through synoptic maps, the analysis of time, route of travel and, more recently, the influence of the stars. To be able to analyze the accident, numerous meteorological information was interpreted as Synoptic Cards, Map of Anomaly Temperature Surface Air plus Notices of Icebergs. For the analysis of weather conditions on the day of the accident the vessel, concepts that encompass Meteorology and Oceanography indicated. In the Meteorology concepts of Solar Radiation, Air Temperature, Sea Surface Temperature (SST), Atmospheric Pressure, Air Circulation in the High Pressure and Low Pressure, Feature Ocean Circulation in the Northern Hemisphere, Air Masses and Fronts were presented, Important Aspects of Frontal Systems Analysis and Synoptic Charts. Still, the concepts of Tides, Currents and Ocean Navigation in Ice part in these important concepts of Oceanography in order that it has a greater foundation were addressed. From the analyzes, it was concluded that the weather conditions that day were not the causes of the tragedy, but the neglect of the interpretation of weather information.

Keywords: Iceberg. Titanic. Meteorological phenomena.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ROC	Radiação de Onda Curta
ROL	Radiação de Onda Longa
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
TPO	Temperatura do Ponto de Orvalho

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ângulo de Incidência dos Raios Solares	11
Figura 2 – Variação Anual da Insolação	12
Figura 3 – Eixo do Cavado no Hemisfério Norte	16
Figura 4 – Eixo da Crista	16
Figura 5 – Circulação da Atmosfera e os Sistemas de Ventos	17
Figura 6 – Circulação Oceânica no Hemisfério Norte	18
Figura 7 – Nebulosidade de uma Frente Fria	21
Figura 8 – Carta Sinótica no Hemisfério Norte	23
Figura 9 – Representação das Marés de Sizígia e Quadratura baseada na atração do sistema Sol – Terra – Lua	26
Figura 10 – Corrente do Golfo no Atlântico Norte	27
Figura 11 – Representação da proporção da parte emersa e submersa de um <i>iceberg</i>	29
Figura 12 – Mapa de Terra Nova e a Estação Rádio de Halifax (CHF)	32
Figura 13 – Aviso de <i>Iceberg</i> 1	35
Figura 14 – Aviso de <i>Iceberg</i> 2	35
Figura 15 – Aviso de <i>Iceberg</i> 3	36
Figura 16 – Mapa Sinótico do dia 15 de Abril de 1912	37
Figura 17 – Mapa de Anomalia de Temperatura do Ar de Janeiro a Abril de 1912	38
Figura 18 – Rota do Titanic e deslocamento do <i>iceberg</i> pela Corrente do Labrador	39
Figura 19 – Fases da Lua	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Eventos Meteorológicos no Oceano Atlântico Norte por mês

12

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 PRINCIPAIS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS	11
2.1 Radiação Solar	11
2.2 Temperatura do Ar e Temperatura da Superfície do Mar (TSM)	13
2.3 Pressão Atmosférica	13
2.4 Circulação do Ar	14
2.4.1 Circulações nas Altas Pressões e Baixas Pressões	15
2.4.2 Cavados e Cristas	15
2.4.3 Circulação Geral da Atmosfera	17
2.4.4 Característica da Circulação Oceânica no Hemisfério Norte	18
2.5 Sistemas Sinóticos	19
2.5.1 Massas de Ar e Frentes	19
2.5.2 Aspectos Importantes dos Sistemas Frontais	20
2.5.3 Frente Fria	21
2.6 Interpretação de Informações Meteorológicas	22
2.6.1 Cartas Sinóticas	22
2.6.2 Análise da Carta Sinótica	23
3 OCEANOGRAFIA	25
3.1 Marés	25
3.2 Correntes Oceânicas	26
4 NAVEGAÇÃO NO GELO	28
4.1 Aspectos Importantes e Influência na Navegação	28
4.2 Condições Desfavoráveis	29
4.3 Indício da Presença de Gelo nas Proximidades	30
4.4 Variações do Gelo Marinho	30
4.5 Indício de Mar Livre	30
5 CLIMATOLOGIA	32
5.1 Ocorrências Climáticas Significativas no Hemisfério Norte	32
5.2 Navegação em Altas Latitudes	32
6 ANÁLISE METEOROLÓGICA NO ACIDENTE DO TITANIC	34
6.1 Histórico	34

6.2 Avisos de <i>Icebergs</i>	34
6.3 Meteorologia	36
6.4 Análise Sinótica	37
6.5 Climatologia	38
6.6 Rota do <i>Iceberg</i>	39
6.7 Influência da Maré	40
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

A palavra Meteorologia vem do grego “meteoros” que significa “elevado no ar” e “logos” que significa estudo. Assim, Meteorologia é a ciência que estuda a atmosfera terrestre. Seus principais pilares são a previsão do tempo e a climatologia. O tempo pode ser definido como o estado da atmosfera em um determinado instante e lugar enquanto o clima é definido como um “tempo médio”, ou seja, um conjunto de condições normais que dominam uma determinada região, obtidas das médias das observações durante um intervalo de 30 (trinta) anos de dados em média. O objetivo dessa ciência é entender os processos físicos e químicos que determinam o estado da atmosfera nas mais variadas escalas espaciais e temporais, abrangendo desde a turbulência local até a circulação atmosférica e oceânica globais.

Mais de cem anos após o naufrágio do maior transatlântico à época, diversas análises e pesquisas meteorológicas foram feitas acerca do acidente e questionadas suas causas. Enquanto no Titanic o capitão dispunha de bússolas, sextantes e cartas náuticas de papel, atualmente a ponte de comando conta com informações meteorológicas constantes e um acervo de equipamentos informatizados, incluindo cartas computadorizadas e radares. Após o acidente em 1912, foi criada a Patrulha Internacional do Gelo no Atlântico Norte que transmite posições de *icebergs* 24 (vinte e quatro) horas aos navios que trafegam na região. O acidente do navio contribuiu para os avanços na navegação que levaram a uma redução no número de acidentes graves com navios ao redor do mundo, inovações tecnológicas e padrões de segurança mais rígidos que deixaram o transporte marítimo mais seguro tornando o risco de colisão com um *iceberg* o menor possível, mas não imune a tragédias.

Atualmente, perdas totais ainda são motivadas por naufrágio. As três principais causas de naufrágio são uma falência de energia a qual afeta o controle do navio, ondas gigantes e tempestades e erro humano. Baseado em informações meteorológicas e oceanográficas pode-se interpretar a partir de Cartas Sinóticas, Mapa de Anomalia de Temperatura do Ar e Avisos de *Icebergs* que a causa do acidente não foi o estado de mau tempo.

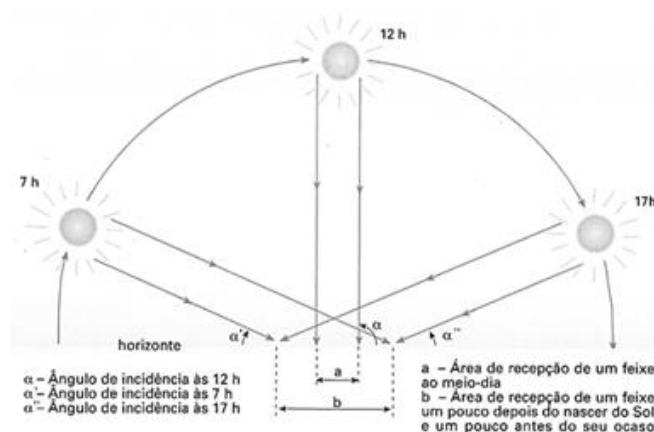
2 PRINCIPAIS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

2.1 Radiação Solar

Ao longo do ano, uma mesma região da superfície do planeta recebe quantidades diferentes de radiação solar, principalmente nas altas latitudes, devido à posição relativa do sol. O principal fator que influencia tal variação da energia solar recebida é o ângulo de incidência dos raios solares (figura 1). Essa variação anual ocasiona a sazonalidade, acarretando nos solstícios e equinócios.

De acordo com Moran (1994), o ângulo de incidência dos raios solares varia ao longo do dia devido ao movimento de rotação da Terra e varia ao longo do ano devido ao movimento de translação. A intensidade é máxima quando os raios incidem verticalmente resultando em um maior aquecimento da superfície, entretanto não é o momento em que se observam as temperaturas máximas, isso devido ao fato de que a superfície da terra necessita de tempo para armazenar a Radiação de Onda Curta (ROC) proveniente do sol, e transmiti-la na forma de Radiação de Onda Longa (ROL), que por sua vez aquece a atmosfera inferior (camada mais baixa da Troposfera) e decresce à medida que o ângulo de incidência for diminuindo, sendo menor o aquecimento da superfície. Este aspecto é mais acentuado nas altas latitudes, uma das razões pela qual estas regiões apresentam invernos rigorosos.

Figura 1: Ângulo de Incidência dos Raios Solares

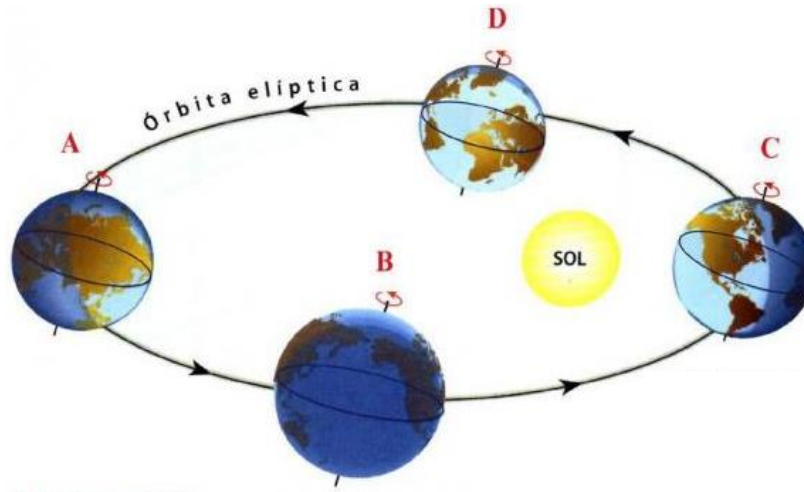


Fonte: <https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap-45.pdf>

Ainda para Moran (1994), o solstício de Junho a insolação é máxima no círculo de latitude de $23^{\circ}27'N$ e os dias tem duração maior que as noites, no Hemisfério Norte. Já no solstício de Dezembro, a insolação é máxima no círculo de $23^{\circ}27'S$ e os dias tem duração

menor do que as noites. Logo, após atingir a máxima insolação no solstício de verão no Hemisfério Norte, a duração do período de insolação decresce como se observa na figura 2.

Figura 2: Variação Anual da Insolação



Fonte: <http://tempolibero.uncome.it/articolo/cos-e-il-solstizio-d-estate-e-come-si-festeggia-940.html>

As estações do ano se iniciam no calendário 45 (quarenta e cinco) dias após o início da estação de fato, evidenciando as ocorrências climáticas antes do previsto. Pode-se observar na tabela 1 a variação dos eventos meteorológicos no Oceano Atlântico Norte em função dos meses tendo como base a época real da mudança de estação e não a do calendário.

Tabela 1: Eventos Meteorológicos no Oceano Atlântico Norte por mês

EVENTOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<i>Icebergs</i> no Hemisfério Norte												
<i>Pack Ice</i> (75% de cobertura) Leste do Canadá												
Congelamento na Superestrutura Atlântico Norte												
Nevoeiro Extenso Atlântico Norte												

Simbologia:



Período de Pico



Período de provável ocorrência

Fonte: Lobo, 2007

2.2 Temperatura do Ar e Temperatura da Superfície do Mar (TSM)

Temperatura é o que indica a quantidade de calor presente no meio em questão. A temperatura do ar varia verticalmente na atmosfera diminuindo com a altitude por conta da variação da pressão do ar, proporcionalmente. A temperatura à superfície varia também horizontalmente diminuindo das baixas latitudes para latitudes mais elevadas.

A TSM durante o dia e a noite não apresenta variação de valor já que grande parte da energia recebida pela radiação é utilizada no processo de evaporação da água da superfície do mar. Esse processo contribui para o aumento da umidade do ar atmosférico. Quando a TSM é mais fria, pode resultar na formação de nevoeiros ou névoa enquanto quando a TSM é mais quente pode intensificar os processos convectivos e temporais, tormentas e furacões. Quanto mais seco estiver o ar, maior será o resfriamento. A intensidade do vento varia de acordo com quanto mais forte for o gradiente horizontal de temperatura, maior deverá ser o gradiente de pressão e a intensidade do vento, onde o gradiente horizontal de temperatura é a variação horizontal da temperatura em determinada distância (Sannino, 1989).

2.3 Pressão Atmosférica

Segundo Moran (1994), pressão atmosférica é a força exercida pelo peso da atmosfera sobre uma área unitária sendo a sua unidade em hectopascal, hPa. A pressão atmosférica apresenta variação diurna devido ao aquecimento da superfície proveniente da radiação solar. A variação diurna da pressão segue os períodos de maior aquecimento e resfriamento da superfície local que afetam a temperatura e a densidade do ar. No caso de um ar mais quente, o ar estará mais denso sendo menos pesado e a pressão menor. Já no caso de um ar mais frio, o ar estará mais denso, sendo a pressão maior. O movimento vertical ascendente do ar diminui a pressão, pois, o ar fica menos denso enquanto o movimento descendente vertical do ar aumenta a pressão (Sannino, 1989).

Observa-se uma região de alta pressão quando houver uma substituição gradual do ar por outro ar mais frio devido ao movimento horizontal sendo a variação de pressão nessa região positiva e uma região de baixa pressão quando houver uma substituição gradual do ar por outro ar mais quente sendo a variação de pressão nessa região negativa. Esses movimentos são favorecidos no sentido da alta pressão para a baixa pressão.

Ainda de acordo com Sannino (1989), pode-se observar nas Cartas Sinóticas de pressão à superfície as informações referentes à pressão à superfície que são plotadas na carta

por linhas de igual pressão denominadas isóbaras. As cartas apresentam também além das linhas vermelhas que são as isóbaras, os centros de baixa pressão e os centros de alta pressão, a presença de cavados e cristas e as circulações do ar, em setas. Quanto mais forte for o gradiente horizontal de pressão, ou seja, quanto mais estreita for a distância entre as isóbaras, maior será a intensidade do vento nessa região.

2.4 Circulação do Ar

O movimento vertical espontâneo do ar atmosférico é um dos principais parâmetros meteorológicos na evolução do estado do tempo. Quando ocorrem condições de estabilidade atmosférica, a tendência do tempo é a permanência do quadro presente com bom tempo. A estabilidade significa que não há condições propícias à ocorrência de movimentos ascendentes e descendentes do ar e conseqüentemente suas implicações. Nessa situação, as camadas de ar dos baixos níveis da atmosfera não tendem a trocar de posição com as camadas de ar de níveis acima simplesmente por não ocorrerem fatores que afetem a densidade do ar em altos ou baixos níveis.

Na atmosfera, a tendência natural é o ar mais denso, ou seja, o mais frio se posicionar abaixo do ar menos denso, ou seja, o mais quente. A este movimento espontâneo denomina-se circulação direta (Moran, 1994). A estabilidade atmosférica vem a ser exatamente a situação que não apresenta condições favoráveis à ocorrência de circulação direta. A instabilidade atmosférica caracteriza-se pela situação onde se identifica a presença de condições propícias à circulação direta. Essa tendência espontânea que pode estar influenciada pelo gradiente horizontal de temperatura, gradiente horizontal de pressão, convergência em baixos níveis, divergência em altos níveis e demais fatores que favorecem, estimulam e provocam a convecção. Sempre que em uma área, com ar instável, se observa movimento ascendente do ar em outra região próxima estará ocorrendo movimento descendente do ar. Movimentos verticais esses de ascensão e subsidência do ar associados a movimentos horizontais do ar de convergência nos baixos níveis e de divergência nos níveis superiores.

Um importante parâmetro a ser considerado na avaliação do ar estável e do ar instável é a evolução da diferença de temperatura entre a TSM e a temperatura do ar na região. Se houver uma tendência de aquecimento da superfície com conseqüente elevação da temperatura do ar em baixos níveis, a evolução natural do tempo será o desencadeamento da circulação direta.

Para indicar a ocorrência de circulação direta temos a linha de instabilidade. A instabilidade pode ser ocasionada também por advecção de ar mais quente em baixos níveis ou advecção de ar mais frio em altos níveis. Quando a Carta Sinótica apresentar a linha de instabilidade, significa que nessa região há condições de mau tempo, com possibilidade de intensas precipitações e fortes ventos provenientes das atividades convectivas decorrentes da circulação direta desencadeada pela instabilidade.

2.4.1 Circulações nas Altas Pressões e Baixas Pressões

Segundo Lobo (2007), o centro de baixa pressão é a área onde ocorre uma depressão barométrica e é delimitado por uma série de isóbaras quase circulares, que envolvem uma área onde as pressões atmosféricas decrescem da periferia para o centro. Um centro de baixa pressão pode ser denominado de ciclone e existem dois tipos de centros de baixa pressão dependendo da latitude, os ciclones extratropicais e os ciclones tropicais.

A circulação do ar em uma região de baixa pressão à superfície é no sentido anti-horário no Hemisfério Norte e convergente em ambos os hemisférios. Nos centros de baixa pressão à superfície, a circulação horizontal convergente do ar está associada ao movimento vertical ascendente do ar. A direção e a intensidade do vento são representadas pela simbologia usada na Carta Sinótica onde o vento sopra na direção da seta, entrando pela extremidade com os traços de intensidade e saindo pela extremidade do círculo.

O centro de alta pressão à superfície, ou seja, ao nível do mar, é a área onde ocorre uma elevação barométrica e é delimitado por uma série de isóbaras quase circulares que envolvem uma área onde as pressões atmosféricas aumentam da periferia para o centro. Um centro de alta pressão pode ser denominado de anticiclone.

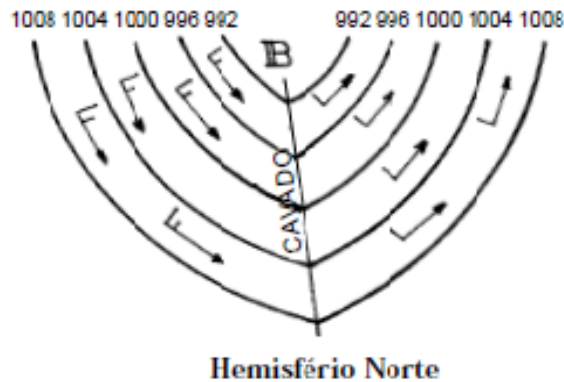
A circulação do ar em uma região de alta pressão à superfície é no sentido horário no Hemisfério Norte e divergente em ambos os hemisférios. Nos centros de alta pressão à superfície, a circulação horizontal divergente do ar está associada ao movimento vertical descendente do ar. Quando os sistemas de pressão se deslocam, ocorre mudança no estado do tempo.

2.4.2 Cavados e Cristas

O cavado caracteriza-se pelo alongamento das isóbaras de um centro de baixa pressão, em uma determinada direção, ou seja, ao longo do eixo do cavado. Conforme as isóbaras se

afastam do centro de baixa pressão para a periferia, tem-se um alongamento mais pronunciado (figura 3). Quando o cavado é bem acentuado, constata-se a circulação de ar frio para regiões mais quentes e normalmente a ocorrência de frente fria (Lobo, 2007).

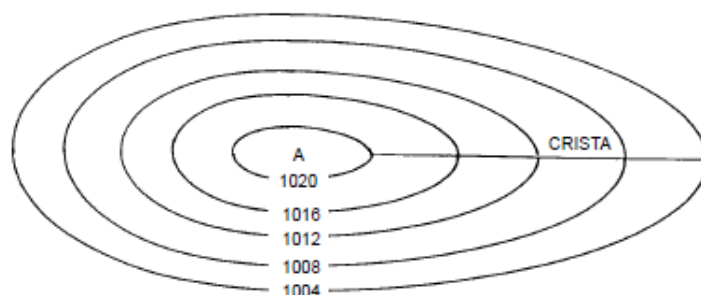
Figura 3: Eixo do Cavado no Hemisfério Norte



Fonte: <https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap-45.pdf>

A crista caracteriza-se pelo alongamento das isóbaras de um centro de alta pressão, em determinada região, ou seja, ao longo do eixo da crista. Conforme as isóbaras se afastam do centro de alta pressão na direção da periferia ao longo do eixo da crista o alongamento é mais acentuado (figura 4). Quando a crista é bem pronunciada, constata-se a circulação de ar quente para regiões mais frias. O eixo da crista em ambos os hemisférios aponta na direção das altas latitudes; no Hemisfério Norte, o eixo aponta para o pólo norte. Já o eixo do cavado em ambos os hemisférios se orienta na direção das baixas latitudes, apontando para o Equador.

Figura 4: Eixo da Crista



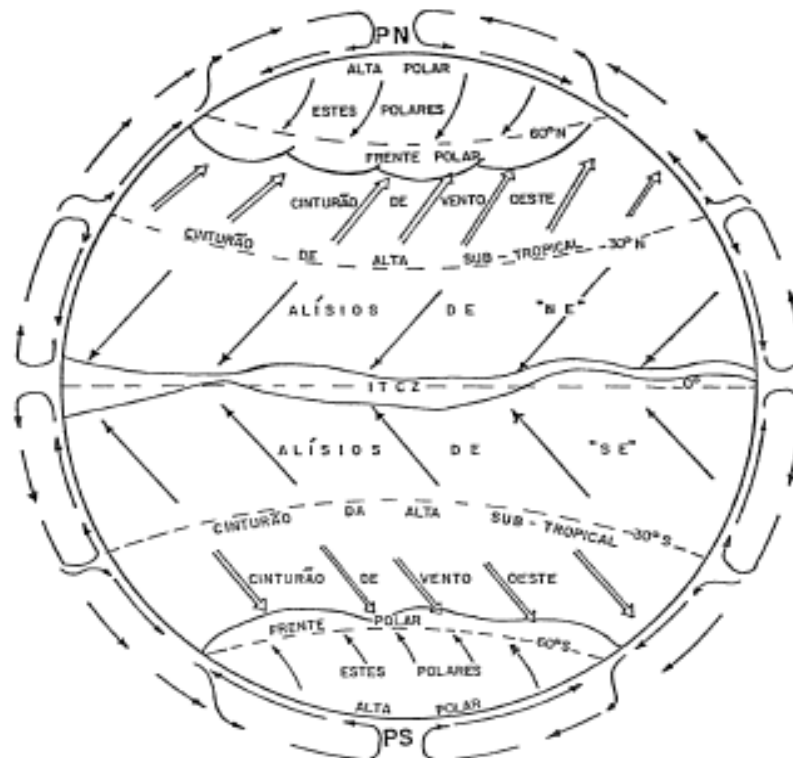
Fonte: <https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap-45.pdf>

2.4.3 Circulação Geral da Atmosfera

As regiões polares absorvem menos energia do que emitem, ficando com saldo negativo em relação às outras regiões. Para manter um nível estabilizado ocorrem então espontaneamente circulações atmosféricas e oceânicas, transportando energia. A Circulação Geral da Atmosfera transporta em baixos níveis ar frio na direção do Equador e em altos níveis ar quente na direção dos pólos (Moran, 1994). No sentido norte/sul ou sul/norte é denominada Circulação Meridional e no sentido leste/oeste ou oeste/leste, Circulação Zonal.

De acordo com Moran (1994), na Circulação Meridional observa-se a Célula de Hadley, com movimento ascendente do ar no Equador, em altos níveis na direção das altas latitudes até a latitude de 30° quando tem movimento descendente e à superfície, nas direções do Equador e das altas latitudes. A Célula de Hadley ocorre em ambos os hemisférios e é essa circulação que origina os ventos alísios e os ventos de oeste os quais estão sujeitos aos efeitos da rotação da Terra. Observa-se também que o movimento descendente do ar da Célula de Hadley origina o cinturão de anticlones nas latitudes médias.

Figura 5: Circulação da Atmosfera e os Sistemas de Ventos

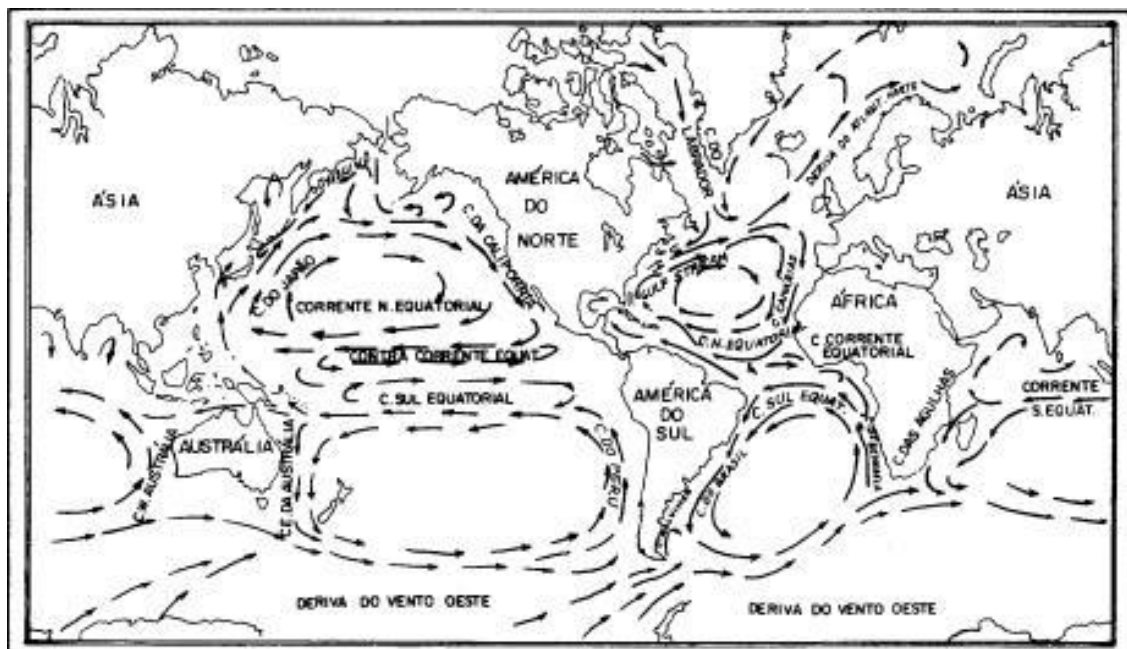


Fonte: <https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap-45.pdf>

Nas regiões de altas latitudes ocorrem os ventos polares de leste. Na região tropical, ao longo do Equador térmico, encontra-se a Zona de Convergência Intertropical, com significativo movimento ascendente de ar, devido à circulação das Células de Hadley, de ambos os hemisférios, que desencadeiam à superfície os ventos alíseos de nordeste no Hemisfério Norte. A Circulação Meridional da atmosfera influencia as características da distribuição geral da pressão à superfície. Portanto, observa-se regiões de alta pressão à superfície nas latitudes de 30°N e 30°S ao passo que baixa pressão à superfície são observadas na região equatorial e nas latitudes de 60°N e 60°S . A Circulação Meridional é afetada pela rotação da Terra. Tal influência de rotação da Terra sobre a circulação é conhecida como efeito da Força de Coriolis. O efeito da Força de Coriolis provoca um desvio que é sempre à direita da direção da circulação no Hemisfério Norte. Na Circulação Zonal observam-se ventos predominantes da direção leste na faixa equatorial, ventos alíseos de nordeste no Hemisfério Norte e alíseos de sudeste na região tropical e ventos predominantes da direção oeste nas latitudes médias (Figura 5).

2.4.4 Característica da Circulação Oceânica no Hemisfério Norte

Figura 6: Circulação Oceânica no Hemisfério Norte



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAVzcAL/mares-correntes-mare-oceanicas?part=11>

No Hemisfério Norte, observa-se desvios na circulação do ar para a direita e ventos alísios de nordeste e na Zona de Convergência Intertropical, ventos de leste. O efeito de Coriolis ocasiona o giro das correntes marítimas provocando um circuito fechado das correntes no Oceano Atlântico. No Atlântico Norte encontra-se a Corrente do Golfo, Corrente Norte Atlântico e a Corrente Norte Equatorial como se observa na figura 6.

2.5 Sistemas Sinóticos

Segundo Lobo (2007), o escoamento zonal padrão característico das latitudes médias em ambos os hemisférios (30°N a 60°N e 30°S a 60°S) apresenta ventos de oeste. Periodicamente, esse escoamento horizontal ondula no sentido meridional desencadeando a formação de cristas e cavados de onda. A intensificação da componente meridional dessa ondulação proporciona o transporte de massa de ar fria para regiões mais quentes e o deslocamento de massa de ar quente para regiões mais frias. Tal circulação do escoamento zonal propicia a ocorrência de frentes fria e quente. A continuidade dessa circulação, no estágio de dissipação, resulta na presença de centros de alta e baixa pressão desprendidos com a circulação geral voltando ao escoamento zonal padrão, até uma nova perturbação meteorológica.

2.5.1 Massas de Ar e Frentes

É chamada massa de ar uma grande quantidade de ar cobrindo uma extensa região que normalmente é caracterizada por sua temperatura horizontal além de outros parâmetros como, por exemplo, a umidade e a temperatura. Denomina-se superfície frontal a fronteira entre uma massa fria e uma massa quente onde se observam as grandes alterações do estado do tempo. Essa superfície frontal se estende da superfície até os elevados níveis de altitude. A linha que a representa na superfície do solo e do oceano denomina-se frente.

Na situação de equilíbrio, as massas de ar não apresentam deslocamentos em latitude, ficando determinada região sujeita às características da temperatura da massa de ar presente, sem sensíveis alterações nas condições de tempo. Nas latitudes médias no Hemisfério Norte, o escoamento zonal padrão sem perturbação meteorológica apresenta ar frio nas latitudes maiores e ar quente nas latitudes menores. Quando esse equilíbrio é rompido ocorre a formação de frentes fria e quente. Já o escoamento zonal com fraca perturbação meteorológica apresenta ventos de oeste com componente meridional suficiente para

desencadear a formação de cavado e circulação de massa de ar quente com frente quente e massa de ar fria com frente fria. Apresentam também na circulação da massa de ar fria ventos de noroeste. Observa-se a formação de um centro de baixa pressão no ponto de inflexão da circulação ciclônica do cavado (England, 1973).

Entretanto, com o deslocamento da massa fria, o ar quente da massa quente será forçado a ceder o espaço para o ar frio que está chegando. Residem nessa saída forçada do ar quente, as grandes alterações do estado do tempo na região em questão. O ar frio se desloca junto à superfície e aos baixos níveis, por ser mais frio e, portanto, mais denso. O ar quente por ser menos denso é forçado a subir em seu deslocamento, se afastando da região. Este escoamento do ar quente em forma de correntes de ar ascendentes provoca o desenvolvimento de atividades convectivas.

A massa de ar menos densa tem movimento ascendente ao longo da rampa formada pela inclinação da superfície frontal, enquanto a massa de ar mais densa permanece junto à superfície. O deslocamento das massas é devido aos gradientes horizontais de temperatura e de pressão (Brasil. DHN, 1991).

Na frente fria a massa de ar fria avança, ao passo que a massa de ar quente ascende ao longo da superfície frontal de acentuada inclinação. A acentuada inclinação favorece o movimento convectivo e a nebulosidade numa estreita faixa. Após a passagem da frente observa-se uma significativa mudança no regime dos ventos, além de alteração na temperatura do ar e da pressão atmosférica. Além das frentes quentes e frias podem ocorrer também situações de frentes estacionárias e frentes oclusas. As frentes frias normalmente se originam na faixa localizada a 50° de latitude, a qual delimita as altas e as médias latitudes e se deslocam na direção das baixas latitudes, influenciando o estado do tempo das regiões atingidas.

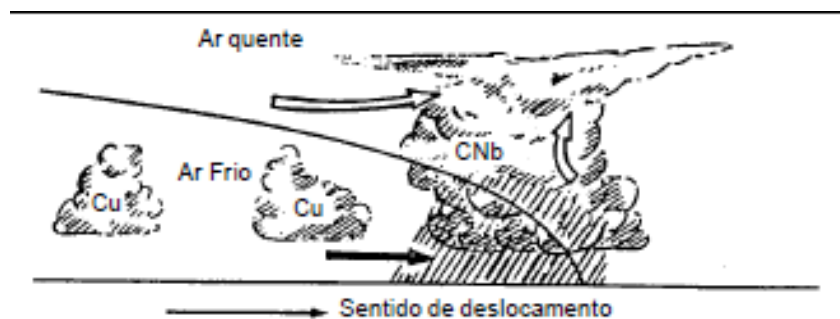
2.5.2 Aspectos Importantes dos Sistemas Frontais

Se o vento à superfície no lado do ar frio se apresenta na direção do deslocamento da frente ou se a pressão está parando de cair ou passando a subir no lado do ar frio, o que significa que o cavado está se deslocando na direção do ar mais quente, a frente pode ser considerada frente fria. Se os ventos forem fortes com precipitações torrenciais indicam uma frente fria de deslocamento rápido, ou seja, a velocidade de deslocamento acima de 20 (vinte) nós.

2.5.3 Frente Fria

Conforme Lobo (2007), a formação de uma frente fria está normalmente associada à formação de uma região de baixa pressão na junção das áreas onduladas da frente fria e da frente quente. Nessa região de depressão a circulação ciclônica é intensificada. A frente fria nesse trecho move-se mais rapidamente que a frente quente. As duas frentes se juntam nessa região no processo denominado oclusão. No momento em que a oclusão se inicia, a circulação ciclônica está com sua máxima intensidade. À medida que a oclusão continua avançando, a circulação ciclônica nessa região diminui e conseqüentemente a área de baixa pressão enfraquece; o movimento frontal fica mais lento reduzindo a ondulação e tornando-se outra vez uma simples frente estacionária, em equilíbrio, enquanto o centro de baixa pressão desaparece. Uma frente fria apresenta acentuada inclinação da superfície frontal, resultando em intensa atividade convectiva do ar quente e úmido que, ao atingir o nível de condensação e a TPO, inicia a formação de nuvens de desenvolvimento vertical, resultando em estreita faixa de nebulosidade ao longo da frente (Figura 7).

Figura 7: Nebulosidade de uma Frente Fria



Fonte: <https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap-45.pdf>

Os ventos à superfície nas frentes frias e quentes e no centro de baixa pressão apresentam circulação ciclônica no sentido anti-horário no Hemisfério Norte. Então, o vento ronda de sudoeste para noroeste. Na aproximação da frente fria a pressão cai, a temperatura do ar aumenta, o vento predominante sopra de sudoeste ou sul no Hemisfério Norte e a nebulosidade com o surgimento no horizonte de nuvens aumenta.

Após a passagem da frente fria a pressão atmosférica aumenta, a temperatura do ar cai, a direção do vento predominante é de noroeste no Hemisfério Norte, a visibilidade reduz durante as pancadas de chuvas e observa-se trovoadas. Quando o deslocamento da frente fria é lento, as mudanças não ocorrem tão abruptamente, mas sim lenta e gradativamente,

formando nuvens que ocasionam precipitação contínua e persistente. Da mesma forma, quando a massa de ar quente é muito seca, não se observa nebulosidade, estando o mau tempo relacionado apenas a ventos fortes.

2.6 Interpretação de Informações Meteorológicas

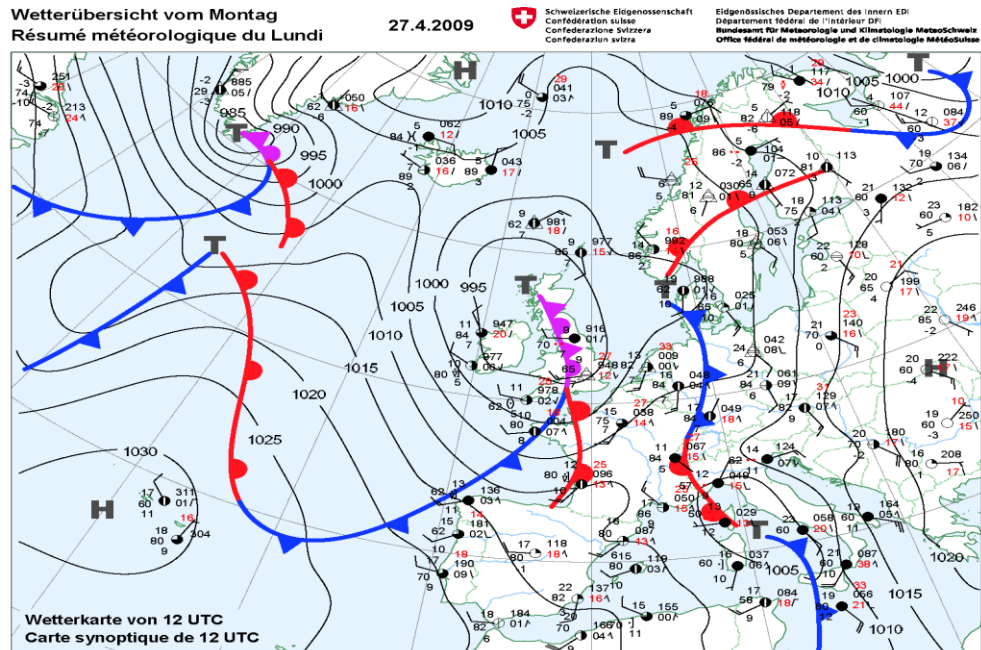
2.6.1 Cartas Sinóticas

Por Lobo (2007), as Cartas Sinóticas de pressão atmosférica à superfície avaliam o estado do tempo presente. Nas cartas são traçadas as isóbaras as quais são representadas graficamente por espaços de 4 em 4 hPa e plotados seus valores em hPa. Os centros de baixa pressão ou ciclone e os centros de alta pressão ou anticiclone são regiões circundadas por isóbaras fechadas de valores mais baixos e de valores mais altos, respectivamente. Os ventos à superfície são plotados indicando a direção de onde sopram (em princípio, pode-se considerar que os ventos sopram quase paralelos às isóbaras) e a velocidade. O símbolo usado para a plotagem da direção do vento é uma seta com um pequeno círculo em uma extremidade e traços na outra extremidade. A direção de onde sopra o vento é indicada pela seta e a intensidade do vento é indicada pelos traços na extremidade da seta. O pequeno círculo na outra extremidade indica a cobertura do céu, em oitavos. É indicada também a intensidade da atividade convectiva da Zona de Convergência Intertropical, que pode ser fraca, moderada e forte.

Em relação ao espaçamento das isóbaras observa-se que quanto mais estreito, maior será o gradiente de pressão sendo assim maior a intensidade do vento. No Hemisfério Norte, a circulação do ar nos centros de baixa pressão e nos centros de alta pressão são no sentido anti-horário e no sentido horário, respectivamente.

Na Carta Sinótica, as frentes frias, que se deslocam das altas latitudes para as baixas latitudes no Hemisfério Norte tendo a representação apontada para baixo, são apresentadas na cor azul e as frentes quentes, que se deslocam das baixas latitudes para as altas latitudes no Hemisfério Norte tendo sua representação apontada para cima, são apresentadas na cor vermelha (Brasil. DHN, 1991), como se observa na figura 8. Outra informação meteorológica representada graficamente na Carta Sinótica é a linha de instabilidade, por meio de duas pequenas linhas paralelas podendo ser acrescidas da simbologia de tempo presente como chuva, chuveiro ou pancadas.

Figura 8: Carta Sinótica no Hemisfério Norte



Fonte: http://www.meteosvizzera.admin.ch/web/it/meteo/attualita_sul_tempo/20090429.Par.0004.DownloadFile.tmp/carta.png

2.6.2 Análise da Carta Sinótica

Com a passagem de uma frente fria, a direção do vento muda de 180° do sul para o norte no hemisfério norte, a queda da temperatura indica a chegada do ar frio, ocorre a queda da pressão na aproximação de uma frente fria e a elevação da pressão após a passagem da frente fria, a mudança na umidade relativa do ar e a ocorrência de nebulosidade e precipitação.

Na avaliação das condições de tempo, é importante observar a formação e evolução de cavados (alongamento das isóbaras na direção da periferia de um centro de baixa pressão) e cristas (observadas em áreas de alta pressão onde as isóbaras se afastam em determinada direção). O eixo do cavado (linha partindo do centro de baixa pressão na direção que se dá o maior afastamento das isóbaras) está associado à posição da frente. O sentido de circulação do ar em um cavado, centro de baixa pressão ou ciclone é no sentido anti-horário enquanto o sentido de circulação do ar em uma crista, centro de alta pressão ou anticiclone, é no sentido horário, no Hemisfério Norte.

É indicada também na Carta Sinótica a faixa de latitude onde se posiciona a Zona de Convergência Intertropical, a qual apresenta intensa atividade convectiva, onde ocorrem

fenômenos característicos evidenciando a formação de nuvens que atingem nessa zona um grande desenvolvimento vertical produzindo intensas precipitações (Lobo, 2007).

3 OCEANOGRAFIA

3.1 Marés

Por Lobo (2007), marés são movimentos regulares de subida e descida do nível do mar que se repetem normalmente duas vezes por dia (marés semi-diurnas). As oscilações das marés se devem à atração da Lua durante o seu movimento ao redor da Terra, em menor medida à atração do Sol e também à força centrífuga do sistema Lua-Terra. Nesse sistema a força gravitacional e a força centrífuga estão em equilíbrio. Em todos os pontos da superfície terrestre a força centrífuga é constante, porém, a força gravitacional do sistema é maior no ponto da superfície mais próximo da Lua e menor no ponto mais afastado. Com isso, o equilíbrio só será alcançado com o movimento de subida do nível do mar.

No ponto da superfície da Terra mais próxima da Lua o movimento de subida do nível do mar é devido à força gravitacional ser maior que a força centrífuga enquanto no ponto da superfície da Terra mais afastada da Lua o movimento de subida do nível do mar é devido à força centrífuga ser maior que a força de atração. Assim, quando o mar fica alto denomina-se preamar. Nas regiões da superfície da Terra com a mesma distância das regiões mais próximas e mais afastadas da Lua a força de atração e a força centrífuga mantém o equilíbrio logo, o nível do mar fica baixo caracterizando a baixa-mar.

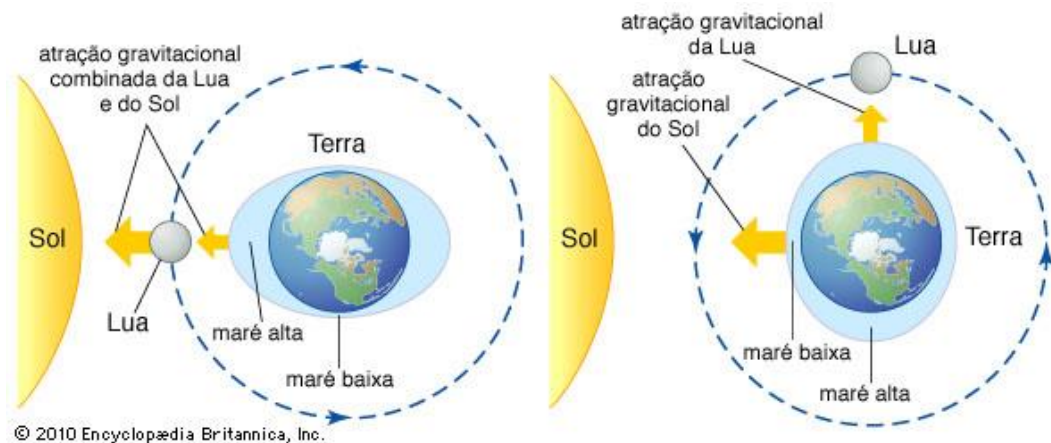
A oscilação do nível do mar por conta das marés é resultante dos movimentos de rotação da Terra em torno do seu próprio eixo e de translação da Lua ao redor da Terra, a qual caracteriza as fases da Lua, e do movimento de translação da Terra ao redor do Sol. Como a oscilação da maré é periódica observam-se períodos em que ocorre maré de vazante e maré de enchente, instantes de preamar e instantes de baixa-mar.

De acordo com Digest (1980), no ciclo lunar, que possui duração de 28 (vinte e oito) dias, a Lua realiza seu movimento de translação ao redor da Terra. Levando em consideração o sistema Sol-Terra-Sol e suas respectivas posições e sabendo-se que o Sol ilumina tanto a Terra quanto a Lua de forma semelhante, a parte iluminada da Lua varia ao longo do ciclo lunar devido à mudança de posição relativa da Lua. Essa mudança de posição da Lua em relação à Terra é denominada como as Fases da Lua sendo elas a Lua nova, Quarto crescente, Lua Cheia e Quarto Minguante.

Na fase de Lua nova os três astros se encontram em uma posição de alinhamento em conjunção enquanto na fase de Lua cheia se encontram em um alinhamento em oposição. Devido a esse alinhamento, a força gravitacional da Lua e do Sol se somam sobre a Terra

contribuindo assim para a elevação do nível do mar. Nessas ocasiões observam-se as preamares mais altas chamadas de Marés de Sizígia ou Maré Viva. Já nas fases Quarto crescente e Quarto minguante a posição relativa dos astros forma um ângulo de 90° o que significa que a atração do Sol é em uma direção defasada de 90° da direção da atração da Lua. Com isso, a força de atração terá um efeito menor na elevação do nível do mar. Nessas situações obtém-se uma preamar menos alta denominada Marés de Quadratura ou Maré Morta (Figura 9).

Figura 9: Representação das Marés de Sizígia e Quadratura baseada na atração do sistema Sol-Terra-Lua



Fonte: <http://escola.britannica.com.br/assembly/135756/O-Sol-e-a-Lua-tem-influencia-sobre-as-aguas>

3.2 Correntes Oceânicas

Baseado em Lobo (2007), corrente marítima é o movimento contínuo das águas do mar com determinada direção e velocidade. As principais causas produtoras das correntes são a diferença de densidade das águas do mar, marés e ventos. As Correntes de Densidade e as Correntes de Marés geram o deslocamento de grandes massas de água nos oceanos.

A Corrente de Densidade é provocada pela diferença de densidade das grandes massas de água nos oceanos devido às diferenças de temperatura e menor influência da salinidade. As temperaturas extremamente baixas nas regiões polares afetam consideravelmente a densidade da água do mar nas altas latitudes o que desencadeia o processo de correntes frias profundas e conseqüentemente o deslocamento da água superficial e quente na direção das altas latitudes para suprir o espaço liberado pelo deslocamento das correntes frias e profundas na direção das baixas latitudes. A rotação da Terra tem influência

na trajetória das correntes quentes (menos densas) e frias (mais densas) desviando-as para a direita no Hemisfério Norte devido ao efeito da Força de Coriolis.

Em ambos os hemisférios a corrente oceânica que flui na direção das altas latitudes é denominada corrente quente ou temperada, a qual desvia para leste, porque transporta energia para as regiões mais frias, aquecendo o ambiente. Já a corrente oceânica que flui na direção do Equador é denominada corrente fria, a qual desvia para oeste, pois, irá absorver energia das regiões mais quentes, esfriando o ambiente. Pode-se observar na figura 10, que no Hemisfério Norte destaca-se a Corrente do Golfo no Atlântico que flui para altas latitudes.

Figura 10: Corrente do Golfo no Atlântico Norte



Fonte: <http://www.meteoweb.eu/2014/05/il-rallentamento-della-corrente-del-golfo-causa-inverni-sempre-piu-rigidi-e-nevosi-sulle-isole-britanniche/194009/>

4 NAVEGAÇÃO NO GELO

4.1 Aspectos Importantes e Influência na Navegação

O gelo restringe os movimentos e manobras dos navios, na estação de inverno podem chegar a impedir a navegação além de ser um perigo para a estrutura do navio, principalmente nos pontos vulneráveis como os hélices e o leme. Uma derrota mais segura é elaborada de acordo com a linha limite de influência dos gelos flutuantes. A presença de gelo dificulta a navegação astronômica devido a valores anormais da refração e a navegação eletrônica devido à propagação irregular. Dificultam também a utilização do radar como auxílio à navegação, ocasionando falhas de interpretação das imagens.

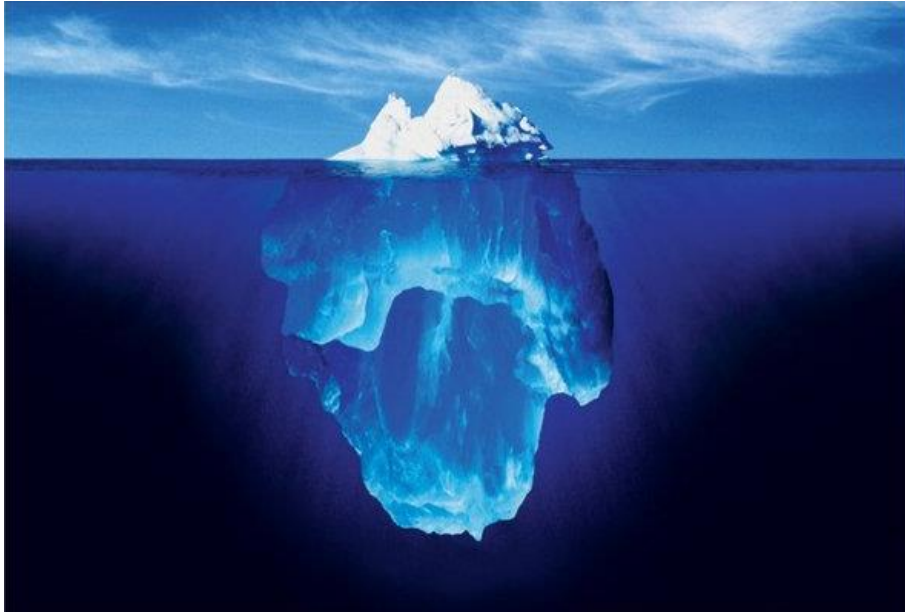
A parte submersa do gelo marinho é cerca de nove vezes maior que a parte visível (figura 11). Os gelos continentais são permanentes e podem atingir uma espessura superior a 2000 (dois mil) metros. Já os gelos glaciais são aqueles permanentes, acumulados em lugares cuja orografia e contextura permitem ou facilitam seu deslocamento a níveis baixos. Se o gelo glacial chega ao mar, segue avançando descansando no fundo, até que a profundidade seja suficiente para que os gelos flutuem. A fluabilidade do gelo, as marés e os temporais fazem com que se desprendam dos gelos glaciais, partes de grandes dimensões, denominadas *icebergs*, os quais flutuam livremente e são arrastadas pelos ventos e correntes alcançando as rotas frequentadas pelos navios (Lobo, 2007).

Por Digest (1980), um *iceberg* recém-desprendido do gelo glacial possui um oitavo da sua altura total. O *iceberg* típico do Hemisfério Norte é de grandes proporções e formas irregulares com dimensões entre 10 (dez) a 40 (quarenta) metros de altura e comprimento que pode alcançar 1000 (mil metros) metros. Sua cor branca pode possuir tonalidades verdes ou azuis bem suaves e a parte submersa corresponde de 8 (oito) a 9 (nove) vezes a parte emersa o que facilita o seu deslocamento pelas correntes frias e profundas.

Os gelos marinhos formados próximos à costa acabam se soldando às extremidades da costa constituindo gelo firme denominado *fast ice* que podem alcançar largura de 2 (duas) a 20 (vinte) milhas. Em lugares abrigados, como enseadas e baías, os *fast ice* podem evoluir em espessura da parte que sobressai à água caracterizando o *ice island*, no Hemisfério Norte com mais de 2 (dois) metros, podendo alcançar 50 (cinquenta) metros e se manter unida à terra durante anos. É composta de gelo glacial de origem terrestre e neve e geram o *iceberg* tabular que ocasionalmente se desprende da face que dá para o mar (*ice front*). Possuem comprimento de 6 (seis) a 10 (dez) milhas podendo alcançar dezenas de milhas e altura entre

5 (cinco) a 35 (trinta e cinco) metros. A parte submersa é de 4 (quatro) a 5 (cinco) vezes a que aflora e a parte emersa com o tempo se reduz até chegar a décima parte.

Figura 11: Representação da proporção da parte emersa e submersa de um *iceberg*



Fonte: http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2005-09-25_2005-10-01.html

Com o passar do tempo, os *icebergs* são afetados pela erosão, fusão e desagregação de pedaços que são classificados como *bergy bits*, os quais afloram até 5 (cinco) metros e como *growlers*, os quais afloram menos de 1 (um) metro. Em sua última etapa o processo desintegrador se acelera, sendo frequente que o *iceberg* perca a estabilidade e altere sua posição de equilíbrio. Ao mesmo tempo, a produção de *growlers* aumenta sensivelmente e com isso o risco para a navegação, pois, as dificuldades de sua detecção visual e radar são associados à massa submersa de 7 (sete) a 9 (nove) vezes a parte que aflora.

4.2 Condições Desfavoráveis

De acordo com Lobo (2007), os navios que navegam em altas latitudes estão sujeitos a uma temperatura do ar à superfície mais baixa que a TSM no inverno, ventos fortes no inverno e nevoeiro no verão, a temperatura da água do mar mais baixa do que a do ar no verão, uma baixa umidade relativa no inverno, a presença de gelo flutuante na época do degelo polar, nevoeiro nas proximidades de separação gelo/água e ao congelamento da superestrutura.

4.3 Indício da Presença de Gelo nas Proximidades

Na navegação em mar aberto em altas latitudes é possível detectar a aproximação de gelo se for observado o reflexo luminoso (*ice blink*), sendo este um indício relativamente frequente e que pode ser a primeira indicação da presença de gelo. Geralmente é visto antes de se perceber o gelo, com uma reflexão luminosa da parte inferior das nuvens sobre o gelo e sua luminosidade aumenta depois de uma precipitação de neve.

Em dias claros, o reflexo luminoso pode ter aparência de uma névoa seca, clara ou amarelada. A presença de pequenos fragmentos de gelo sempre indica que há uma concentração de gelo próxima. O mar está calmo quando o navegante se aproxima de um campo de gelo por sota-vento e a presença de nevoeiro de advecção geralmente indica a presença de gelo por perto, o qual provocou o resfriamento do ar. Pode haver uma refração anormal e, embora o campo de gelo possa ser visto a uma distância maior do que normalmente seria possível, suas características podem ser extremamente amplificadas (Lobo, 2007).

4.4 Variações do Gelo Marinho

De acordo com Jimenez (1981), no Hemisfério Norte destaca-se a costa oeste da Groelândia, como produtora de icebergs glaciais. A ocorrência de gelos no mar depende das condições climáticas regionais. Além da variabilidade sazonal, a influência das correntes oceânicas tem efeito marcante na formação, movimentação, espessura, concentração e dissipação dos gelos marinhos.

4.5 Indício de Mar Livre

Conforme Lobo (2007), manchas escuras em nuvens baixas algumas vezes quase negras em comparação às outras nuvens indicam a presença de água abaixo. Quando o dia está muito claro este indício é menos evidente. As manchas escuras nos nevoeiros indicam a mesma coisa, mas não podem ser vistas de uma distância maior que a reflexão das nuvens. Uma faixa escura em uma nuvem alta indica a presença de áreas de água livre que poderão levar a áreas maiores de água livre nas proximidades.

A Guarda Costeira dos EUA opera um serviço de patrulhamento do fim do mês de Março até que o gelo e os icebergs não apresentem perigo à navegação na parte noroeste do

Atlântico. Geralmente há, ao menos, um navio da Guarda Costeira dos Estados Unidos da América patrulhando a costa de Newfoundland. Todas as informações obtidas por esse serviço são transmitidas pela Estação Rádio de St John (VON) e a Estação Rádio de Halifax (CHF).

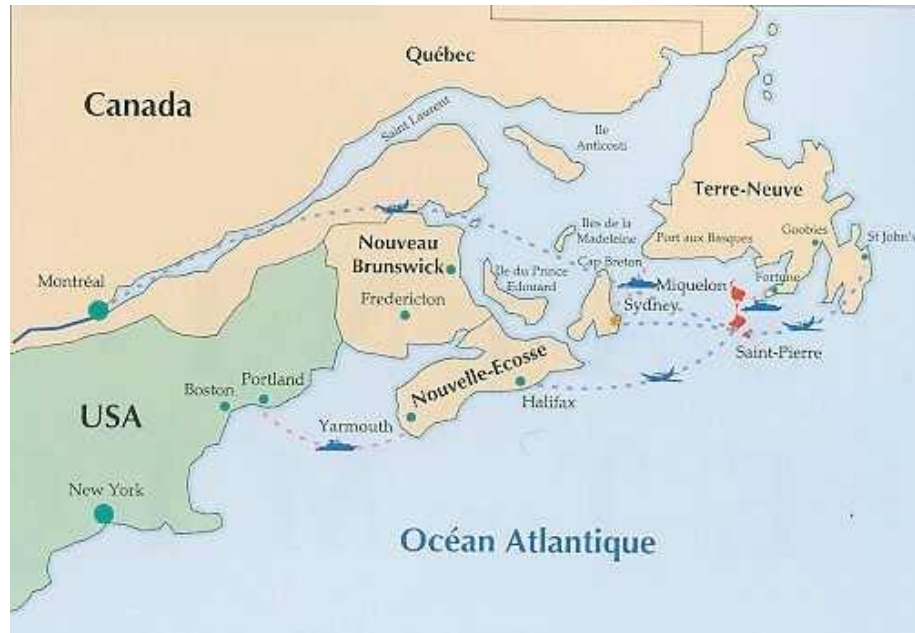
5 CLIMATOLOGIA

5.1 Ocorrências Climáticas Significativas no Hemisfério Norte

Conforme Lobo (2007), a ventania nessa região está associada ao centro de baixa pressão localizado ao sul da Groelândia e é durante os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro, quando é inverno no Hemisfério Norte, que a frequência de ocorrência é maior, principalmente nas áreas situadas ao sul e sudeste da Groelândia e no Mar da Noruega.

Os *icebergs* estão presentes durante todo o ano ao Norte do Atlântico Norte e o avanço mais significativo ocorre no mês de Maio, época do degelo, durante a primavera no Hemisfério Norte, quando alcançam o paralelo de 40° N, a sudeste de Terra Nova (figura 12). Com o avanço menos acentuado do que os *icebergs*, os *pack ices* apresentam influência mais significativa no mês de Março, final do inverno, alcançando o paralelo de 43° N a sudeste da Terra Nova.

Figura 12: Mapa de Terra Nova e a Estação Rádio de Halifax (CHF)



Fonte: <http://www.girafamania.com.br/americano/canada-newfoundland.html>

5.2 Navegação em Altas Latitudes

Devido à variabilidade sazonal, os *icebergs* percorrem rotas de navegação principalmente no fim do inverno e início da primavera. Anualmente se desprendem da costa

oeste da Groelândia e da costa leste do Canadá cerca de 4000 (quatro mil) *icebergs* os quais derivam na Corrente do Labrador na direção sul. Desses, cerca de 400 (quatrocentos) atingem a latitude de 48°N e 35 derivam até a latitude de 43°N (Lobo, 2007).

6 ANÁLISE METEOROLÓGICA NO ACIDENTE DO TITANIC

6.1 Histórico

O Titanic era da empresa White Star Line e foi construído em estaleiros de Belfast, na Irlanda do Norte. Deixou o porto de Southampton, na Inglaterra, para a sua viagem inaugural até Nova York em 10 de Abril de 1912, sob o comando do Capitão Edward J. Smith. No final da noite de 14 de Abril de 1912 o navio se chocou contra um *iceberg* no Atlântico Norte e afundou apenas duas horas e quarenta minutos depois na madrugada do dia 15 de Abril de 1912. Com 2.240 pessoas a bordo, o naufrágio resultou na morte de aproximadamente 1500 (mil e quinhentas) pessoas e somente 706 (setecentos e seis) sobreviventes. Por conta do acidente, dois anos depois foi criada a “*International Ice Patrol*” com a função de monitorar os *icebergs*. Até hoje há a discussão sobre o Titanic estar em velocidade máxima no momento do impacto com o *iceberg*.

6.2 Avisos de *Icebergs*

No dia 14 de abril de 1912, o Titanic recebeu mensagens pelo telégrafo durante todo o dia alertando sobre *icebergs* flutuantes, especialmente na região 42° norte e entre 49° e 51° oeste. O primeiro aviso chegou às 9 horas e mensagens similares vieram de vários navios, mas apenas alguns deles chegaram à cabine de comando. Às 13h45m do dia 14 de Abril de 1912, o Titanic recebeu uma mensagem do barco “Amerika” que avisava que grandes *icebergs* estavam no caminho do Titanic. Mais tarde, naquela noite, outro aviso de um grande número de *icebergs*, desta vez da embarcação “Mesaba”. Pouco antes do impacto, o operador do rádio do navio “Califonian” tentou avisar o Titanic que havia gelo à frente. Por volta das 21 horas, o Capitão aconselhou-se brevemente com seu Segundo Oficial, antes de se retirar para dormir em sua cabine. Ambos sabiam que em uma noite tão clara e sem lua, seria extremamente difícil visualizar os *icebergs*, porém, mantiveram o curso e a velocidade.

Por volta das 21h40m, mais alertas sobre *icebergs* foram recebidos, mas eles não foram transmitidos aos oficiais. Os operadores dos telégrafos passaram a noite enviando um grande número de telegramas particulares, que se acumularam durante o dia, sendo os alertas sobre *icebergs* foram amplamente ignorados. Seguem alguns Avisos de *Icebergs* nas figuras 13, 14 e 15.

Figura 13: Aviso de Iceberg

Form No. 1-20-185-11 Sent Date: 14 APR 1912

Che Marconi International Marine Communication Company, Ltd.
 WATERGATE HOUSE, YORK BUILDING, 201 PHIL. LONDON, W.C.

No. 111 OFFICE CARONIA 14 APR 1912

Prefix M.S.Y. Code _____ Words 73

Office of Origin CARONIA

Service Instructions: Radio

CHARGES TO PAY:

Marconi Charge	
Other Line Charge	
Delivery Charge	
Total	

By whom sent: M.S.Y. Time sent: 7/10 AM By whom received: R.A.

READ THE CONDITIONS PRINTED ON THE BACK OF THE FORM.

To: Captain Titanic

<u>Windward</u>	<u>steamer</u>	<u>report</u>	<u>bergs</u>	<u>growls</u>
<u>and</u>	<u>field-ice</u>	<u>in</u>	<u>42 N</u>	<u>from</u>
<u>Hq to</u>	<u>51 West</u>	<u>April</u>	<u>12th</u>	
			<u>sumpts</u>	<u>Bar.</u>

Fonte: http://www.metsul.com/blog2012/Home/home/28/100_anos_do_naufr%C3%A1gio_do_Titanic_-_An%C3%A1lise_meteorol%C3%B3gica_e_clim%C3%A1tica

Figura 14: Aviso de Iceberg

POSTAL TELEGRAPH - COMMERCIAL CABLES
 CLARENCE H. PACER, President

RECEIVED AT POSTAL TELEGRAPH BUILDING 1325 PENNSYLVANIA AVENUE WASHINGTON, D. C. TELEPHONE MAIN 880-8801

DELIVERY No. 795

The Postal Telegraph Cable Company (Incorporated) transmits and delivers this message subject to the terms and conditions printed on the back of this blank.

280 N.Y. Rn. 22

S S Amerika via S S Titanic and Cape Race N.F. April, 14, 1912

Hydrographic Office, Washington DC

Amerika passed two large icebergs in 41 27 N 50 8 W on the 14th of April

Kmtp, 10:51p

62496 HYDRO. OFFICE
 filed with Rec: APR 15 1912
 2945 Enclosures.

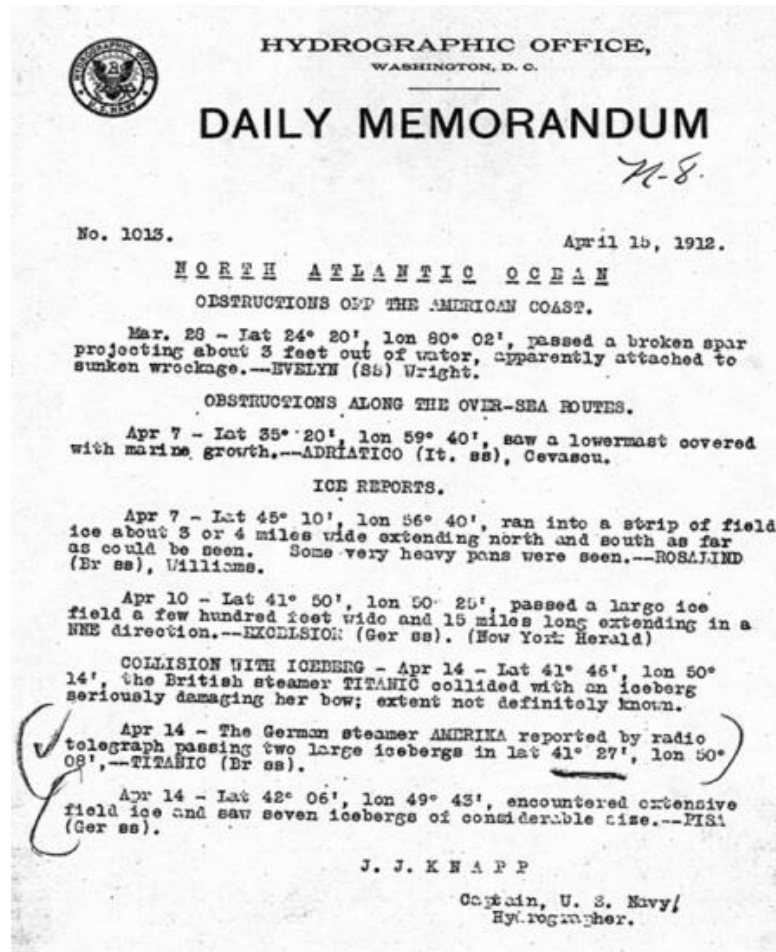
Hydrographic 13 11 - New York
 April 15, 1912

P.C.

M.N.

Fonte: http://www.metsul.com/blog2012/Home/home/28/100_anos_do_naufr%C3%A1gio_do_Titanic_-_An%C3%A1lise_meteorol%C3%B3gica_e_clim%C3%A1tica

Figura 15: Aviso de Iceberg



Fonte: http://www.metsul.com/blog2012/Home/home/28/100_anos_do_naufr%C3%A1gio_do_Titanic_-_An%C3%A1lise_meteorol%C3%B3gica_e_clim%C3%A1tica

6.3 Meteorologia

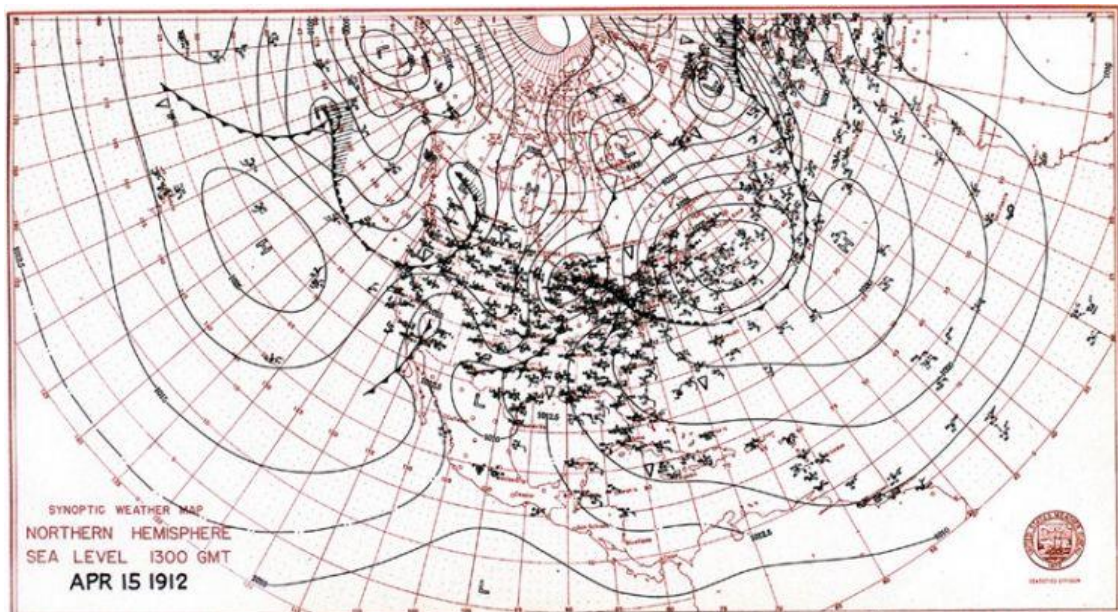
Entre o momento da saída do Titanic do porto de Southampton no dia 10 de Abril de 1912 e o naufrágio na noite de 14 para 15 de Abril de 1912 o tempo esteve excelente, em rota com marcas amenas com temperatura de 10°C a 15°C, vento fraco a moderado e céu quase sem nuvens. O Titanic cruzou por uma frente fria no dia 12 de Abril de 1912, mas o sistema frontal teve uma mínima influência nas condições do tempo. O Titanic e os outros navios da White Star Line estavam entre os únicos que tinham dois tripulantes dedicados a fazer vigias. Os vigias descreveram uma névoa cerrada no horizonte e os sobreviventes descreveram a presença de um fumo espesso, como se fosse uma nuvem em forma de cogumelo na noite do desastre do Titanic o que indicam que poderiam estar no meio de uma miragem de águas frias.

Uma segunda frente fria, esta muito mais forte, estava a oeste e o navio cruzou com ela no dia 14 de Abril de 1912, horas antes do desastre. Em artigo publicado em 1992, o

meteorologista Robert Paola descreve que a frente fria trouxe uma mudança brusca no tempo com ventos de até 40 (quarenta) km/h e forte declínio da temperatura. Às 19h30m o registro da temperatura era de 1°C e uma hora mais tarde estava um pouco abaixo de zero. Consta-se que foi uma massa de ar fria muito forte para a época do ano para trazer temperatura abaixo de zero no meio do Oceano Atlântico a 41° de latitude Norte. Revisando as cartas de 1912, o meteorologista Robert Paola encontrou um centro de alta pressão ártico de 1037 hPa. A temperatura das águas do mar no ponto do naufrágio era ainda desfavorável, uma vez que estão em média no mês de Abril ao redor dos 5°C, sendo mais geladas nas proximidades do *iceberg*. Ouvido na investigação dos Estados Unidos que se seguiu ao desastre, o Capitão do barco “Californian”, que estava próximo ao Titanic, informou que a temperatura do mar na noite do dia 14 de Abril de 1912 e na maior parte do dia seguinte era negativa. O menor registro foi de 2°C abaixo de zero.

6.4 Análise Sinótica

Figura 16: Mapa Sinótico do dia 15 de Abril de 1912



Fonte: http://www.metsul.com/blog2012/Home/home/28/100_anos_do_naufr%C3%A1gio_do_Titanic_-_An%C3%A1lise_meteorol%C3%B3gica_e_clim%C3%A1tica

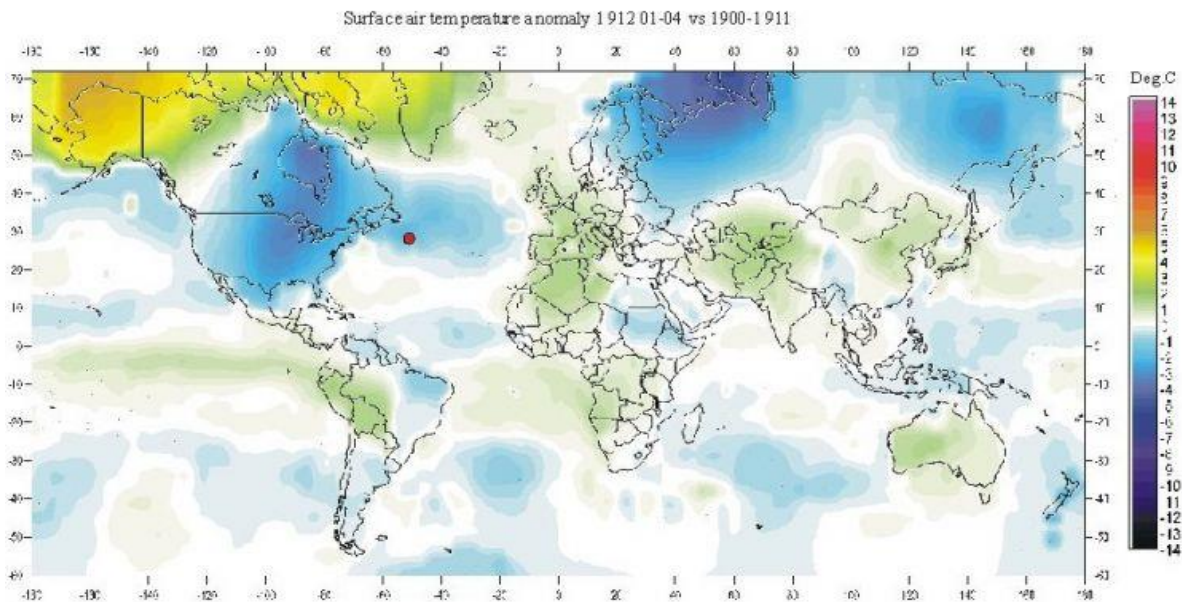
O Mapa Sinótico das 10 horas da manhã (hora de Brasília) do dia 15 de abril de 1912 indica que no momento da colisão com o *iceberg* às 22h40m (hora de bordo) do dia 14 de Abril de 1912, em 41°43'N e 49°56'W, o Titanic navegava em zona sobre influência de uma área de alta pressão atmosférica que tinha o seu centro muito próximo da localização do navio

(figura 16). Com o centro de alta pressão, as condições eram amenas com vento calmo, céu claro e mar calmo.

6.5 Climatologia

O clima daquele ano apresentou uma temperatura muito baixa sobre a América do Norte e o Atlântico com marcas acima da média no Ártico, onde há um aquecimento próximo ao pólo, que contribuiu para que o mar estivesse cheio de *icebergs*. Foi o que constatou o New York Times em reportagem de 5 de Maio de 1912.

Figura 17: Mapa de Anomalia de Temperatura do Ar de Janeiro a Abril de 1912



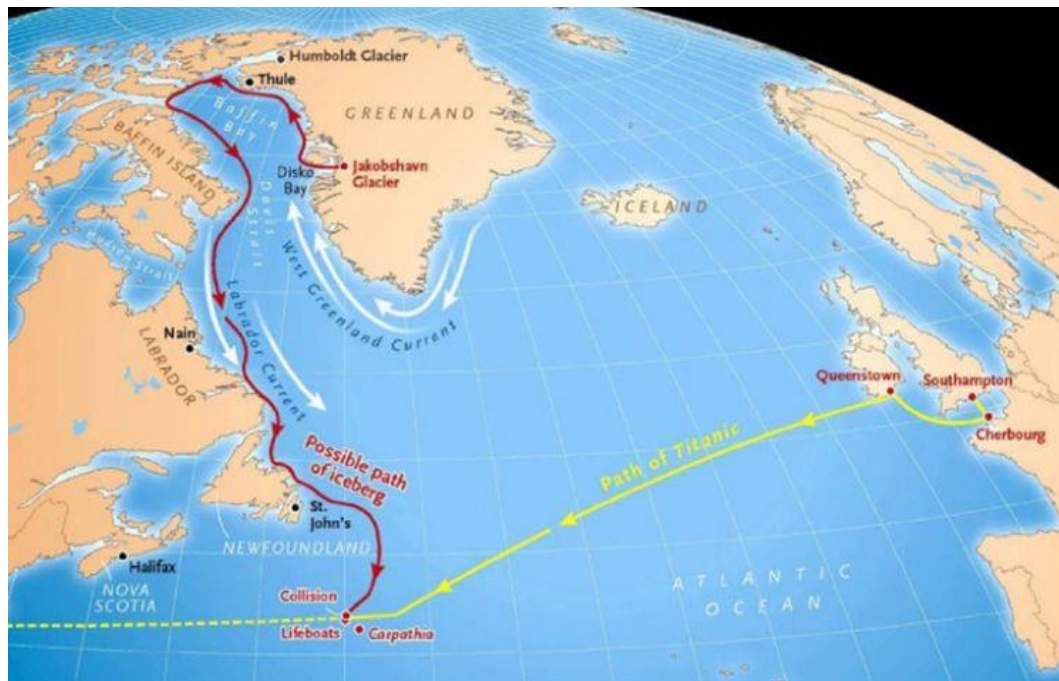
Fonte: http://www.metsul.com/blog2012/Home/home/28/100_anos_do_naufr%C3%A1gio_do_Titanic_-_An%C3%A1lise_meteorol%C3%B3gica_e_clim%C3%A1tica

Na reportagem, o *New York Times* afirma: “Um inverno quente sem precedentes em todo o Ártico é a possível causa do grande número de *icebergs* flutuando no Atlântico Norte durante esta estação e para que eles tenham alcançado latitudes tão baixas. Navegadores e cientistas do *Hydrographic Office and the Revenue Cutter Service* em Washington tem teorias que podem provar que uma precipitação de neve incomum sobre a Groenlândia, onde os *icebergs* se formam no inverno de 1910 a 1911, foi seguida por um atípico verão quente e um inverno muito ameno em 1911 a 1912. Estas condições resultaram na criação de um enorme campo de *icebergs* oriundos do Oeste dos glaciares do Groenlândia. O vento que soprou de forma incomum de Norte e Noroeste levaram o gelo muito para o Sul”.

Segundo o *Hydrographic Office*, “os termômetros registraram 34,4°C no meio do verão em Irgitut, na costa Oeste da Groenlândia”. O especialista do governo Donald Mcmillan disse que o inverno na área do Ártico foi incomum de tão quente, fazendo com que o gelo se quebrasse e flutuasse para o Sul, levado pela Corrente de Labrador. De Janeiro a Abril de 1912 observa-se que a temperatura do ar esteve muito abaixo do normal no local do naufrágio comparando-se com a média desde 1900 como se observa na figura 17. A região quente que se estende do Alaska ao norte do Canadá e a área mais fria no restante da América do Norte sugere fortemente que um sistema de alta pressão permaneceu atuando em grande parte daquele inverno naquele ano sobre o continente. O inverno de 1912 no nordeste dos Estados Unidos foi um dos mais gelados com um frio muito persistente, o que favoreceu para que o gelo se conservasse no mar no Atlântico.

6.6 Rota do *Iceberg*

Figura 18: Rota do Titanic e deslocamento do *iceberg* pela Corrente do Labrador



Fonte: http://www.metsul.com/blog2012/Home/home/28/100_anos_do_naufr%C3%A1gio_do_Titanic_-_An%C3%A1lise_meteorol%C3%B3gica_e_clim%C3%A1tica

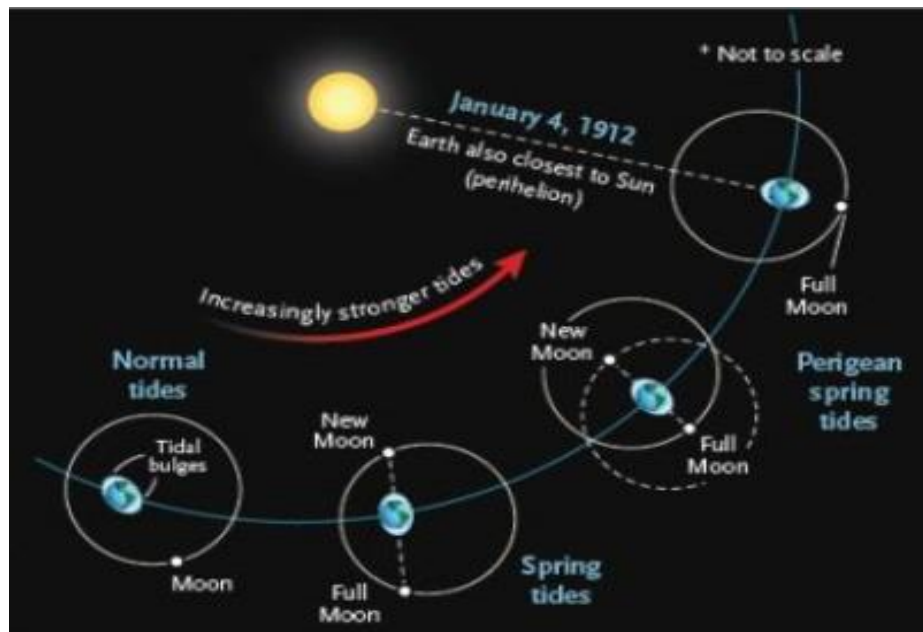
O vento soprando de norte a leste do centro de alta pressão nos meses antecedentes ao desastre acentuou a Corrente de Labrador a partir da Baía de Baffin, transportando assim uma grande quantidade de água fria e blocos de gelo desprendidos da Groenlândia para a área a

sudeste de Newfoundland e o local do naufrágio. O começo do século XX foi muito mais frio e a consequência desta fase fria são as alterações nas correntes marítimas e na direção e intensidade do vento no mar. Assim, *icebergs* chegavam com muito mais frequência ao Sul no Atlântico Norte, alcançando as rotas de navegação (Figura 18).

6.7 Influência da Maré

Em um trabalho científico sobre o tempo naquela noite de 1912, reproduzido no site do NOAA (Órgão Oficial de Meteorologia do Governo dos Estados Unidos), E. N. Lawrence concluiu existir uma conexão entre o Sol e os *icebergs* encontrados nas rotas marítimas do começo do século passado. Enquanto a maioria dos cientistas reconhece que não foi o Sol o responsável pelo desastre, existem provas fartas que o clima frio de 1912 decorreu em parte da reduzida atividade solar.

Figura 19: Fases da Lua



Fonte: http://www.metsul.com/blog2012/Home/home/28/100_anos_do_naufr%C3%A1gio_do_Titanic_-_An%C3%A1lise_meteorol%C3%B3gica_e_clim%C3%A1tica

Uma maior aproximação da Lua em relação à Terra ocorreu de forma mais significativa, em 1400 (mil e quatrocentos) anos em 4 de janeiro de 1912 e ocorreu seis minutos antes da fase de Lua Cheia e uma maior proximidade anual da Terra com o Sol tinha se dado no dia anterior, de acordo com pesquisadores da Universidade Estadual do Texas

(figura 19). Com isso, as causas astronômicas levaram a uma maré muito acima do normal. A noite ainda era quase de Lua Nova, o que dificultou ainda mais visualizar o *iceberg* por conta de sua Maré de Sízígia. A lua não estava visível na noite do desastre, e a única forma que os vigias tinham de ver um *iceberg* era pelo reflexo das estrelas. No entanto, a mistura do ar quente e do ar frio pode ter causado uma miragem, elevando a linha do horizonte por detrás do *iceberg*, deixando-o encoberto.

Segundo eles, parte dos *icebergs* da Groenlândia fica presa nas águas rasas das costas de Labrador e Newfoundland, não conseguindo avançar para o sul até que haja uma maré alta que os solte ou se produza um derretimento para que se permitam flutuar. Entretanto, com a maré muito alta de janeiro de 1912, os blocos de gelo teriam conseguido se soltar deslocando-se para o sul pela Corrente de Labrador até encontrarem as rotas de navegação e, com a negligência dos Avisos de *Icebergs* ao navio, a proa do Titanic.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir com as interpretações das informações meteorológicas existentes da época como Cartas Sinóticas, Mapas de Anomalia de Temperatura do Ar e Avisos de *Icebergs* dos dias 14 e 15 de Abril de 1912, que ao serem analisados juntamente com a rota do navio, concluíram que as condições do tempo não foram as causas do acidente.

Apesar da meteorologia da noite do acidente ter apresentado um tempo excelente na noite do dia 14 de Abril de 1912, as condições climáticas daquele ano favoreceram uma maior produção de *icebergs*. Com a lua encoberta no período de Lua Nova, que caracteriza uma maré com preamar mais alta, e uma névoa cerrada, a visualização do *iceberg* foi prejudicada, porém, o navio negligenciou os diversos Avisos de *Icebergs* de outros navios entre a latitude 42° norte e entre as longitudes 49° e 51° oeste e não alterou seu rumo nem velocidade levando o navio a colidir com um *iceberg* não tendo tempo hábil para a correção do rumo.

A importância deste acidente se deu com a criação da Patrulha Internacional do Gelo (“*International Ice Patrol*”) no Atlântico Norte a qual tem as funções de monitorar o perigo de *icebergs* perto da região de Newfoundland, fornecer o limite de *icebergs* para a comunidade marítima e enviar os Avisos de *Icebergs* para a navegação. Contribuiu também para modernização dos equipamentos que auxiliam a navegação e foi o catalisador para a adoção, em 1914, da primeira Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS). Com a possibilidade de se obter uma vasta informação meteorológica, a interpretação se tornou essencial para a prevenção de acidentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, Alexandre. **100 anos do naufrágio do Titanic – Análise meteorológica e climática**. Disponível em: <http://www.metsul.com/blog2012/Home/home/28/100_anos_do_naufr%C3%A1gio_do_Titanic_-_An%C3%A1lise_meteorol%C3%B3gica_e_clim%C3%A1tica>. Acesso em: 24 de julho. 2014.
- BRASIL, Ministério da Marinha, Diretoria de Hidrografia e Navegação. **Manual de meteorologia de passadiço**. Rio de Janeiro: DHN, 1991.
- DIGEST, Seleções do Reader's. **O grande livro dos oceanos**. Sintra: Printer Portuguesa, 1980.
- DISCOVERY CHANNEL. **Os últimos mistérios do Titanic**. Disponível em: <http://discoverybrasil.uol.com.br/titanic/tragedy_titanic/sinking/>. Acesso em: 26 de agosto. 2014.
- ENGLAND, Ministry of Defence. **Ocean passages for the world**. Taunton: Hydrographyc Departament, 1973.
- IMO. **History of SOLAS**. Disponível em: <<http://www.imo.org/KnowledgeCentre/ReferencesAndArchives/HistoryofSOLAS/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 26 de agosto. 2014
- JIMENEZ, Enrique Martinez. **Elementos de oceanografia**. Madrid: Libreria San Jose, 1981.
- LOBO, Paulo Roberto Valgas & SOARES, Carlos Alberto. **Meteorologia e oceanografia usuário navegante**. Rio de Janeiro: DHN, 2007.
- MARTIN, Tim. **Titanic: Caso encerrado**. Disponível em: <<http://www.natgeotv.com/pt/titanic-caso-encerrado/factos>>. Acesso em: 26 de agosto. 2014.
- MORAN, Joseph M. & MORGAN, Michel D. **Meteorology: the atmosphere and the science**. New York: Macmillan, 1994.
- SANNINO, Silvestro. **Meteorologia náutica**. Napoli: Italibri, 1989.
- U.S. COAST GUARD NAVIGATION CENTER. **About international ice patrol (IIP)**. Disponível em: <<http://www.navcen.uscg.gov/?pageName=IIPHome>>. Acesso em: 26 de agosto. 2014.