

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

BRUNO CAMPOS DE FARIA OLIVEIRA

**NAVEGAÇÃO NA ZONA POLAR: Derretimento das calotas polares e a abertura
da Rota Nordeste**

RIO DE JANEIRO

2014

BRUNO CAMPOS DE FARIA OLIVEIRA

**NAVEGAÇÃO NA ZONA POLAR: Derretimento das calotas polares e a abertura
da Rota Nordeste**

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

BRUNO CAMPOS DE FARIA OLIVEIRA

**NAVEGAÇÃO NA ZONA POLAR: Derretimento das calotas polares e a abertura
da Rota Nordeste**

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

É necessário, antes de entender o que é e quais os benefícios a nova Rota Nordeste representa para o comércio marítimo mundial, conhecer alguns outros pontos que envolvem o assunto. Antes de mais nada, ao introduzir o assunto, atenta-se para descrição superficial da Rota Nordeste, bem como os fatores climáticos que estão influenciando a abertura dessa nova rota, assim como as principais consequências e tendências econômicas dos países que estão diretamente relacionados ou envolvidos com a abertura da passagem. Logo após isso, faz-se relevante conhecer os aspectos físicos dos oceanos, tendo ciência de sua divisão e distribuição no globo terrestre, afim de poder descobrir os possíveis trajetos entre os inúmeros portos intercontinentais ou internacionais. E ainda, para demandar as águas do Ártico, expõe-se as principais características da região. Fora os pontos supracitados, é importante conhecer os perigos enfrentados pela navegação em zonas polares, utilizada na travessia pela Rota Nordeste, tais como os efeitos de altas latitudes e pelas condições meteorológicas locais – para ter noção do que será enfrentado durante a navegação nessa zona e poder se preparar para os perigos. A existência, ou não, da Rota Nordeste navegável durante o ano todo está embasada em hipóteses e fatores de mudança climática que afetam com considerável intensidade a região do Ártico, como o aquecimento global ou o efeito do ciclo lunar no aumento do nível do mar. No penúltimo capítulo, a definição e histórico do desbravamento da Rota Nordeste é exposta, como conhecimento fundamental do objeto dessa monografia. Conhecendo a nova rota, é possível entender facilmente o porquê de sua grande importância econômica e interesse tanto das empresas de navegação quanto dos principais portos europeus e Leste asiáticos, assim como países que intermediam a rota – como a Rússia. Por fim, como considerações finais, ressalta-se mais uma vez a importância econômica que essa rota causa em escala mundial e, principalmente, aos países da Europa e Leste da Ásia, especialmente caso sejam confirmadas as expectativas do motivo do degelo no Ártico originando-se da hipótese do aquecimento global.

Palavras-chave: Rota Nordeste. Zonas polares. Mudança climática. Importância econômica.

ABSTRACT

It is necessary, before to understand what is and what benefits the new Northeast Route represents to world maritime trade, to meet some other points surrounding the subject. First of all, to introduce the topic, it is made a superficial description of the Northeast Route, as well as the weather factors that are influencing the opening of this new route and the main consequences and economic trends of the countries that are directly related or involved with the opening of the passage. Soon after this, it is crucial to know the physical aspects of the oceans, being aware of their division and distribution on the globe, in order to be able to discover the possible paths between the many intercontinental or international ports. And yet, to demand the Arctic waters, is exposed the main features of the region. Apart from the above points, it is important to know the hazards faced by navigation in polar areas, used in crossing the Northeast Route, such as the effects of high latitudes and local weather conditions - to get a sense of what will be faced during navigation in the area and be able to prepare for the dangers. The existence or not of the Northeast Route navigable throughout the year is based on assumptions and factors of climate change affecting with considerable intensity the Arctic region, as global warming or the effect of the lunar cycle on the rising sea level. In the penultimate chapter, the definition and history of the taming of the Northeast Route is exposed as a fundamental knowledge of the object of this monograph. Knowing the new route, you can easily understand the reason for its great economic importance and interest both of shipping companies as major European and East Asian ports, as well as countries that mediate the route - such as Russia. Finally, as a final consideration, it is emphasized once again the worldwide economic importance that this route causes mainly to countries in Europe and East Asia, especially if expectations of the reason for defrost in the Arctic are confirmed, based on hypothesis of global warming.

Key-words: Northeast Route. Polar areas. Climate change. Economic importance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Projeção da superfície do planeta Terra	12
Figura 2 – Divisão do oceano por zonas	15
Figura 3 – Localização da zona do Ártico	18
Figura 4 – Trocas de energia entre o espaço sideral, atmosfera e a superfície da Terra	24
Figura 5 – Temperaturas globais nas décadas de 1880 e 1980	26
Figura 6 – Foto das consequências do degelo no Ártico	28
Figura 7 – Nível médio do mar (cm) medido por vários satélites	29
Figura 8 – Desvios padronizados das temperaturas da superfície do mar ao Sul da Groenlândia, no domínio geográfico 50° N – 60° N e 40° N – 50° N	31
Figura 9 – Variação da cobertura de gelo no Ártico (em milhões de km ²)	31
Figura 10 – Rota Nordeste e Rota pelo canal de Suez	33
Figura 11 – O quebra gelos russo <i>Yamal</i> na Passagem Nordeste	36
Figura 12 – Quebra gelos russo <i>NS 50 Let Podeby</i> escoltando navios do grupo Beluga através da Rota Nordeste, no verão de 2009.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Onde os oceanos estão localizados

11

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Celsius
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
E	Leste
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
N	Norte
N ₂ O	Óxido nitroso
NOAA	Administração Nacional Oceânica e Atmosférica
NSIDC	<i>National Snow and Ice Data Center</i>
OHI	Organização Hidrográfica Internacional
ppm	partes por milhão
PRCM	Programa Regional da Conservação da Zona Costeira e Marinha da África Ocidental
S	Sul
TSM	Temperatura na Superfície do Mar
UV	Ultra Violeta
W	Oeste

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivo geral	9
1.2	Objetivo específico	10
2	OCEANOS	11
2.1	Importância do oceano para o planeta Terra	12
2.2	Divisões do oceano por zonas	13
2.2.1	Zona pelágica	13
2.2.2	Zona bentônica	14
2.3	O Oceano Glacial Ártico	15
2.4	O Ártico	17
3	NAVEGAÇÃO NA ZONA POLAR	19
3.1	Principais fatores que afetam a navegação nas regiões polares	19
3.1.1	Capacidade estrutural do navio	19
3.1.2	Manobrabilidade do navio	20
3.1.3	Efeitos de altas latitudes	20
3.1.4	Fatores meteorológicos que afetam a navegação nas regiões polares	21
3.2	Outros fatores relevantes que afetam a navegação nas regiões polares	22
4	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	23
4.1	Efeito estufa	23
4.2	Aquecimento global	25
4.3	Influência do ciclo lunar para o aumento do nível do mar	28
5	ROTA NORDESTE	33
5.1	A história da rota	34
5.2	Portos marítimos livres de gelo no Oceano Ártico	35
5.3	Trechos livres de gelo	36
5.4	Viagens pela Rota Nordeste	36
5.5	Importância econômica da Rota Nordeste	38
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 INTRODUÇÃO

Existem muitas discussões a cerca do que as mudanças climáticas, que vem se apresentando e acentuando ao longo dos últimos anos, poderiam gerar a diversas áreas no planeta. Principalmente quanto à economia. A abertura de uma nova rota que faz a ligação entre os principais portos europeus e os portos da Ásia Ocidental – contendo potências econômicas de grande influência no comércio marítimo, como Holanda e China – está gerando muita expectativa e investimentos na zona do Ártico, principalmente na indústria naval dos países envolvidos. Fora licitações em andamento, existe uma quantidade significativa de embarcações, portos e alguns meios de transporte – como por exemplo ferrovias, ligando portos às principais cidades fornecedoras de produtos para exportação – sendo construídas.

Conquanto já hajam registros de uma boa quantidade de navios que realizaram a travessia da Rota Nordeste, na época de verão do Hemisfério Norte, a liberação da passagem encontra-se ainda intermitente devido exclusivamente à variação sazonal de temperatura. Nos meses mais quentes de verão no local, existe um significativo e, conforme observado nos últimos tempos, ascendente aumento da temperatura na superfície do oceano, ocasionando degelo de geleiras, superfície da água que estava antes congelada e diminuição do volume de icebergs a deriva; porém, durante os meses que envolvem a estação de verão, ainda existem muitos obstáculos para navegação na área – apesar de que mesmo nesta época estão sendo observados aumentos na temperatura média.

Caso as perspectivas dos países e empresas que estão investindo forte na indústria do transporte marítimo na Rota Nordeste sobre a mudança climática originadas pelo efeito estufa se confirmem, dentro de alguns anos possivelmente essa rota permanecerá constantemente navegável.

1.1 Objetivo geral

Como objetivo geral, a presente monografia descreve a relevância que uma possível nova rota alternativa, na região polar, pode apresentar ao transporte marítimo mundial e conseqüentemente à economia. Mesmo com todos os fatores adversos que uma navegação em zona polar impõe, é expressiva a economia utilizando tal percurso

ao invés do trajeto atual, o qual passa pelo canal de Suez e contorna o sul da Europa e Ásia até chegar a países como China e Japão.

1.2 Objetivo específico

Explicitar os benefícios econômicos derivados da hipotética abertura permanente da Rota Nordeste, principalmente nos países europeus e Leste asiáticos, como sua influência no crescimento da indústria marítima nos países diretamente envolvidos com essa rota.

2 OCEANOS

O oceano é um componente principal da superfície da terra, constituído por água salgada. Forma a maior parte da hidrosfera: aproximadamente 71% da superfície da terra – uma área equivalente a 361 milhões de quilômetros quadrados. Mais do que a metade desta área tem profundidades maiores que 3.000 metros (SPILHAUS, 1942). Diferente do conceito de mar, geralmente utilizado para se referir a um corpo de água salina, ou divisão de um oceano, envolve parcialmente ou totalmente por terra.

Conquanto a ideia do conceito de oceano global, sendo um corpo contínuo da água existente no planeta, seja importante para oceanografia, o oceano terrestre é, para efeitos práticos, normalmente dividido em algumas partes, demarcados por continentes e grandes arquipélagos. As divisões, em ordem crescente, são as seguintes: Oceano Pacífico, Oceano Atlântico, Oceano Índico, Oceano Glacial Antártico e Oceano Glacial Ártico (SPILHAUS, 1942).

Tabela 1 – Onde os oceanos estão localizados

	OCEANOS	COMENTÁRIO
1	Oceano Pacífico	Separa Ásia e Oceania das Américas.
2	Oceano Atlântico	Separa as Américas da Eurásia e da África.
3	Oceano Índico	Banha o sul da Ásia e separa África e Austrália.
4	Oceano Glacial Antártico	Circunda a Antártica; em alguns casos é considerado a simples extensão sul dos outros três oceanos.
5	Oceano Glacial Ártico	Banha os entornos do Pólo Norte, entre as porções norte da América do Norte e Eurásia. Em alguns casos, é considerado em mar do Atlântico.

Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Oceano>>

Como observado na tabela acima, a divisão do oceano global é realizada por cinco oceanos específicos; modo oficialmente adotado, desde 2000, pela Organização Hidrográfica Internacional – da qual o Brasil é membro.

2.1 Importância do oceano para o planeta Terra

A terra é o único planeta conhecido por ter um oceano ou mesmo uma quantidade qualquer de água em forma líquida em sua superfície. Como previamente citado, aproximadamente 70,8% da superfície do planeta é coberta por água salina, que é costumeiramente dividida em muitos oceanos principais, mares, golfos e estreitos. Quanto a hidrosfera da Terra, o oceano contém 97% da água do planeta. Oceanógrafos afirmam que destes 97%, apenas 5% do oceano como um todo tem sido de fato explorado. De forma a ser o principal componente da hidrosfera terrestre, o oceano global é parte integrante direta de toda forma de vida conhecida, formando parte do ciclo de carbono e influenciando os padrões climáticos e de tempo. O volume total do oceano global compreende aproximadamente 1,4 bilhões de quilômetros cúbicos com uma profundidade média de 3.800 metros¹. Conforme Ronald O’Dor, baseado em dados de 2010, o oceano é o habitat de 250.000 espécies conhecidas, embora muitas outras espécies ainda encontram-se nas profundezas oceânicas inexploradas.

A origem dos oceanos no planeta Terra ainda não é conhecida, porém acredita-se que tenha sido formado no período Hadeano – o qual começou há cerca de 4,57 bilhões de anos, com o princípio do processo de formação dos planetas do Sistema Solar, e terminou, na Terra, por volta de 3,85 bilhões de anos, quando surgiram as primeiras rochas – e pode, possivelmente, ter sido o responsável pelo surgimento da vida.

Figura 1 – Projeção da superfície do planeta Terra



Fonte: < <http://revistaescola.abril.com.br/geografia> >

¹ Dados retirados do artigo Hidrosfera, disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/hidrosfera.htm>>.

2.2 Divisões do oceano por zonas

Conforme os padrões conhecidos pela oceanografia, o oceano é dividido, basicamente, em duas zonas: zona pelágica e zona bentônica.

2.2.1 Zona pelágica

É a região oceânica onde vivem normalmente seres vivos que não dependem dos fundos marinhos. Nada mais é que o ambiente ecológico das águas oceânicas abertas, acima do ambiente bentônico do fundo dos mares, sendo habitado principalmente por seres planctônicos e nectônicos. Esses organismos dependem apenas das características das massas de água mais adequadas ao seu ciclo de vida, e são conhecidos como seres pelágicos. O plâncton não é geralmente incluído entre os seres pelágicos, uma vez que apresenta essencialmente movimento passivo, deslocando-se principalmente com as massas de água de onde vive.

O ecossistema pelágico não abrange apenas o alto mar, dele fazendo parte também as águas que cobrem a plataforma continental. Assim, a zona pelágica começa abaixo da zona de influência das marés, prolongando-se até o alto mar, em profundidades que variam desde algumas dezenas de metros até aproximadamente 6000 metros. As partes próximas da superfície recebem a luz do sol, o que permite que as plantas aquáticas realizem fotossíntese. As partes mais profundas, embora apresentem menor diversidade, abrigam um grande número de espécies adaptadas à escuridão.

Na cadeia alimentar do ecossistema, o fitoplâncton serve de alimento ao zooplâncton, que por sua vez constitui-se em alimento não apenas de um grande número de peixes pertencentes às pequenas espécies pelágicas, que vivem geralmente em cardumes, como as sardinhas, as anchovas, mas também de espécies maiores, como os atuns e muitos tubarões. O plâncton é também a base da alimentação de várias espécies de crustáceos (como o krill e os camarões), e de muitos moluscos cefalópodes. Também alimenta os maiores animais do planeta – as baleias. Peixes, moluscos e crustáceos que consomem plâncton são as principais presas de peixes maiores, mamíferos marinhos (golfinhos e focas) e aves marinhas (PRCM, 2012).

A zona pelágica ainda é subdividida em diferentes zonas de profundidade², sendo tais:

- a) Equipélaga ou superficial, incluindo a zona eufótica – capaz de absorver raios solares proporcionando condição para fotossíntese das plantas: estende-se até os 200 metros de profundidade;
- b) Mesopélaga: dos 200 metros até volta de 1000 metros de profundidade;
- c) Batipelágica: dos 1000 até cerca de 4000 metros de profundidade, dependendo da profundidade da margem continental;
- d) Abissopelágica: cobrindo as planícies abissais dos oceanos; e
- e) Hadopelágica: Inclui as águas não associadas ao fundo das fossas abissais.

2.2.2 Zona bentônica

É a região do ambiente marinho situada próxima do fundo oceânico. A fauna desta região caracteriza-se por organismos que rastejam, se prendem ou vivem enterrados na areia ou no lodo, o bentos, mas também abriga muitos animais do nécton, como os linguados e várias espécies de tubarão.

Segundo os autores Tracy Irwin Storer e Robert L. Usinger, a zona bentônica pode ser dividida em:

- a) Litoral (intertidal): delimitada desde a linha da maré mais alta até a da maré mais baixa; nela há vida animal e vegetal abundante;
- b) Sublitoral: da linha da maré baixa até a extremidade da plataforma continental – porção dos fundos marinhos que começa na linha da costa e desce com um declive suave até o talude continental, geralmente contendo uma profundidade de 200 metros, atingindo as bacias oceânicas; há vida animal abundante; bancos de algas e ervas marinhas; é área dos principais campos de pesca;
- c) Zona batial: delimitada no declive ou talude continental (porção dos fundos marinhos com declive muito pronunciado que fica entre a plataforma continental e a margem continental); situa-se nos fundos da zona batipelágica oceânicas;
- d) Abissal: os fundos oceânicos com profundidade média abaixo dos 2000 metros até o nível superior das valas oceânicas; possui fauna escassa e nenhum organismo

² Dados retirados do artigo Breve caracterização do meio marinho, do Departamento de Botânica da Universidade de Coimbra.

e por várias outras ilhas³. O paralelo 85° a norte do plano equatorial terrestre marca o centro deste oceano.

De acordo com Miguens (2000), o Oceano Ártico é quase completamente circundado por terra. Algumas dessas terras são altas e acidentadas, cobertas por uma calota de gelo permanente; outras são baixas e pantanosas quando descongelam. No que diz respeito ao subsolo permanentemente congelado, denominado permafrost, há um impedimento de uma drenagem adequada, resultando em um grande número de lagos e lagoas, além de áreas extensas de terreno mole e esponjoso (“muskeg”) com vegetação de musgos e tufos de gramíneas. Observam-se ainda, grandes áreas de tundra, planícies árticas das costas baixas da Rússia (Sibéria) e do Canadá, com vegetação consistindo de musgos, e arbustos, tendo, normalmente, uma camada de permafrost subjacente.

A área do Ártico é parcialmente coberta por gelo durante o ano todo – e quase completamente no inverno do hemisfério norte. A temperatura e a salinidade desse oceano variam sazonalmente quando a cobertura de gelo derrete e congela; sua média de salinidade é a mais baixa em comparação aos cinco grandes oceanos, devido à baixa evaporação, fluxo pesado de água doce de rios e córregos e conexão limitada com águas oceânicas de salinidade mais elevada. Conforme dados, no verão a camada de gelo diminui praticamente 50% de seu volume⁴. O *National Snow and Ice Data Center* (NSIDC) usa dados de satélite para fornecer um registro diário da cobertura de gelo no Oceano Ártico e a taxa de fusão, para comparar com os registros médios dos últimos anos.

Quanto ao clima local, por estar situado na zona de clima polar, em que as temperaturas mínimas podem atingir -50 °C em média, existe frio permanente e pouca variabilidade sazonal. Os invernos são caracterizados por escuridão continua e condições estáveis com céu limpo; os verões pelo sol da meia-noite, céu nublado e ciclones com neve ou chuva, embora com fraca intensidade. A temperatura da superfície do Oceano Ártico (TSM) é praticamente constante, próxima do ponto de congelamento da água do mar (pouco superior a 0 °C). No inverno o mar exerce influência moderadora, mesmo que coberto por gelo, na forma de banquisa.

³ Dados retirados do artigo *New York: Penguin Books*, do *The New York Times Almanac*, 2007.

⁴ Dados retirados do artigo *Introduction to the oceans*, disponível em: <<http://www.physicalgeography.net>>.

São encontrados, nesta área, uma quantidade enorme de *icebergs*, que são volumes imensos de água congelada à deriva, não sendo como a Antártica ou a Groenlândia que são caracterizadas por ter gelo de terra firme. A noite é bem fria e escura, podendo chegar aos 75°C negativos, ocorrendo o fenômeno da aurora boreal. Além disso, apenas algumas algas, líquenes, briófitas e fundos sobrevivem ao clima extremo dessa região. Entre os animais encontrados no continente Ártico, observa-se o urso-polar, as focas, os leões-marinhos, raposas-do-ártico, krill e alguns peixes e baleias.

2.4 O Ártico

O adjetivo “ártico”, palavra de origem grega, entendido como “perto do urso”, refere-se ou à constelação da Ursa Maior (a “Grande Ursa”), proeminente na porção setentrional da esfera celeste, ou à constelação da Ursa Menor (a “Pequena Ursa”), que contém Polaris, a estrela polar.

O Ártico é constituído, ainda, do território de oito países adjacentes, sendo eles:

Fazendo parte da região polar norte da esfera terrestre, a zona polar do Ártico é uma zona térmica da Terra, delimitada pelo polo norte extremo do planeta até o Círculo Polar Ártico (66° 33’ 44” N). Nessa zona polar, a radiação UV que se recebe é mínima, o índice UV costuma não ultrapassar o valor de 5 – e, quando atingido, ocorre por um período de tempo relativamente curto (FIGURA 3).

No Ártico, o dia tem 24 horas de duração no solstício de verão – que no hemisfério norte ocorre por volta do dia 21 de junho – e, durante o solstício de inverno – por volta do dia 21 de dezembro – o Sol apenas pode ser visualizado ao atingir o horizonte, no horário de meio-dia.

Figura 3 – Localização da zona do Ártico



Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81rtico#mediaviewer/Ficheiro:Arctic.svg>>

3 NAVEGAÇÃO NA ZONA POLAR

Tratando-se da navegação nas zonas polares, como por exemplo no Oceano Glacial Ártico, deve-se atentar alguns itens relevantes. Um dos principais aspectos que devem ser observados é a condição de congelamento do gelo, já que dependendo da situação, as camadas de gelo podem obstruir não parcialmente, mas sim inteiramente, a passagem de navios e até mesmo amassar ou causar grandes danos ao casco de embarcações que trafegam na região. As condições da formação de peças de gelo são afetadas pelo vento e número de dias observados com a temperatura abaixo do ponto de congelamento da água. A água pura, mantida a 1 atmosfera, congela em aproximadamente 273 Kelvin; quando ela está impura, sendo as proporções de impurezas baixas, o congelamento ocorre com uma temperatura menor que 273 Kelvin, devido ao fato do conceito de solidificação estar baseado na estrutura geométrica organizada das moléculas, e as estruturas impuras apresentam uma complicação na hora de se organizar – precisando, assim, diminuir ainda mais a temperatura para que o líquido se solidifique.

De acordo com Miguens (2000), a maneira de selecionar a melhor derrota é fundamentalmente afetada pelas propriedades do gelo. O gelo pode ser estriado e fazer com que o navio fique preso por ele. A navegação no gelo é também afetada pelo tamanho de um determinado campo de gelo, espessura de gelo e a direção e velocidade do vento nessa região. Uma operação segura nessa área somente pode ser garantida com larga experiência na navegação no inverno e informações de tempo e gelo confiáveis e em tempo real. Os tripulantes experientes nessa área estão hábeis a “ler” as condições de gelo e a inferir o movimento e o comportamento do mesmo.

3.1 Principais fatores que afetam a navegação nas regiões polares

3.1.1 Capacidade estrutural do navio

O desempenho de um navio no gelo pode ser limitado pela capacidade da estrutura em resistir a impactos de gelo. Diferentes tipos de operação e regimes de gelo irão gerar diferentes magnitudes de forças de impacto (MIGUENS, 2000). Como exemplo, pode-se inferir que quando o navio encontra um gelo que tenha sido formado a pouco tempo sofrerá impacto diferente ao encontrar gelo formado há um tempo bem

maior. Em suma, forçar a passagem através de uma região com gelo gera as maiores forças que a estrutura do navio pode encontrar num tipo de navegação.

3.1.2 Manobrabilidade do navio

A manobrabilidade do navio é principalmente influenciada pelas condições que o gelo se encontra, tais como: espessura, cobertura, pressão aplicada no casco pelo gelo e condições da zona de cisalhamento. O diâmetro da curva de giro de um navio aumenta conforme a espessura e o gelo aumentam. A guinada em outras condições é geralmente influenciada pelo grau de confinamento imposto pelo gelo ao redor do casco. No entanto, guinadas franas e positivas raramente são usadas no gelo, devido aos obstáculos encontrados (MACELREVEY, 2004).

3.1.3 Efeitos de altas latitudes

De acordo com as projeções de Mercator, a esfera terrestre é considerada retangular – para efeitos de navegação e orientação – onde as linhas horizontais são chamadas de paralelos e são espaçadas desproporcionalmente enquanto as linhas verticais, chamadas de meridianos, são igualmente espaçadas.

Na navegação, os rumos e marcações são medidos em relação aos meridianos, sendo obtidos através do uso de agulhas náuticas, magnéticas ou giroscópicas. Em geral, sabe-se que os astros nascem no Leste, alcançam sua altura máxima na passagem meridiana ao meio dia e se põem no Oeste. Através desse movimento, o sol divide naturalmente o dia em dois períodos, o dia e a noite, separados por períodos de transição curtos, como o crepúsculo. As referências horárias, como conhecemos, são medidas através desse movimento diário do sol.

De acordo com o autor Miguens (2000), nas regiões polares essas condições são diferentes. Os meridianos convergem para os polos, que são centros de uma série de círculos concêntricos: os paralelos de latitude. Essa rápida convergência dos meridianos torna o conceito de direção inadequado para alguns propósitos. Nos polos, a loxodromia – linha de rumo – é uma curva que difere notavelmente de uma ortodromia – arco de círculo máximo – até mesmo para pequenas distâncias.

No polo, o zênite e o polo celeste coincidem. Assim, também coincidem o equador e o horizonte celeste; a declinação e a altura de um astro também são iguais.

Por isso, os astros só variam de altura com a variação de declinação, não havendo variação de altura no movimento das estrelas. Os planetas nascem e se põem somente uma vez em casa período (MIGUENS, 2000).

No polo Norte, o sol nasce a 23 de março e chega até uma altura máxima de cerca de 23 graus e 27 minutos, após ter descrito vagarosamente uma espiral até se chegar nesta altura, próximo de 21 de junho e, então, inicia uma espiral descendente para o horizonte, até cerca de 21 de setembro, quando desaparece por outros 6 meses (MIGUENS, 2000).

As etapas seguintes ao pôr do sol, precedendo o nascer – períodos de crepúsculo – duram diversas semanas. A lua nasce e se põe cerca de uma vez a cada mês e apenas são visíveis no polo norte os astros com declinação norte. As noites não são totalmente escuras já que os planetas e estrelas contribuem com uma apreciável quantidade de luz nos polos, onde a cobertura de neve proporciona uma excelente superfície refletora.

Com a convergência dos fusos horários e dos meridianos para os polos, os conceitos de Hora Legal e Fusos Horários não permanecem com seus significados, pois a hora do dia não tem relação direta com os períodos de claridade e escuridão ou com a altura do sol, por esse motivo as estações científicas na Antártica mantêm a hora de seus países de origem ou a Hora Média de Greenwich (MIGUENS, 2000).

3.1.4 Fatores meteorológicos que afetam a navegação nas regiões polares

Como fatores que podem afetar a navegação, as regiões polares geralmente possuem temperaturas extremamente baixas, como já fora supracitado. Mantendo-se como as regiões mais frias do planeta, durante o verão, a temperatura geralmente está acima do ponto de congelamento da água sobre o oceano. Ainda, é bastante comum encontrar os efeitos de cerração e nebulosidade, pelo fato do ar frio acumular pouca umidade. Ocorre também nessas áreas os efeitos de miragens e valores extremos de refração, devido à inversão de temperatura ou forte descontinuidade no gradiente térmico, como a ocorrência do sol nascer vários dias antes do esperado na primavera. Horizontes falsos não são raros de serem visualizados.

O principal perigo para a navegação nessas regiões polares é o gelo, tanto o formado por congelamento da água do mar como o formado em terra e que se desprende e flui para o oceano. Como exemplo, na região da Antártica, muita áreas terrestres

baixas permanecem livres de gelo ou neve. Quando o céu é coberto por uma camada uniforme de nuvens cirrostratus ou altostratus, o horizonte desaparece e a terra e o céu se misturam, formando uma extensão branca e contínua. Nesse caso, não há a distinção de pontos da terra e torna-se difícil estimar distâncias, pela total falta de contraste (MIGUENS, 2000).

3.2 Outros fatores relevantes que afetam a navegação nas regiões polares

De acordo com o autor Miguens (2000), os itens abaixo relacionados apresentam características bastante relevantes que afetam a navegação em regiões polares:

- a) Rápida convergência dos meridianos (as noções de hora e longitude perdem sua correlação normal)
- b) Movimento diurno dos astros quase horizontal
- c) Períodos prolongados de claridade, crepúsculos e semiescuridão
- d) Temperatura média muito baixa
- e) Verões curtos e frios; inverno longos e rigorosos
- f) Sensação térmica elevada (“wind-chill factor”)
- g) Razão de evaporação baixa
- h) Pouca precipitação
- i) Ar seco (umidade absoluta baixa)
- j) Condições excelentes de propagação do som
- k) Cerração e nebulosidade intensas
- l) Períodos de excelente visibilidade
- m) Áreas de solo permanente marítimo e terrestre
- n) Áreas de solo permanentemente congelado
- o) Congelamento de parte do oceano
- p) Atividade auroral intensa
- q) Grandes áreas com fraca intensidade horizontal do campo magnético terrestre
- r) Tempestades magnéticas intensas
- s) Propagação incerta de ondas eletromagnéticas
- t) Tempestade de neves
- u) Cartas náuticas não confiáveis
- v) Ausência dos auxílios à navegação nas regiões polares

4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O termo “mudança do clima” ou “alteração climática” pode ser entendido como a variação do clima em escala global ou dos climas regionais da Terra ao longo do tempo. Essas variações dizem respeito à mudanças de temperatura, precipitação, nebulosidade e outros fenômenos climáticos em relação às médias históricas. Tais variações podem alterar as características climáticas de uma maneira a alterar a classificação conceitual da região.

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), mudança climática é uma variação a longo prazo, estatisticamente, significativa em um parâmetro climático médio ou na sua variabilidade, durante um período extenso – que pode durar de décadas a milhões de anos.

A mudança climática pode ser causada por processos naturais da própria Terra ou por forças externas, incluindo variações na intensidade da luz solar, ou ainda, mais recentemente, pela ação do homem.

4.1 Efeito estufa

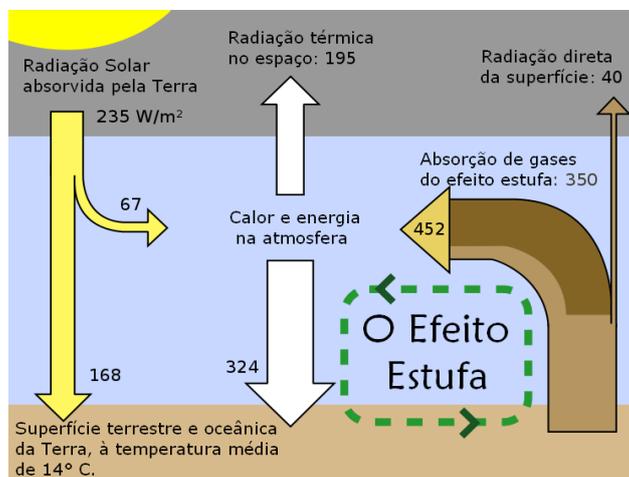
O efeito estufa é um fenômeno natural que permite que alguns gases presentes na atmosfera aprisionem a radiação solar, impedindo que ele escape para o espaço. Em condições normais, esses gases ajudam o planeta a manter o equilíbrio da temperatura na Terra. Em geral, a concentração acima do normal faz com que a temperatura do planeta suba.

Uma pesquisa divulgada pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos EUA (NOAA, na sigla em inglês) alerta que a poluição do planeta nunca esteve tão alta. Em maio de 2013, a concentração de CO₂ na atmosfera, medida pelo Observatório Mauna Loa, no Havaí, ultrapassou pela primeira vez a marca de 400 partes por milhão (ppm) desde 1958, quando estes dados começaram a ser medidos. A última vez que isto aconteceu foi há mais de 3,5 milhões de anos. Antes da Revolução Industrial, no final do século 19, a concentração de CO₂ era de apenas 280 ppm.

Ainda de acordo com Carolina Cunha, em artigo publicado pela UOL, em 2013, os motivos das recentes ondas de calor que vem sendo intensificadas, de acordo com os anos, seriam a variabilidade natural do sistema climático e o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera como o óxido nitroso (N₂O), o metano (CH₄) e,

principalmente, o dióxido de carbono (CO₂) liberado pela queima de combustíveis fósseis, generalizando, como o carvão petróleo e o gás natural.

Figura 4 – Trocas de energia entre o espaço sideral, atmosfera e a superfície da Terra



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_estufa>

Segundo o IPCC (IPCC, 2010), que é a autoridade científica das Nações Unidas responsável pelas informações oficiais sobre as consequências do efeito estufa, o índice de 450 ppm seria o limite aceitável para manter o equilíbrio do ecossistema e não prejudicar a existência humana no planeta. De acordo com os dados, as ondas de calor, secas inesperadas, invernos mais rigorosos, furacões, enchentes, tempestades, incêndios florestais e outros eventos climáticos extremos são algumas das consequências das mudanças climáticas e devem ser cada vez mais frequentes nos próximos anos.

Dada a informação sobre o clima contida em relatórios do IPCC (IPCC, 2007), o grau ao qual o clima da Terra irá mudar durante o próximo século dependerá quase que exclusivamente do sucesso dos esforços para se reduzir a taxa de emissões de gases do efeito estufa. O Ártico, apesar de encontrar-se muito longe dos principais centros de população e emissão de gases poluentes, apresenta uma concentração considerável desses gases do efeito estufa em meio a sua atmosfera.

Mesmo com drásticas reduções efetuadas o mais rápido possível na produção de gases do efeito estufa, levará algum tempo para que os níveis desses gases diminuam. Por exemplo, mesmo se emissões antropogênicas – oriundas das ações dos seres humanos – de CO₂ dos combustíveis fósseis persistiriam indefinidamente na atmosfera (ARCHER, 2005; MATHEWS e CALDEIRA, 2008), e Salomon et al, 2009, mostra que

a mudança climática resultante dos aumentos em concentração de CO₂ na atmosfera é irreversível até 1.000 anos depois que a emissão para.

Os futuros níveis de emissão de gases do efeito estufa serão determinados pelas complexas interações entre muitos fatores, tais como mudanças na indústria do petróleo, gás nuclear e renováveis, a busca por uma eficiência energética, o aumento da população, o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias, o tamanho do desmatamento e reflorestamento e desenvolvimentos econômicos – sendo notáveis os crescimentos de economias emergentes como China, Índia e Brasil. Perante os fatos expostos, algumas suposições precisam ser feitas para efeitos de determinação de como o Ártico pode ser afetado pela mudança climática.

Segundo alguns pesquisadores, o que poderia reverter essa situação, que parece um tanto fora de controle, são os acordos e políticas para controlar a emissão dos gases de efeito estufa. Mudanças na condução política sobre o assunto poderiam reverter ou atrasar essas previsões, podendo citar como exemplos já concretizados em âmbito global, o Protocolo de Kyoto¹ e a renovação do acordo na COP-18².

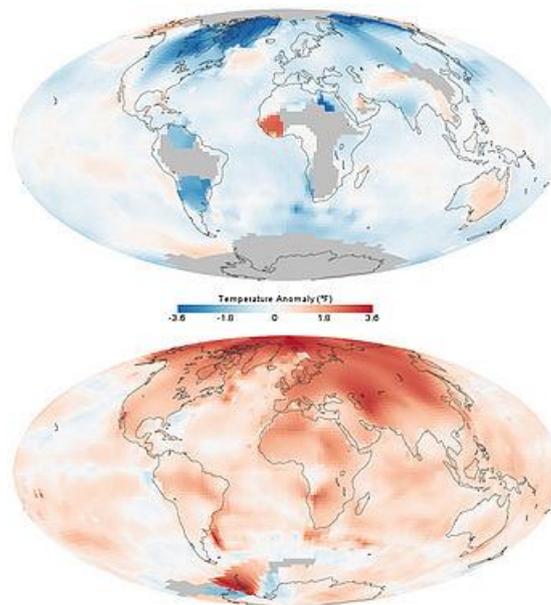
4.2 Aquecimento global

Embora haja muita controvérsia entre inúmeros cientista, pesquisadores e especialistas quanto a real existência do aquecimento global como consequência da emissão dos gases de efeito estufa, esta será uma das hipóteses consideradas para explicar o degelo que vem sendo observado no Ártico.

O aquecimento global é o processo de aumento da temperatura média dos oceanos e do ar perto da superfície da Terra que ocorre desde meados do século XIX, causado pelas emissões humanas de gases do efeito estufa, e amplificado por respostas naturais a esta perturbação inicial, em efeitos que se autorreforçam em realimentação positiva. (MYNENI, 2013).

¹ O Protocolo de Kyoto é o principal compromisso firmado entre os países para a redução global das emissões de gases do efeito estufa. Criado em 1997, o acordo estipulava metas de redução até 2012 para os países signatários e criava um sistema de crédito de emissões entre os países, que originou o mercado de crédito de carbono.

² COP-18 – Conferência realizada em 2012, em Doha, no Catar. A conferência definiu que os países devem revisar suas metas sob o Protocolo até 2014 e colocá-las em prática a partir de 2020.

Figura 5 – Temperaturas globais nas décadas de 1880 e 1980

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Aquecimento_global>

De acordo com o quinto relatório de avaliação do IPCC, AR5, (IPCC, 2013) elaborado sob os cuidados da Organização Meteorológica Mundial e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, e que representa a síntese científica mais ampla, atualizada e confiável sobre o assunto, a mudança na temperatura da superfície terrestre vem ocorrendo com certeza no último século, com um aumento médio de 0,78 °C, quando comparadas as médias dos períodos 1850-1900 e 2003-2012. A média teve uma variação de 0,72 a 0,85 °C. Cada uma das três últimas décadas bateu o recorde anterior de ser a mais quente desde o início dos registros. É virtualmente garantido que os extremos de temperatura têm aumentado globalmente desde 1950, e que desde 1970 a Terra acumulou mais energia do que perdeu.

A maior parte do aumento de temperatura se deve a concentrações crescentes de gases do efeito estufa, emitidos por atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis, o uso de fertilizantes, aerossóis e o desmatamento. Esses gases, causadores do efeito estufa e, conseqüentemente, aquecimento global, atuam obstruindo a dissipação do calor terrestre no espaço³.

³ Dados retirados do artigo *Understanding and Responding to Climate Change*, da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos, 2008.

Segundo Betts et al, 2011, por várias questões práticas, os modelos climáticos referenciados pelo IPCC normalmente limitam suas projeções até o ano de 2100, são análises globais e por isso não oferecem grande definição de detalhes. Embora isso gere mais incerteza para previsão das manifestações regionais e locais do fenômeno, as tendências globais já foram bem estabelecidas e têm se provado confiáveis. Os modelos usam, para seus cálculos, diferentes cenários e possibilidades de evolução futura das emissões de gases estufa pela humanidade, de acordo com tendências de consumo, produção, crescimento populacional, aproveitamento de recursos naturais etc. Cenários, esses, todos plausíveis. No entanto, é difícil, ou talvez até impossível, determinar qual deles se materializará, pois muitas coisas podem mudar ao longo do caminho. As probabilidades estimadas com razoável segurança atualmente indicam que as temperaturas globais subirão entre 1,1 °C e 6,4 °C até aquela data, uma faixa de variação que depende do cenário selecionado e da sensibilidade dos modelos utilizados nas simulações. Em geral, espera-se uma elevação de 4 °C até o fim do século. Projeções mais além são mais especulativas, mas não é impossível que o aquecimento progrida ainda mais, desencadeando efeitos devastadores.

O aumento nas temperaturas globais e a nova composição da atmosfera desencadeiam várias alterações decisivas nos sistemas da Terra. Afetam os mares, provocando a elevação do seu nível, e mudanças nas correntes marinhas e na composição química da água, verificando-se acidificação, dessalinização e desoxigenação. Prevê-se, também, uma importante alteração em todos os ecossistemas marinhos, com impactos na sociedade humana em larga escala (LU, VECHHI e REICHLER, 2007). O aquecimento global e as suas consequências serão diferentes de região para região, mas a natureza destas variações regionais ainda é difícil de determinar de maneira exata, mas sabe-se que nenhuma região do mundo será poupada de mudanças. O Ártico, por exemplo, é a região que está aquecendo mais rápido, verificando-se progressivo derretimento do *permafrost* – um tipo de solo encontrado na região do Ártico constituído por terra, gelo e rochas permanentemente congelados – e do gelo marinho, temperaturas recorde, secas mais intensas e profunda modificação em seus biomas, com desaparecimento de espécies nativas e invasões em massa por espécies exóticas.

Figura 6 – Foto das consequências do degelo no Ártico

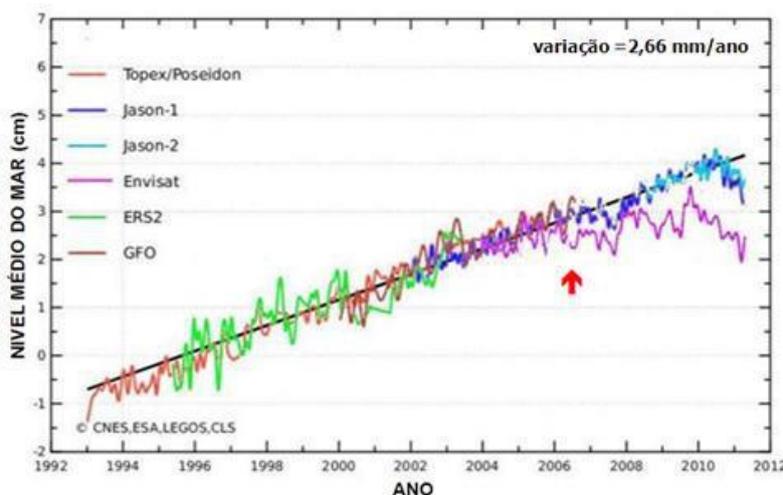


Fonte: <<http://www.cems360.biz/>>

4.3 Influência do ciclo lunar para o aumento do nível do mar

Outro fator ou hipótese utilizado para explicar o motivo do degelo verificado no Ártico é a influência do ciclo lunar. O aumento do nível do mar devido às mudanças climáticas é uma das maiores preocupações que vem afligindo as regiões costeiras, já que mais da metade da população mundial vive nela. E, além disso, pode se mostrar como um dos fatores principais para explicar o súbito aumento da temperatura média na região polar do Ártico, acarretando o possível sucessivo degelo. Porém, considerando esta hipótese, baseando-se em dados das últimas décadas e recentes anos, infere-se que o planeta não está sofrendo um aumento do nível do mar que progride conforme o tempo vai passando – de acordo com a teoria do aquecimento global – mas sim que, conforme alguns ciclos lunares, o nível vai aumentando e diminuindo, e nos últimos quatro anos, esse aumento estagnou e começou a decrescer. De acordo com a figura 7, baseada em dados enviados por alguns satélites norte americanos como TOPEX, JASON 1 e JASON 2, e o Grupo de Pesquisa do Nível do Mar da Universidade do Colorado (EUA) – responsável pelo tratamento dos seus dados – podemos observar essa mudança.

Figura 7 – Nível médio do mar (cm) medido por vários satélites



Fonte: <<http://agfdag.wordpress.com/2012/o-nivel-do-mar-e-o-degelo-no-artico/>>

A explicação do efeito que ocorre é que existe um ciclo lunar que é chamado precessão da órbita lunar ou dos nodos lunares. À medida que a Lua volta em torno da Terra, o plano de sua órbita vai girando no espaço e completa 360° em 18,6 anos. A Lua tem seu eixo de rotação inclinado em $5,1^\circ$ em relação à eclíptica – plano em que se encontram o Sol e os planetas – e a inclinação do eixo de rotação da Terra é $23,5^\circ$ em relação à mesma eclíptica. Quando os dois eixos apontam em direções opostas, eles fazem um ângulo de $28,6^\circ$ ($23,5^\circ + 5,1^\circ$) e a Lua, relativamente à superfície terrestre, se desloca na faixa entre $28,6^\circ$ N e $28,6^\circ$ S de latitude. Quando os eixos estão na mesma direção, a área varrida está entre $18,4^\circ$ N e $18,4^\circ$ S ($23,5^\circ - 5,1^\circ$). Considerando que 1° de latitude equivale a 110 km nas regiões tropicais, vê-se que a distância percorrida no ângulo máximo é de cerca de 12 mil km ($4 \times 28,6^\circ \times 110$ km), enquanto, no mínimo, é cerca de 8 mil km, ou seja, 4 mil km de diferença nos mesmos 28 dias do ciclo das fases da Lua, amplamente conhecido. Assim, a velocidade relativa da Lua é muito maior no máximo do ciclo e sua atração gravitacional agita os mares fora dos trópicos. Quando a Lua atinge o máximo do ciclo nodal, como ocorreu entre 2006-2007, ela levanta, ou atrai, a superfície do mar para fora dos trópicos. Esse desnível ou gradiente hidráulico aumenta ligeiramente a velocidade das correntes marinhas que transportam mais calor dos trópicos para os polos. No caso do Atlântico Norte, essa água mais aquecida – cerca de $0,7^\circ\text{C}$ – entra no Ártico por debaixo do gelo flutuante e derrete, parcialmente, sua parte submersa que, como é sabido, constitui 90% do volume total. Parcialmente derretida, a parte submersa não consegue suportar o peso da parte aérea, e então ela

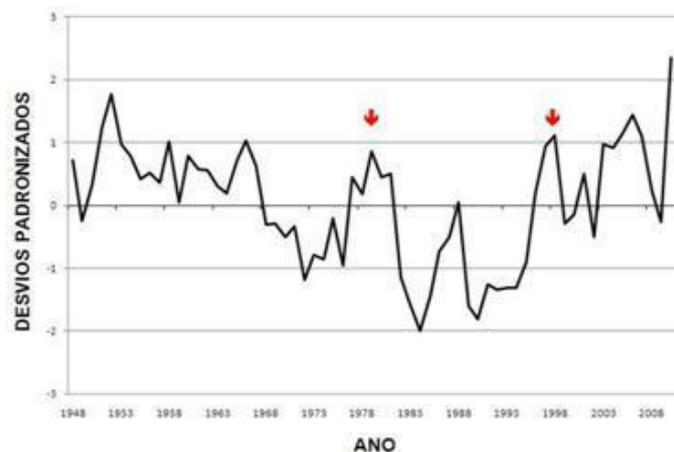
colapsa. Tendo cuidado para notar que a palavra “colapsa” difere sensivelmente do conceito dado por efeito do aquecimento global, que usa a palavra “derrete”.

Na Figura 8 apresentada abaixo, é possível notar a variação das anomalias padronizadas da temperatura da superfície do mar (TSM) com relação à média do período 1948-2010 ao sul da Groenlândia, no domínio geográfico 50°N-60°N e 40°W-50°W. Observa-se, claramente, o aumento da TSM ocorrido a partir de 1995, confirmando que o Atlântico Norte se aqueceu após aquela data. Nota-se, também, que o intervalo entre o início do resfriamento (1977/78) e o aquecimento (1995/96) é cerca de 19 anos (como representado com as setas), muito próximo do ciclo nodal lunar. A variação da cobertura de gelo no Ártico é mostrada na Figura 9. O decréscimo do gelo começou em 1995/96, atingiu o máximo em 2007 (máximo nodal) com 2,7 e agora está com 1,6 milhões de km². O maior derretimento do gelo do Ártico, que já ocorreu inúmeras vezes no passado, está sendo atribuído ao aquecimento global antropogênico e seria uma das causas do aumento do nível do mar observado. O outro aspecto, decorrente do máximo do ciclo nodal lunar, é que o nível do mar se eleva, em média, até 50° de latitude, aumento registrado por satélites e os marégrafos. Analisando a figura que representa o aumento do nível do mar, os níveis começaram a decrescer após o máximo de 2006/07, mesmo nos satélites americanos JASON 1 e 2. E ainda, a reta indica elevação a uma taxa de variação de + 2,66 mm/ano. Um período de 18,6 anos (período do ciclo nodal) multiplicado por 2,66 mm/ano dá um total de cerca de 5 a 6 cm no ciclo, considerando o erro nas medições, que é a variação aparente no eixo vertical da Figura 7 (entre -1 e 5 cm). É muito provável, portanto, que a elevação do nível detectada pelos satélites esteja relacionada ao ciclo nodal lunar⁴.

⁴ Dados retirados do artigo O Nível do Mar e o Degelo no Ártico. Disponível em:

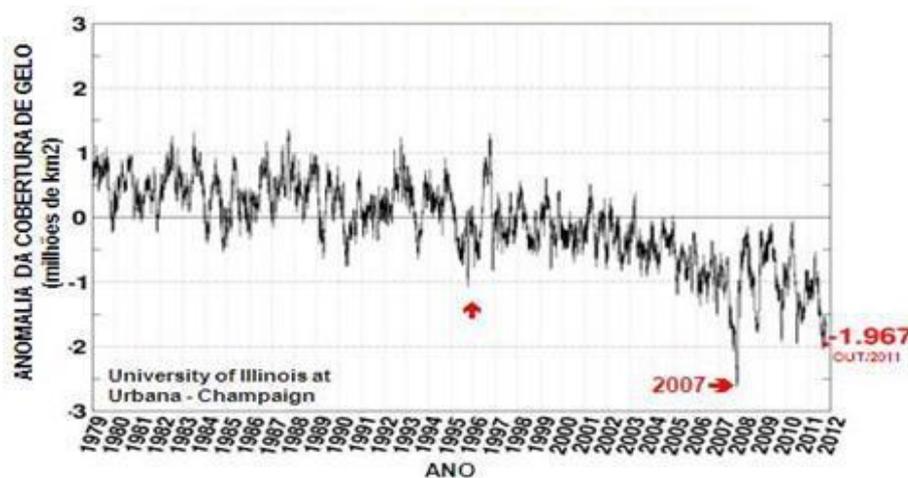
<<http://agfdag.wordpress.com/2012/06/27/o-nivel-do-mar-e-o-degelo-no-artico/>>. Acessado em: 23 jul. 2014.

Figura 8 – Desvios padronizados das temperaturas da superfície do mar ao Sul da Groenlândia, no domínio geográfico 50° N – 60° N e 40° N – 50° N



Fonte: ESRL/PSD/NOAA

Figura 9 – Variação da cobertura de gelo no Ártico (em milhões de km²)



Fonte: University of Illinois at Urbana-champaign, 2011

Em 1956, os cientistas russos Maksimov e Smirnov, analisando mais de 100 anos de registros de marégrafos no Atlântico, mostraram que o nível do mar poderia variar de ± 6 cm com ciclo nodal lunar (MARKSIMOV e SMIRNOV, 1965). Ou seja, o fato de o nível do mar oscilar devido a esse ciclo já é conhecido há mais de 60 anos. Recentemente pesquisas utilizando análises espectrais confirmaram a influência do ciclo nodal lunar em variáveis do clima do Ártico, que incluíram a TSM, nível do mar e cobertura de gelo. Porém, fora ainda sugerido que outro ciclo, de 74 anos ($4 \times 18,6$ anos), possa introduzir mudanças de amplitude, ou de fase, que mascarem a influência dominante do ciclo nodal lunar (YNDESTAD, 2006).

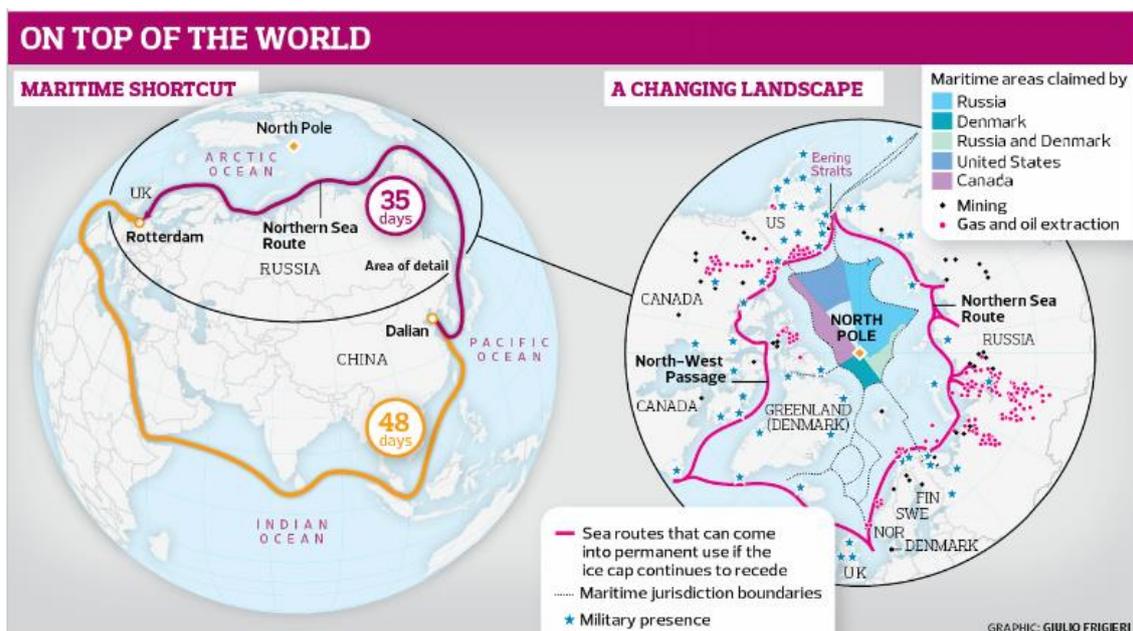
Foram usadas taxas de elevação do nível do mar atuais para projetar seu nível para o ano 2100, afirmando que o aumento é devido à sua expansão volumétrica e ao derretimento das geleiras causados pelo aquecimento global antropogênico. O IPCC, no AR 4 (2007), foi “modesto” e previu um aumento de até 60 cm (YNDESTAD, 2006). Porém, Al Gore, em “Uma Verdade Inconveniente”, afirmou que subirá de 6 metros (20 pés). Em ciência, tem-se uma hipótese de trabalho e usam-se os dados observados para comprovar a validade da hipótese. Na ciência das mudanças climáticas, os dados são “corrigidos” para se ajustarem à hipótese formulada. Se os dados dos satélites altimétricos não forem “ajustados”, existe grande chance de que eles venham a comprovar, nos próximos 10 anos, que a variabilidade do nível do mar é natural e, muito provavelmente, está associada ao ciclo da precessão da órbita lunar em torno da Terra. E que a projeção do aumento do nível do mar para 2100 pode ser plausivelmente contestada perante tais fatos expostos.

Embora hajam muitas discussões a respeito do assunto sobre aquecimento global, mesmo diante dos fatos expostos sobre os estudos da influência do ciclo lunar para o aumento do nível do mar, a teoria e projetos da abertura da Rota Nordeste, objeto alvo desta monografia, são baseados nas mudanças climáticas causadas principalmente pelo aquecimento global e emissão de gases do efeito estufa. A partir deste ponto, não havendo ainda um consenso sobre a veracidade da hipótese do aquecimento global, ela será tomada como verdadeira.

5 ROTA NORDESTE

A Rota Nordeste, Passagem Nordeste ou, ainda, algumas vezes definida como Rota Marítima do Norte, é uma via marítima que permite ligar o Oceano Atlântico ao Oceano Pacífico ao longo da costa norte da Sibéria, sendo iniciada junto ao Cabo Norte, passando pelo Mar de Kara, o Cabo Tcheliouskine e chegando ao Estreito de Bering, com praticamente todo o trajeto realizado através do Oceano Glacial Ártico. Como grande parte da rota situa-se em águas do Ártico, o percurso é livre de gelo apenas durante dois meses por ano – no verão do hemisfério norte. Essa é uma rota alternativa àquela utilizada nos dias de hoje, atravessando o Canal de Suez – significando grandes taxas às empresas de navegação – o Chifre da África e Sul da Índia, chegando assim ao Leste da Ásia (MILLS, 2003).

Figura 10 – Rota Nordeste e Rota pelo canal de Suez



Fonte: <<http://www.theguardian.com/world/interactive/2013/aug/18/arctic-northern-sea-route-map>>

Até os últimos anos, os navios mercantes necessitaram pegar rotas que desviavam das proximidades dos polos por conta do gelo que impedia a passagem desse meio de transporte. No entanto, conforme artigo publicado pelo MegaCurioso, por Rafael Gazzarrini, alguns especialistas defendem que até 2050 a situação atual deve ser alterada, permitindo a navegação direta até, e pelo, Polo Norte por parte de embarcações de qualquer porte. Isso ocorrerá devido ao derretimento de parte do gelo que há nos

mares próximos ao Oceano Glacial Ártico. Perante esse fato, eles se tornarão mais fáceis de serem quebrados, de forma que as embarcações possam quebrá-los sem exercer muito esforço, ou auxílio de outras embarcações quebra gelo, ao passar. Sendo assim, uma nova espécie de corredor que possibilitará a travessia da costa Oeste da Europa até o Leste da Ásia vai ser aberto no verão (sendo a melhor época em meados de setembro).

5.1 A história da rota

A motivação principal para navegar pela Passagem Nordeste fora inicialmente econômica. Na Rússia, a ideia de uma possível rota marítima que liga o Atlântico ao Pacífico foi apresentada pela primeira vez pelo diplomata Gerasimov, em 1525. Durante uma viagem através do Mar de Barents, em busca da Passagem Nordeste, em 1553, o explorador inglês Hugh Willoughby pensou ter visto ilhar ao norte – o que seriam pontos permanentes de gelo no Oceano Ártico – mostrados em alguns mapas publicados por Plancius e Mercator na década de 1590.

De acordo com o autor Lowrens Hacquebord, por volta do século 17, os comerciantes haviam estabelecido uma rota marítima contínua de Arkhangelsk para a Península de Yamal, onde atracavam atravessando pelo Golfo de Ob. Esta rota, conhecida como *Mangazeya Seaway*, foi precursora para a Rota do Mar do Norte, devido a sua importância econômica da época.

Foi então que, através do Leste do Yamal, no Norte da Península Taimyr, que provou-se o impensável e impraticável naquela época: a partir da década de 1630, os russos começaram a navegar na costa do Ártico desde a foz do rio Lena até um ponto além da foz do rio Kolyma.

Expedições posteriores às décadas seguintes, a partir do século XVII, foram realizadas, ocorrendo na década de 1760, com Vasiliy Chichagov, de 1785-1795, com Joseph Billings e Gavril Sarychev e na década de 1820 e 1830, com Ferdinand Petrovich Wrangel, Pyotr Fyodorovich Anjou e Conde Fyodor Litke. A possibilidade de navegação de todo comprimento da passagem foi provada, apenas, por meados do século 19 – somente quando, em 1878, o explorador sueco-finlandês Nordenskiöld fez a primeira passagem completa de Oeste para Leste pela rota, na expedição Vega.

Após a Revolução Russa de 1917, com a introdução de auxílios à navegação como rádio, barcos a vapor e quebra-gelos, a rota do Mar do Norte tornou-se mais

viável. Nesta época, a União Soviética fora isolada das potências ocidentais, tornando imperativa a utilização desta rota. Além de ser o caminho marítimo mais curto entre o lado ocidental e oriental da URSS, era o único caminho que estava completamente dentro das águas interiores soviéticas, fazendo que os navios não encontrassem outras embarcações ou possibilidade de colisão dentro de águas de países próximos e adversários.

Um corpo especial, durante o período de governo Glavsevmorput, foi criado em 1932 – a divisão de direção da Rota do Mar do Norte – tornando o explorador Otto Schmidt seu primeiro diretor. Ele supervisionou a navegação nessa área e construiu portos do Ártico.

Durante a primeira parte da Segunda Guerra Mundial, os soviéticos permitiram que o cruzador auxiliar alemão Komet utilizasse a Rota do Mar do Norte, no verão de 1940, para fugir da Marinha Real Britânica e sair para o Oceano Pacífico. Komet foi escoltado por navios quebra-gelo soviéticos durante a sua travessia. Os soviéticos também usaram a rota para transferir materiais a partir do extremo oriente soviético para a Rússia européia.

Após a dissolução da União Soviética, no início dos anos 1990, a navegação comercial no Ártico siberiano entrou em declínio. Transportes marítimos regulares são encontrados, mais ou menos, somente a partir de Murmansk para Dudinka e Pevek. Antes disso, praticamente não encontra-se nenhuma rota marítima regular.

5.2 Portos marítimos livres de gelo no Oceano Ártico

Apenas um porto russo no Mar de Barents, a caminho da Rota do Mar do Norte – que começa oficialmente na entrada do Estreito de Kara é livre de gelo o ano inteiro. Esse é o porto de Murmansk, na Península de Kola. Outros portos no Ártico costumam ser utilizáveis de Julho até Outubro, ou, como em Dudinka, utilizam quebra-gelos de propulsão nuclear. Além do Estreito de Bering, fim da Passagem Nordeste, a Sul ao longo da costa da Rússia com o Pacífico, os portos de Petrapavlovsk em Kamchatka, Vanino, Nakhodka e Vladivostok são acessíveis o ano todo¹.

¹ Dados obtidos no artigo *Experts Confirm Open Water Circling Arctic*, publicado pelo *The New York Times*.

5.3 Trechos livres de gelo

Em relação ao trecho da derrota, o termo “livre de gelo” refere-se à ausência de de *fast ice* – camada permanente congelada sobre a superfície da água. Apesar de apresentar essa característica, isso não significa que não haverá gelo em blocos ou camadas ao longo deste trecho da Rota Nordeste. Regiões livres de gelo podem conter cobertura de gelo quebrado, cobrindo a superfície da água, de várias densidades, requerendo ainda a utilização de cascos reforçados ou navios quebra-gelo para segurança da travessia².

Figura 11 – O quebra gelos russo *Yamal* na Passagem Nordeste



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Passagem_do_Nordeste>

5.4 Viagens pela Rota Nordeste

A Rota Nordeste foi aberta oficialmente pelo recuo do gelo no Ártico em 2005, mas foi fechada novamente em 2007. A quantidade de gelo polar recuada chegou a níveis consideráveis, novamente, por volta de Agosto de 2008. Após isso, foram divulgadas imagens do satélite Aqua, da NASA, revelando que o último bloqueio de gelo da Passagem Nordeste foi derretida ou submergiu e fora arrastada pela corrente. Esta teria sido a primeira vez desde que os registros do satélite começaram que a Passagem Nordeste e a Passagem Noroeste haviam estado abertas simultaneamente. Entretanto, outros cientistas sugeriram que as imagens do satélite podem ter sido mal interpretadas e que a Passagem Nordeste não estava totalmente livre ainda.

² Dados obtidos no artigo *Space Radar Helps Shipping Dodge Arctic Icebergs*, publicado pela *National Geographic*, em 2008.

Em 2009, o Grupo Beluga, com sede em Bremen, alegou que seriam a primeira empresa ocidental a tentar atravessar a Rota Nordeste para o transporte de mercadorias, sem o auxílio de navios quebra-gelo, economizando em torno de 4.000 milhas náuticas da viagem entre Ulsan, Coréia e Rotterdam. A viagem teve uma cobertura e alarde muito grande, e, por vezes, até mesmo sem motivo plausível, já que outro navio não-russo já havia feito o trânsito nessa área. Em 1997, um petroleiro finlandês Uikku, navegou através da Rota Nordeste, a partir de Murmansk até o Estreito de Bering, tendo tornado-se o primeiro navio ocidental a completar a viagem.

Entretanto, os novos navios *heavy lift* com casco reforçado para gelo, *Beluga Fraternity* e *Beluga Foresight*, iniciaram a navegação de um trecho de Leste para Oeste em Agosto de 2009, pela Rota Nordeste, como parte de um pequeno comboio escoltado pelo quebra-gelo nuclear russo *NS 50 Let Pobedy*, para Oeste através dos Estreitos de Bering, Sannikov e Vilkitskiy. Dois pilotos russos embarcaram, um em cada navio, para a viagem até o porto da Sibéria Ocidental em Novyy, na região de Yamburg, no delta do rio Ob. Os navios chegaram a Novyy em 7 de Setembro, descarregando sua carga de barcaças e partiu em 12 de Setembro, com destino ao Kara Gates e Rotterdam. Eles foram, de fato, os primeiros navios comerciais não-russos a completar essa jornada – porém ainda não sem a ajuda da Rússia. O presidente do Beluga Shipping alegou que durante a viagem, cada navio economizou em torno de 300.000 euros, em comparação com o que a empresa geralmente gasta numa rota normal Coréia-Rotterdam por meio do Canal de Suez. A empresa não divulgou quanto pagaram para o serviço de escolta e aos pilotos russos.

Figura 12 – Quebra gelos russo *NS 50 Let Podedy* escoltando navios do grupo Beluga através da Rota Nordeste, no verão de 2009



Fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/Northern_Sea_Route>

Em 2009, os dois primeiros navios de carga comerciais, fazendo viagens internacionais, viajaram para o Norte da Rússia, realizando a travessia da Europa para a Ásia. Em 2010, 18 navios fizeram o trânsito nessa região, agora praticamente livre de gelo. Em 2011, 34 navios fizeram a travessia e, em 2012, 46 navios mercantes concluíram a derrota. Os produtos petrolíferos constituem o maior grupo de cargas transportadas. Em 2013, 71 navios realizaram o trânsito na região.

5.5 Importância econômica da Rota Nordeste

A lucratividade com o transporte marítimo em viagens pela Rota Nordeste é dada pelo fato de reduzir o número de dias no mar e diminuir pela metade o consumo de combustível do navio, no percurso do Norte da Europa até os portos do Pacífico Norte.

Para os armadores de navios de carga a granel transportando matéria-prima de baixo valor, a redução de custos por combustível pode aparecer como a ignição para começar a explorar a Rota Nordeste de forma comercial agressiva. A rota permite economias de grande escala comparada com as outras rotas alternativas pela costa Sul.

Um maior conhecimento sobre os benefícios e redução de custos entre os tráfegos pela Rota Nordeste e o Canal de Suez são fatores decisivos na hora da confecção da derrota do navio.

Em agosto de 2012, fontes de mídia russa informaram que 85% dos navios que transitaram pela Rota Nordeste em 2011 foram navios que transportavam gás ou petróleo, sendo 80% deles navios de grande capacidade.

Segundo o artigo publicado pela Carta Capital³, com toda expectativa de permanência da passagem aberta no Ártico, não somente durante o verão do Hemisfério Norte, devido ao aquecimento global, os investimentos dos países intermediários à rota estão crescendo de forma acelerada. Nadym, uma cidade do extremo norte da Sibéria, receberá grande atenção pelo governo russo, o qual pretende conectá-la por rodovia e ferrovia a outros centros de gás e petróleo. A Gazprom, maior companhia de petróleo do

³ Informações obtidas no artigo As rotas comerciais das mudanças climáticas, publicado pela Carta Capital. Disponível em: <<http://www.cartacapital.com.br/sustentabilidade/cidade-no-artico-espera-faturar-quando-o-gelo-derreter-abrindo-nova-rota-maritima-para-a-china-2022.html>>.

mundo, está construindo um porto próximo com a francesa Total; e se a nova rota marítima do norte ficar aberta durante pelo menos seis meses por ano, Nadym se encontrará no equivalente à antiga rota da seda. A Gazprom, além disso, ainda lançou esse ano na Coreia do Sul o primeiro de quatro gigantescos transportadores de gás natural “classe gelo” para essa rota. O governo russo pretende gastar mais de 3 bilhões de dólares para reabrir uma base militar nas ilhas Novosibirsk e está construindo novos barcos quebra gelo e centros de navegação.

A confiança que o Ártico terá importância econômica é vista na corrida de países e empresas para reivindicar direitos. Onze países, incluindo a Polônia e Singapura, indicaram embaixadores no Ártico para promover seus interesses nacionais.

Empresas americanas, canadenses, japonesas, sul-coreanas e britânicas pretendem usar a rota para minerar pela região, mas nenhum país espera ganhar mais que a China, segundo Wang Chuanxing, pesquisador polar da Universidade de Tongji, em Xangai. Como dito por ele: “A economia da China depende 50% do comércio. O desenvolvimento da rota marítima do norte teria um grande impacto em sua economia. Um terço do comércio chinês é com a União Européia e os Estados Unidos. A abertura dessa rota é vital para a China”. O Japão também espera se beneficiar. “Dez por cento do petróleo cru não explorado do mundo e 20% de seu gás natural estariam no Ártico. Mudanças recentes por causa da mudança climática estão atraindo pessoas no Japão. Queremos participar ativamente. Estamos pesquisando a rota marítima do Ártico”, disse Toshio Kunikata, embaixador japonês encarregado de Assuntos Árticos.

Ainda assim, existem alguns países que estão cautelosos com grandes investimentos em algo ainda incerto. Os estaleiros noruegueses são exemplos disso. “A navegação transártica de Yokohama a Hamburgo economizaria 40% da distância, comparada com o canal de Suez. Mas nossas previsões são modestas. Em 2013 houveram 71 tráfegos comerciais pelo mar polar, comparados com 18 mil e 14 mil pelos canais de Suez e Panamá”, disse Sturla Henriksen, diretor da Associação de Armadores Noruegueses.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um ambiente antes visto como local praticamente inóspito, com características que afastariam qualquer idéia de demanda de navio ou entrada de pessoas, vem se mostrando muito atrativo, principalmente para o atual mercado de navegação.

Embora existam ainda inúmeros fatores que dificultam a navegação nas zonas polares, podendo gerar sérios danos às embarcações e cargas que lá serão transportadas, existem ainda os fatores climáticos, sendo eles o efeito do ciclo lunar no aumento do nível do mar ou o aquecimento global – como consequência da emissão dos gases do efeito estufa – que estão proporcionando drásticas mudanças climáticas na região do Ártico, diminuindo as densas camadas de gelo e proporcionando melhores condições de navegação na área.

A Nova Rota Nordeste, corredor formado no meio do Oceano Glacial Ártico principalmente nos meses de verão do Hemisfério Norte, que liga a Europa à Ásia oriental, tornou-se o centro das atenções tanto das empresas de navegação quanto dos países adjacentes á rota que se beneficiarão dela, devido a sua relevante importância econômica. No que tange às empresas de navegação, os benefícios são encontrados na redução considerável do trajeto que antes era somente realizado pelo canal de Suez – adicionando ainda as taxas do canal – e principalmente na economia dos países envolvidos na rota, que estão investindo em novos portos e embarcações, aumentando seu poder no transporte marítimo. Isso tudo, claro, acreditando que, assim como nos últimos anos, o processo de degelo continuará se intensificando, permitindo que daqui um tempo a rota estará navegável durante grande parte do ano, e não só no verão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL GORE Jr., Albert Arnold. **Uma verdade inconveniente**. Disponível em: <<http://www.algore.com/>>. Acessado em 23 jul. 2014.
- ARCHER, D. *Fate of fossil fuel CO₂ in geologic time*. J. Geophys. Res., DOI: 10.1029/2004JC002625. 2005.
- BETTS, Richard A. Et al. *When could global warming reach 4° C?*. Phil. Trans. R. Soc. A, 2011.
- CIVITA, Victor. **Enciclopédia do mar**. São Paulo, 1975.
- CUNHA, Carolina. **Mudanças Climáticas: Novas previsões e o degelo do Ártico agravam aquecimento global**. Artigo publicado pela UOL, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/mudancas-climaticas-novas-previsoes-e-o-degelo-do-artico-agravam-aquecimento-global.htm>>. Acessado em: 12 jul. 2014.
- DE FREITAS, Eduardo. **Hidrosfera**. Brasil Escola. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/hidrosfera.htm>>. Acessado em: 10 jul. 2014.
- HACQUEBORD, Louwrens. *In search of Het Behouden Huys: A Survey of the Remains of the Willem Barentsz on Novaya Zemlya*. 1995.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acessado em: 12 jul. 2014.
- LU, Jian; VECHHI, Gabriel A.; REICHLER, Thomas. *Expansion of the Hadley cell under global warming*. *Geophysical Research Letters*, 2007.
- MacELVEREY, Daniel H. *Shiphandling for the mariner*. Cornell Maritime PR., INC. 2004.
- MATTHEWS, H.D. and CALDEIRA, K. *Stabilizing climate requires near-zero emissions*. *Geophysical Research Letters*, 2008.
- MAKSIMOV, I.V., SMIRNOV, N.P. *A contribution to the study of causes of long period variations in the activity of the gulf stream*. *Oceanology*, 1965.
- MIGUENS, Altineu Pires. **Navegação: A CIÊNCIA E A ARTE**. Niterói, 2000.
- MILLS, William J. *Exploring Polar Frontiers*. ISBN 1-57607-422-6, 2003.
- MYNENI, Ranga. *Amplified Greenhouse Effect Shaping North into South*. *EurekaAlert*, 2013.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). Disponível em: <<http://www.noaa.gov/mobile/splash.php>>. Acessado em: 12 jul. 2014.
- PROGRAMA REGIONAL DA CONSERVAÇÃO DA ZONA COSTEIRA E MARINHA DA ÁFRICA OCIDENTAL (PRCM). **Descobrimo o ambiente costeiro e marinho da África Ocidental**. Caderno dos Conhecimentos, 2011.

- SALOMON, S. *Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions*. 2009.
- SPILHAUS, Athelstan F. *Maps of the whole world ocean*. American Geography Society, 1942.
- STEINBERGER, José Roberto. *Navegação no gelo*. Rio de Janeiro: CIAGA 1992.
- STORER, Tracy Irwin and USINGER, Robert L. *General zoology Hardcover*. 1962.
- TOMCZAK, Matthias; GODFREY, J. Stuart. *Regional Oceanography: an Introduction*. Daya Publishing House, 2 ed., 2003.
- VORONOV, Konstantin. **Rota marítima do Norte faz crescer ambições da China no Ártico**. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/2013/08/23/rota-maritima-do-norte-faz-crescer-ambicoes-da-china-no-artico/>>. Acessado em: 28 jul. 2014.
- WRIGHT, John W. *New York: Penguin Books. The New York Times Almanac*, 2007.
- YNDESTAD, H. *The influence of the nodal cycle on Arctic climate*. ICES Journal of marine science, 2006.