



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



GABRIELLE MATTOS DIAS MICHEL



NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

DESAFIOS DE UMA NAVEGAÇÃO PECULIAR

RIO DE JANEIRO

2013

GABRIELLE MATTOS DIAS MICHEL

**NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES: Desafios de uma
Navegação Peculiar**

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: 1T (RM2-T) Vinicius Oliveira

Rio de Janeiro

2013

GABRIELLE MATTOS DIAS MICHEL

**NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES: Desafios de uma
Navegação Peculiar**

Monografia apresentada como exigência para
obtenção do título de Bacharel em Ciências
Náuticas Náutica/Máquinas 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: _____

“Se as coisas são inatingíveis...ora!
Não é motivo para não querê-las
Que tristes os caminhos, se não fora
A presença distante das estrelas!”
Mario Quintana

LISTA DE ILUTRAÇÕES

Figura 1: Região Polar Norte (Ártico).....	13
Figura 2: O Ártico.....	14
Figura 3: Região Polar Sul (Antártida).....	16
Figura 4: A Antártida.....	16
Figura 5: Circulação geral na Antártida e posição média das convergências Antártida e Subtropical.....	22
Figura 6: Áreas onde uma agulha magnética é de confiabilidade reduzida, errática e inútil no Ártico.....	35

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 DEFINIÇÃO DOS LIMITES DAS REGIÕES POLARES	11
1.1 Região Polar Norte (Ártico).....	11
1.2 Região Polar Sul (Antártida).....	14
2 A NAVEGAÇÃO NO GELO: SUAS PECULIARIDADES E DESAFIOS	17
2.1 O Gelo e o Navegante.....	17
2.2 Alguns fatores que afetam a Navegação nas Regiões Polares.....	18
2.2.1 Efeitos de Latitudes Elevadas.....	18
2.2.2 Efeitos Meteorológicos.....	20
2.3 Alguns aspectos que devem ser entendidos sobre navegação em regiões polares.....	22
2.3.1 Cartas Náuticas.....	22
2.3.2 Precisão das Cartas Náuticas.....	23
2.3.3 Auxílios Disponíveis para a Navegação.....	23
2.3.4 Medição de Direção.....	23
2.3.5 Distância e Direção no Gelo.....	24
2.4 Sumário dos Principais Problemas para a Navegação nas Regiões Polares.....	24
3 OS NAVIOS POLARES	26
3.1 Especificações Gerais dos Navios Polares.....	26
3.2 Peculiaridades que os navios devem apresentar para poderem navegar em regiões polares.....	27

3.3 Preparação do Navio.....	28
3.3.1 Hélices.....	28
3.3.2 Lemes.....	29
3.3.3 Válvulas, Tanques e Outros Acessórios.....	29
3.3.4 Material suplementar de controle de avarias (CAV).....	29
3.3.5 Carga, Material de Rancho, Itens de Vestuário, Remédios.....	30
3.3.6 Baterias, Oxigênio, Acetileno e Outros Gases Engarrafados.....	30
3.3.7 Quadros Elétricos.....	30
3.3.8 Balsas Salva-Vidas e Coletes.....	31
3.3.9 Embarcações Auxiliares.....	31
3.3.10 Tanques de Aguada.....	31
3.3.11 Equipamentos de Convés.....	31
4 DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE	
NAVEGAÇÃO.....	33
4.1 Agulhas Náuticas.....	33
4.1.1 Agulha Magnética.....	33
4.1.2 Agulha Giroscópica.....	36
4.2 Radar.....	37
4.3 Ecobatímetro.....	41
4.4 Sistemas Eletrônicos de Navegação.....	42
4.4.1 Radiogoniômetro.....	42
4.4.2 Sistemas de Navegação por Satélite.....	42
4.4.3 Sistema de Navegação Inercial.....	42

4.5 Outros Sistemas.....	43
4.5.1 Sonar.....	43
4.6 Precaução Especial com as Antenas.....	43
5 OBSERVAÇÕES VISUAIS.....	44
5.1 Aspectos Gerais.....	44
5.2 Fatores que Afetam as Observações Visuais na Antártida.....	45
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

RESUMO

O degelo do Ártico tem motivado empresas de navegação e países Nórdicos a investir na navegação polar de forma geral, como forma alternativa e de menor custo às tradicionais rotas comerciais marítimas. A estação-base Comandante Ferraz na Antártida colocou o Brasil entre os países que têm a necessidade de desenvolver técnicas e conhecimentos a respeito da navegação no gelo. Tema esse que ainda é pouco divulgado no meio marítimo brasileiro, devendo ser, por sua vez, cada vez mais abordado e desmistificado. Neste trabalho são abordadas as peculiaridades e desafios da navegação nas Regiões Polares, partindo-se da definição geral e geográfica da região polar sul e região polar norte da Terra. Apresentam-se, também, as especificações dos navios polares; a adequada preparação para as derrotas (que em muito se diferencia da preparação de navios que navegam em regiões sem a presença de gelo); informações a respeito dos equipamentos e sistemas de navegação, cujo desempenho é modificado devido à presença contínua de gelo. Expõem-se, então, as observações visuais do navegante e suas armadilhas provocadas pelo mar e terra congelados. “Navegação nas Regiões Polares – Desafios de uma Navegação Peculiar” agrega conhecimento de extrema importância para o navegante que deseja familiarizar-se com a navegação polar.

Palavras-chave: Navegação no Gelo, Desafios da Navegação Polar, Ártico, Antártida.

ABSTRACT

The Arctic thaw has encouraged shipping companies and countries of north region to invest in polar navigation in general, as a less costly alternative to traditional maritime trade routes. The base station “Comandante Ferraz” in Antarctic put Brazil among the countries that have the need to develop techniques and knowledge about the ice navigation. This topic is still little known in the Brazilian maritime community and should increasingly be discussed and demystified. This monograph discusses the peculiarities and challenges of navigation in the Polar Regions, starting from the general and geographic definition about the south polar region and the north polar region of the Earth. It’s presented also the specifications of polar ships, the adequate preparation for the defeats (which greatly differs from the preparation of ships sailing in regions without the presence of ice), and information about the equipment and navigation systems, which performance is changed due to the continued presence of ice. Then it’s exposed the visual observations of the sailor and its traps caused by frozen sea and frozen land. "Navigation in Polar Regions - Challenges of a Peculiar Navigation" brings knowledge of extreme importance to the navigators who want to familiarize themselves with the polar navigation.

Key-words: Ice Navigation, Challenges of Polar Navigation, Arctic, Antarctic.

INTRODUÇÃO

Juntamente com o aumento da demanda global por energia, tem havido um crescimento ativo no desenvolvimento do petróleo, gás natural e outros recursos naturais na região do Oceano Ártico, que, por sua vez, tem-se tornado rota marítima devido aos efeitos do aquecimento global e ao consequente degelo. Como resultado desse fato, torna-se evidente que a frota de navios adequados para navegação em águas cobertas por gelo deverá ampliar-se também, fazendo com que o Oceano Ártico transforme-se numa rota marítima regular para o comércio internacional entre o Oriente e Ocidente.

No que se refere à Antártida, uma onda de viagens de cunho turístico a bordo de navios tem dobrado e redobrado em menos de uma década. No início, a maior parte do turismo era realizado por embarcações de pequeno e médio porte (ainda são maioria). No entanto, nos dias atuais, o turismo de massa tem chegado à Antártida através de grandes navios capazes de transportar até 3100 passageiros (Princess Cruises). Além disso, há uma visitação crescente conduzida por iates privados.

Navios que operam tanto no Ártico quanto em ambientes da Antártida estão expostos a uma série de riscos. Nas regiões polares, as condições de visibilidade restrita e longos períodos de escuridão reduzem a eficácia das observações visuais e da navegação astronômica, e como outros auxílios à navegação não são geralmente disponíveis, o radar é de grande valor. Não é raro ocorrer, nas condições de vento forte, mar agitado e tempo inclemente da Antártida, a queda e avaria de antenas de equipamentos vitais.

A navegação nas regiões polares exige não somente técnica bem como vasto conhecimento específico no tema. Em vista disso, objetivou-se abordar neste trabalho peculiaridades inerentes a esse tipo de navegação, além dos desafios que o navegante que almeja navegar nas regiões polares deverá conhecer.

CAPÍTULO 1

DEFINIÇÃO DOS LIMITES DAS REGIÕES POLARES

Qualquer definição de limites das regiões polares não satisfaz completamente a necessidades de todos os que se interessam por essas áreas. Na Astronomia, os paralelo de latitude nos quais o Sol se torna circumpolar (o Círculo Polar Ártico e o Círculo Polar Antártico, nas latitudes de cerca de 66,5° N e 66,5° S, respectivamente) são considerados os limites inferiores. (MIGUENS, 2000)

Na Meteorologia e Oceanografia os limites são linhas irregulares que no Ártico coincidem aproximadamente com o extremo norte das florestas da Groenlândia, norte do Canadá, Alasca, Sibéria e norte da Noruega; e na região polar sul com a Convergência Antártida.

Para propósitos de navegação, podem-se considerar as regiões polares como se estendendo desde os pólos geográficos da Terra até as Latitudes de 60° (N e S), com uma região de transição subpolar, nas proximidades dos paralelos de 60°. As regiões polares também incluem os dois pólos magnéticos da Terra.

1.1) REGIÃO POLAR NORTE (ÁRTICO)

A região Ártica tem área aproximada de 30 milhões de quilômetros quadrados, sendo que cerca de metade dessa área consiste na superfície do oceano, como mostrado nas figuras 1 e 2. De fato, o Ártico é um oceano circundado por massas de terra - o que por sua vez, justifica a importância de estudarem-se os aspectos marinhos da região. Algumas dessas terras são altas e acidentadas, cobertas por uma calota de gelo permanente; outras são baixas e pantanosas quando descongelam. O subsolo permanentemente congelado, denominado permafrost, impede 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, também, grandes áreas de tundra, planícies árticas das costas baixas da Rússia (Sibéria) e do Canadá, com vegetação consistindo de musgos, líquens e arbustos, tendo, normalmente, uma camada de permafrost subjacente. Aproximadamente 90 por cento do mar está permanentemente coberto de gelo, o restante é constituído pelos territórios dos Estados Unidos (Alaska), da Federação da Rússia, Noruega, Islândia, Dinamarca (Groenlândia) e Canadá, assim como muitas ilhas sob a soberania desses países. Plataformas continentais rasas ocupam mais de metade da área submarina, uma proporção significativamente maior do que com outros oceanos.

A parte central do Oceano Ártico é uma bacia com uma profundidade média de cerca de 3.600 metros (12.000 pés); o fundo não é plano, apresentando vários montes submarinos e fossas abissais. A maior profundidade é superior a 4.900 metros (16.000 pés); no pólo Norte, a profundidade é de 4.313 metros (14.150 pés). Circundando a bacia polar, existe uma extensa plataforma continental, quebrada apenas na área entre a Groenlândia e o Spitzbergen. As muitas ilhas do arquipélago norte-canadense situam-se sobre esta plataforma. O Mar da Groenlândia (a leste da ilha do mesmo nome), a Baía de Baffin (a oeste da Groenlândia) e o Mar de Bering, ao norte das Ilhas Aleutas, cada um tem sua bacia independente. Devido às condições de gelo, navios de superfície não podem penetrar até o pólo Norte; entretanto, no verão já foram alcançadas latitudes bastante elevadas. (MIGUENS, 2000)

Tal região emergiu com importância econômica, militar e ambiental consideráveis. Um aspecto significativo dessa área são as mudanças climáticas, que, devido ao atípico degelo em grandes proporções despertou as atenções do mundo ao comércio marítimo na região. Devido às concentrações crescentes de gases do efeito estufa decorrentes da atividade humana, provenientes da queima de combustíveis fósseis e do desmatamento, o aquecimento global também afetará o Ártico e será associado a retirada contínua de glaciares, permafrost e gelo marinho. Isto, por outro lado, cria uma nova oportunidade para as empresas de navegação repensarem sobre a implantação de seus navios em todo o Oceano Ártico. Possibilitando a redução dos custos de combustível e a diminuição do

tempo de trânsito. Por exemplo, um navio percorreria 10.937 milhas náuticas de Kobe, no Japão para Rotterdam, Países Baixos através do Canal de Suez ou 14.195 milhas náuticas através do Cabo da Boa Esperança, África do Sul. A distância entre os mesmos portos, através do Pólo Norte poderia ser reduzida para 6.830 milhas náuticas ou 37,6% a menos em comparação com o seu trânsito Canal de Suez. O benefício é ainda maior (51,9% de redução), em comparação com o percurso através do Cabo de Boa Esperança.



Figura 1: Região Polar Norte (Ártico). Fonte: MIGUENS, 2000

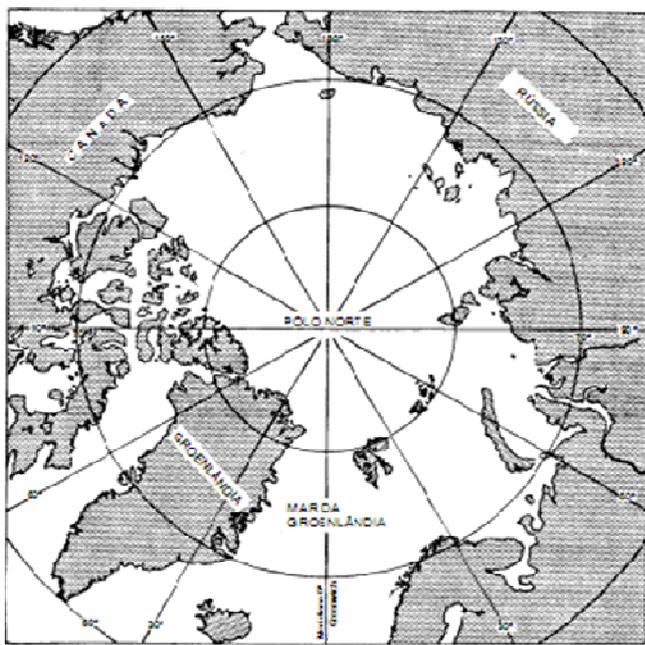


Figura 2: O Ártico. Fonte: MIGUENS, 2000

1.2) REGIÃO POLAR SUL (ANTÁRTIDA)

Em contraste com o Ártico, a região polar sul, ou Antártida, apresenta uma massa terrestre alta e montanhosa, totalmente cercada por água. A geografia da Antártida é dominada pela sua localização ao sul polar e, portanto, pelo gelo. O continente antártico, localizado no hemisfério sul da Terra, está centrado assimetricamente em torno do Pólo Sul e em grande parte ao sul do Círculo Polar Antártico, como mostrado nas figuras 3 e 4. É a massa de terra mais meridional e compreende mais de 14 milhões de quilômetros quadrados, tornando-se o quinto maior continente.

Há um planalto polar extenso, coberto com gelo e neve, de cerca de 3.000 metros (10.000 pés) de altitude. Diversas cadeias de montanhas na Antártida possuem picos elevados, alcançando altitudes de 4.000 metros (13.000 pés) e maiores. A altitude média da Antártida, cerca de 1.850 metros (6.000 pés), é maior do que a de qualquer outro continente. A altitude do pólo Sul é de aproximadamente 2.900 metros (9.500 pés). A barreira representada pela massa

terrestre e por plataformas de gelo formidáveis, de 200 a 1.000 metros de espessura, impede os navios de alcançarem latitudes muito elevadas. (MIGUENS, 2000)

A atividade primária básica é a captura e o comércio de peixe. A pesca antártida entre 2000 e 2001 chegou a 112934 toneladas. O turismo em pequena escala existe desde 1957 e é atualmente regulado pela Associação Internacional das Operadoras de Turismo Antártico (IAATO, em inglês). Entretanto, nem todas as embarcações uniram-se à IAATO. Muitos navios transportam pessoas para locais turísticos específicos. Um total de 27950 turistas visitou a Antártida no verão de 2004 a 2005, segundo a IAATO, quase todos vindos de navios comerciais. Houve algumas preocupações recentes sobre os efeitos ambientais causados pelo influxo de visitantes. Ambientalistas e cientistas fizeram apelos por maiores restrições aos navios e ao turismo.

A maior parte da costa da Antártida é alta e acidentada, com poucos portos e fundeadouros seguros (com uma notável exceção na região da Península Antártida e arquipélagos próximos). A maioria das estações costeiras possui apenas ancoradouros e os suprimentos são transportados dos navios para a praia em pequenos barcos e helicópteros. Poucas estações têm cais. Todos os navios ancorados são submetidos à inspeção de acordo com o artigo sete do Tratado da Antártida. As ancoragens costeiras são raras e intermitentes. Normalmente é necessário que um navio quebra-gelo abra caminho antes que outros navios possam navegar.

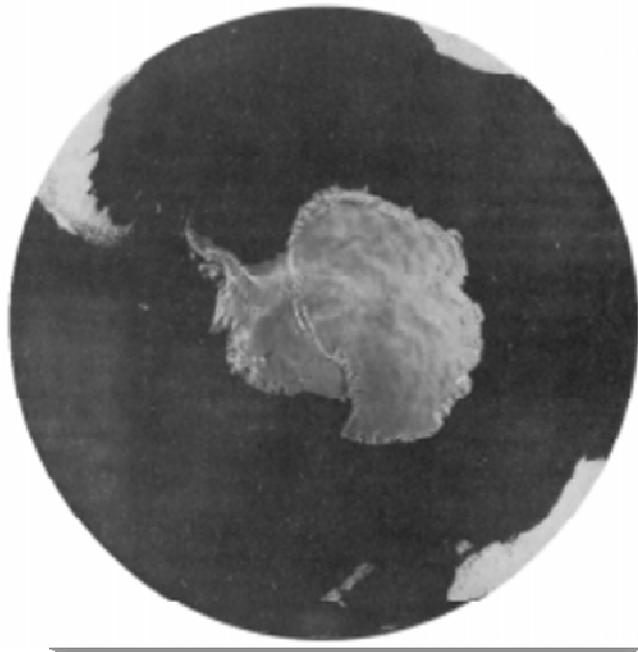


Figura 3: Região Polar Sul (Antártida). Fonte: MIGUENS, 2000

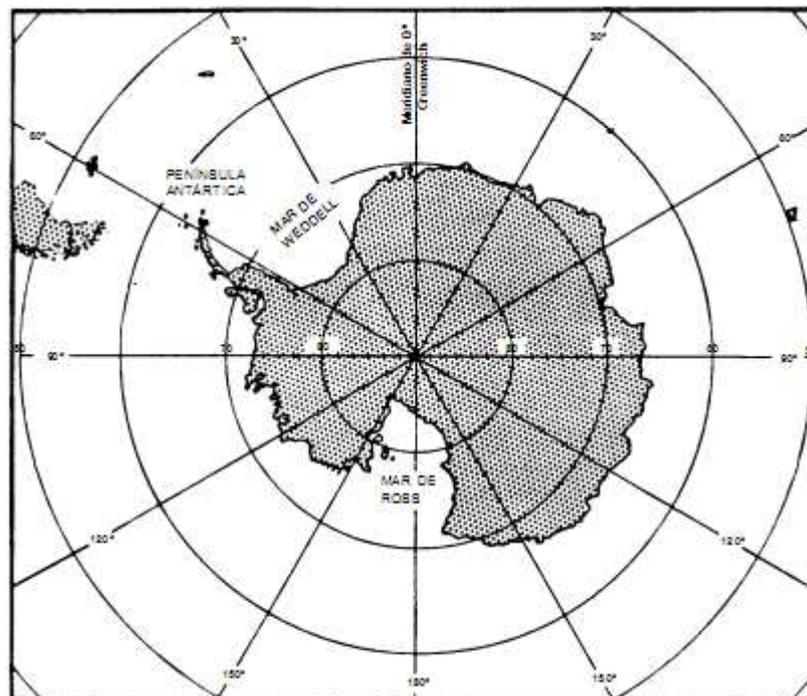


Figura 4: A Antártida. Fonte: MIGUENS, 2000

CAPÍTULO 2

A NAVEGAÇÃO NO GELO: SUAS PECULIARIDADES E DESAFIOS

2.1) O GELO E O NAVEGANTE

O gelo do mar tem suscitado um problema para o navegador desde a antiguidade. Durante uma viagem do Mediterrâneo até a Inglaterra e Noruega em algum momento entre 350aC e 300aC, Pytheas de Massalia avistou uma substância estranha que ele descreveu como "nem terra, nem ar, nem água" flutuando por sobre o mar do norte e cobrindo-o. Mar esse que mesmo durante o verão mal era iluminado pelo Sol. Pytheas nomeara esta região solitária de Thule, daí Última Thule (norte mais distante ou no fim da terra). Assim começou há mais de 20 séculos a exploração polar. (BOWDITCH, 2002)

O gelo é uma preocupação direta para o navegador, pois restringe e controla os movimentos de seu navio, por vezes, forçando frequentes mudanças de curso e velocidade. Tal elemento afeta a pilotagem ao alterar a aparência ou ao camuflar as características de marcos. Produz alterações na superfície do mar o que interfere nos retornos de radar. Segundo Lobo et al. (2007), a presença de gelo no mar também dificulta a entrada nos portos, além de dificultar também a navegação astronômica devido a valores anormais da refração.

Por causa da necessária preocupação direta com o gelo, o potencial navegante polar deve familiarizar-se com a natureza e a extensão da área a ser navegada. Além disso, livros, artigos e relatórios sobre navegações em regiões polares anteriores, operações e expedições ajudarão o navegante inexperiente a familiarizar-se com as condições únicas nas extremidades da Terra.

2.2) ALGUNS FATORES QUE AFETAM A NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

Navios que operam tanto no Ártico quanto em ambientes da Antártida estão expostos a uma série de riscos únicos, tais como: más condições meteorológicas e a relativa falta de bons gráficos; sistemas de comunicação e outras ajudas à navegação que colocam desafios para os marinheiros. O afastamento das áreas torna as operações de resgate ou operações de limpeza muito difíceis e caras.

As temperaturas frias podem reduzir a eficácia dos vários componentes do navio, que vão desde máquinas de convés e de equipamentos de emergência até o maquinário das operações de dragagem. A presença do gelo pode impor esforços adicionais ao casco, ao sistema de propulsão e aos apêndices.

As tempestades magnéticas centradas nas zonas de aurora perturbam as radiocomunicações e alteram os desvios das agulhas magnéticas, em virtude da fraca intensidade horizontal do campo magnético terrestre. O solo congelado das regiões polares é mau condutor, o que constitui outro fator que afeta adversamente a propagação das ondas de rádio, empregadas nos sistemas de radionavegação.

Tornou-se necessário, então, o desenvolvimento de técnicas especiais para adaptar a navegação às condições únicas das regiões polares. Estas condições são resultado, principalmente, de latitudes extremamente altas e fatores meteorológicos.

2.2.1) Efeitos de latitudes elevadas

De acordo com Altineu Pires Miguens, o raciocínio normal do navegante faz-se em termos do “mundo retangular” da Projeção de Mercator, na qual os meridianos são linhas verticais igualmente espaçadas, perpendiculares aos paralelos de latitude, representados por linhas horizontais (desigualmente espaçadas, em virtude das Latitudes crescidas). As direções (rumos e marcações) são medidas com relação aos meridianos. Os rumos são mantidos e as marcações

obtidas através do uso de agulhas náuticas, magnéticas ou giroscópicas. Uma linha reta na Carta de Mercator é uma loxodrômica, isto é, a linha de rumo usada normalmente para os propósitos da navegação. Os astros nascem no horizonte a leste, galgam sua altura máxima na passagem meridiana e se põem a oeste. Nesse seu movimento aparente, o Sol divide naturalmente o dia em dois períodos aproximadamente iguais, um de claridade e um de escuridão, separados por períodos de transição relativamente curtos, os crepúsculos (especialmente curtos nas regiões tropicais). As horas do dia são associadas ao movimento diário do Sol.

Nas regiões polares as condições são diferentes. Todos os meridianos convergem para os pólos, que são centros de uma série de círculos concêntricos, que constituem os paralelos de latitude. A rápida convergência dos meridianos torna o conceito normal de direção inadequado para alguns propósitos. Uma loxodrômica (linha de rumo) é uma curva que difere notavelmente de uma ortodrômica (arco de círculo máximo), inclusive para curtas distâncias. Até mesmo as marcações visuais não podem ser adequadamente representadas como loxodrômicas. No pólo Sul, todas as direções são norte. Dois observadores poderão estar ao sul um do outro, bastando, para isso, que o pólo Sul esteja entre eles.

No pólo, o Zênite e o pólo celeste coincidem. Desta forma, também coincidem o equador e o horizonte celeste, e a Declinação e a altura de um astro são iguais. Por isso, os astros só variam de altura com a variação de Declinação.

Assim, as estrelas movem-se no céu sem variação de altura. Os planetas nascem e se põem uma vez em cada período sideral (12 anos para Júpiter; 30 anos para Saturno). No pólo Sul, o Sol nasce a 23 de setembro, descreve vagarosamente uma espiral até uma altura máxima de cerca de $23^{\circ} 27'$, próximo de 21 de dezembro e, então, inicia uma espiral descendente para o horizonte, até cerca de 21 de março, quando desaparece por outros 6 meses. Os períodos de crepúsculos, que se seguem ao pôr-do-Sol e que precedem o seu nascer, duram diversas semanas. A Lua nasce e se põe cerca de uma vez a cada mês. Somente astros com Declinação Sul são visíveis do pólo Sul.

A longa noite polar não é totalmente escura. A Lua Cheia nesse período eleva-se relativamente alta no céu. A luz da “aurora australis” na Antártida é,

muitas vezes, bem brilhante, ocasionalmente excedendo até mesmo a da Lua Cheia. Mesmo os planetas e estrelas contribuem com uma apreciável quantidade de luz nessa área, onde a cobertura de neve proporciona uma excelente superfície refletora.

Todos os fusos horários, bem como todos os meridianos, convergem para os pólos. Assim, os conceitos de Hora Legal e Fusos Horários perdem seus significados normais, pois a hora do dia não tem relação direta com os períodos de claridade e escuridão ou com a altura do Sol. Desta forma, as estações científicas na Antártida mantêm a hora de seus países de origem ou a HMG (Hora Média de Greenwich).

2.2.2) Efeitos meteorológicos

As regiões polares são frias, mas a temperatura no mar não é tão extrema como em terra. Durante o verão antártico, a temperatura normalmente permanece acima do ponto de congelamento sobre o oceano. No interior do Continente Antártico, entretanto, poucos pontos têm registrado temperaturas acima de 0°C, sendo a parte mais fria do mundo.

Cerração e nebulosidade ocorrem com freqüência nas regiões polares, embora haja menos precipitações que em algumas regiões desérticas, pois o ar frio tem pequena capacidade de acumular umidade. O ar muito frio sobre o oceano aberto algumas vezes produz vaporização na superfície, podendo alcançar uma altura de centenas de pés. Este fenômeno é chamado de fumaça gelada ou fumaça do mar (“frost smoke” ou “sea smoke”). Quando não há cerração, nebulosidade ou “frost smoke”, a visibilidade é, normalmente, excelente. O som se propaga muito bem, de forma tal que, algumas vezes, pode ser ouvido a grandes distâncias.

Inversões de temperatura ou fortes discontinuidades no gradiente térmico produzem, às vezes, miragens e valores extremos de refração. Já houve ocasiões de o Sol nascer vários dias antes do esperado na primavera. Horizontes falsos não são raros.

Ventos fortes são comuns na Antártida e na região subantártida. A Antártida é, por isso, conhecida como a morada dos ventos (“home of the

blizzards”). O cinturão de água que circunda a Antártida é o mais tempestuoso do mundo, caracterizado como uma área de ventos fortes e mares bravios (ao contrário do Oceano Ártico, onde quase não são encontrados ventos fortes).

Nas regiões polares e subpolares, o principal perigo para os navios 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. Muitas áreas terrestres baixas permanecem livres de gelo ou neve no verão antártico. (MIGUENS, 2000)

Quando a neve mascara todos os acidentes de superfície e 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 contínua, sem interrupções. Nessa situação, pontos de terra não podem ser distinguidos e torna-se impossível estimar distâncias, pela absoluta falta de contraste. O fenômeno é chamado de branco total antártico (“antarctic white out”), sendo perigosíssimo para operações aéreas, principalmente para o voo de helicóptero (é como voar dentro de um copo de leite).

Na Antártida, as correntes marítimas podem ser fortes e a circulação geral ao largo é para leste, ou no sentido horário, em torno do continente. Próximo da costa, entretanto, uma corrente mais fraca, fluindo para oeste, ou no sentido anti-horário, pode ser encontrada. Além disso, há muitas correntes locais (figura 5).

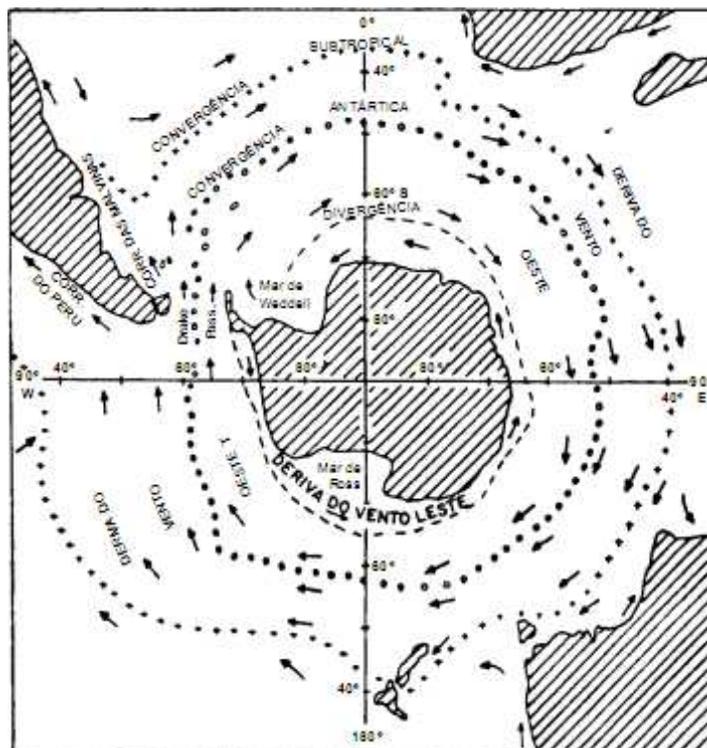


Figura 5: Circulação geral na Antártida e posição média das convergências Antártida e Subtropical. Fonte: MIGUENS, 2000

2.3) ALGUNS ASPECTOS QUE DEVEM SER ENTENDIDOS SOBRE NAVEGAÇÃO EM REGIÕES POLARES

2.3.1) Cartas Náuticas

O comandante está acostumado com as coordenadas retangulares na projeção Mercator. No Oceano Ártico, porém, ele tem que mudar para os gráficos polares modificados da projeção de Lambert. Nessa projeção, os meridianos irradiam para fora do pólo, e paralelos são círculos concêntricos, com seu centro comum no pólo. Nela, a projeção tem uma escala constante ao longo do gráfico inteiro com meridianos retos e representações em ângulo correto. Grandes linhas de círculo mostram-se como linhas retas. Outro problema é a escassez das cartas náuticas de grande escala, disponíveis para as regiões polares. O comandante pode não ser capaz de encontrar suas cartas de navegação nas diversas escalas das regiões polares que ele precisa ou então, encontrar as escalas em projeção Mercator. (ISLAND NAVIGATION, 2008)

2.3.2) Precisão das cartas náuticas

Gráficos das regiões polares são menos confiáveis do que os de outras regiões, porque relativamente pouco levantamento foi feito nas regiões polares e, conseqüentemente, poucas sondagens são mostradas em gráficos. Em muitos casos, o comandante pode ter que confiar em seu ecobatímetro. Além disso, os “icebergs” que se desprendem do Ártico no verão podem tornar os marcos imprevisíveis. (ISLAND NAVIGATION, 2008)

2.3.3) Auxílios disponíveis para a navegação

Os marcos naturais não podem ser mostrados no gráfico, ou pode ser difícil de identificá-los. O aparecimento de alguns marcos muda acentuadamente em diferentes condições de gelo. Quando a neve cobre o solo e também uma ampla camada de gelo marinho ligado a terra, até a linha da costa é difícil de localizar. (ISLAND NAVIGATION, 2008)

2.3.4) Medição de direção

A direção é medida em grande parte por uma bússola. A bússola magnética torna-se pouco confiável nas proximidades dos pólos magnéticos da Terra, e a agulha giroscópica torna-se pouco confiável na vizinhança dos pólos geográficos da Terra. Uma solução para o problema direcional em latitudes elevadas é a utilização de um giroscópio direcional, um dispositivo giroscópico que mantém o seu eixo numa direção definida, mas deve ser repostado em intervalos frequentes, tal como a cada 15 minutos, devido à deriva giroscópica. Infelizmente, giroscópios direcionais não são geralmente usados a bordo do navio. O comandante pode então utilizar a bússola celeste. É uma alternativa tediosa e morosa, pois o erro da bússola magnética ou giroscópica é determinado pela bússola azimute de um corpo celeste contra o azimute computadorizado do mesmo. As outras opções incluem a bússola sol ou céu bússola. A primeira indica a direção por meio de uma sombra lançada por um pino de sombra exposto ao sol. Esta última indica o sentido por meio do efeito de polarização da atmosfera da Terra com a luz solar.

2.3.5) Distância e direção no gelo

No Oceano Ártico gelado, a maioria dos registros são inoperantes ou imprecisos devido à presença do gelo na água. Os contadores de voltas do motor não indicam a velocidade exata do navio no dispositivo quando a passagem através do gelo está sendo muito forçada. Por outro lado, o curso e a velocidade ou a distância através da água podem ser determinados pelo seguimento de um “iceberg” ou alguma característica proeminente em algum bloco de gelo flutuante. No entanto, um erro pode ser introduzido por este método, uma vez que o efeito do vento e da corrente nesse gelo flutuante seja diferente do efeito no navio.

2.4) SUMÁRIO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS PARA A NAVEGAÇÃO NAS REGIÕES POLARES

O sumário que se segue apresenta as características mais relevantes e os principais problemas que afetam a navegação nas regiões polares e subpolares.

1. Altas Latitudes; 2. Rápida convergência dos meridianos (as noções de hora e longitude perdem sua correlação normal); 3. Movimento diurno dos astros quase horizontal; 4. Períodos prolongados de claridade, crepúsculos e semi-escuridão; 5. Temperaturas médias muito baixas; 6. Verões curtos e frios; invernos longos e rigorosos; 7. Sensação térmica elevada (“wind-chill factor”); 8. Razão de evaporação baixa; 9. Pouca precipitação; 10. Ar seco (umidade absoluta baixa); 11. Condições excelentes de propagação do som; 12. Cerração e nebulosidade intensas; 13. Períodos de excelente visibilidade; 14. Grande número e variedade de miragens; 15. Refração anormal e falsos horizontes; 16. Perigo constante de gelo no mar; 17. Áreas de gelo permanente marítimo e terrestre; 18. Áreas de solo permanentemente congelado; 19. Congelamento de parte do oceano; 20. Atividade auroral intensa; 21. Grandes áreas com fraca intensidade horizontal do campo magnético terrestre; 22. Tempestades magnéticas intensas; 23. Propagação incerta das ondas eletromagnéticas; 24. Ventos fortes e mares tempestuosos (na região antártida); 25. Tempestades de neve; 26. Cartas náuticas

não confiáveis; 27.Limitações da agulha giroscópica nas altas Latitudes; 28.Imprecisões da agulha magnética nas regiões polares; 29.Limitações da projeção de Mercator nas altas Latitudes; 30.Ausência de auxílios à navegação nas regiões polares. (MIGUENS, 2000)

CAPÍTULO 3

OS NAVIOS POLARES

3.1) ESPECIFICAÇÕES GERAIS DOS NAVIOS POLARES

Para os navios que operam em águas do Ártico cobertas de gelo, a Organização Marítima Mundial (IMO – International Maritime Organization) aprovou Diretrizes e Regras Gerais específicas, emitidas como MSC/Circ.1056/MEPC/Circ.399 em dezembro de 2002. Tais Diretrizes se destinam a disposições adicionais aos requisitos existentes na Convenção SOLAS, consideradas necessárias para esse peculiar tipo de navegação. As mesmas levam em conta as condições climáticas do Ártico e se propõem a atender normas adequadas à segurança marítima e à prevenção da poluição.

Nem todos os navios que entram no ambiente ártico são capazes de navegar com segurança em todas as áreas e em todas as épocas do ano. Um sistema de Classes Polares foi, portanto, desenvolvido para designar diferentes níveis de capacidade desses navios. Em paralelo com o desenvolvimento das Diretrizes, da Associação Internacional das Sociedades de Classificação (IACS) desenvolveu-se um conjunto de Requisitos Unificados que, além de regras gerais da sociedade de classificação, abordam todos os aspectos essenciais de construção de navios da classe Polar.

Enquanto isso, o Sub-Comitê de Ship Design e Equipamentos (DE), em sua 50^a sessão, em março de 2007, começou a trabalhar no desenvolvimento de alterações às Diretrizes para navios que operam nas águas do Ártico cobertas de gelo e então torná-las aplicáveis aos navios que operam na Antártida. Além da inclusão de disposições relativas à operação de navios na região da Antártida, foi acordado que as orientações também precisavam ser atualizadas, a fim de ter em registro a evolução técnica desde a sua aprovação em 2002, especialmente no que diz respeito à estabilidade em avaria, fundos duplos e transporte de poluentes nos espaços adjacentes ao casco exterior. A atualização também deve

considerar as particularidades do hemisfério sul em relação às questões ambientais e de controle do Estado do porto, deve levar em conta os Requisitos Unificados para navios polares e as regras de navegação no gelo finlandesas.

3.2) PECULIARIDADES QUE OS NAVIOS DEVEM APRESENTAR PARA PODEREM NAVEGAR EM REGIÕES POLARES

A Organização Marítima Internacional (IMO) propôs diretrizes a serem seguidas para que se minimizem os incidentes marítimos evitando, dessa forma, a perda de vidas humanas e propriedades durante operações de navios em águas cobertas de gelo. De acordo com IMO (2009) as diretrizes determinam que:

- Cada navio deverá transportar a bordo um manual operacional. O manual de instruções deve incluir as principais características do navio, as orientações sobre as operações normais e orientações para a gestão de riscos. Manuais de operação dos navios da Classe 'polares' devem incluir informações complementares para os perigos do gelo e temperaturas congelantes. Manuais de treinamento devem conter um resumo das orientações para os navios que operam em águas cobertas de gelo e informações sobre reconhecimento de gelo, a navegação em águas congeladas e as operações de escolta.
- A bordo deverá haver instruções sobre procedimentos a serem adotados em caso de evacuação do navio, de incêndio e em caso de danos aos aparelhos e sistemas de controle. Além de incluir procedimentos necessários para situações de emergência em águas cobertas de gelo. As situações de evacuação devem abranger cenários como abandono em água, abandono em gelo ou a combinação dos dois. Exercícios de combate a incêndios e danos devem ter uma ênfase nas áreas em que o procedimento padrão foi alterado devido a operações em águas cobertas de gelo e temperaturas baixas. O comandante deve garantir que os equipamentos de proteção individual e kits de sobrevivência em grupo estejam disponíveis, em pleno funcionamento e prontos para uso imediato. Os kits de sobrevivência do grupo devem ser inspecionados anualmente no início de cada temporada operacional.

- Nos navios que viajam em águas cobertas de gelo, todos os oficiais e tripulantes devem ser familiarizados com a sobrevivência no frio. Tanto os oficiais de náutica quanto os de máquinas devem estar treinados para operações em águas cobertas por gelo.
- Adequação do número de kits e equipamentos de primeiros socorros, com conteúdos apropriados para climas frios.

3.3) PREPARAÇÃO DO NAVIO

3.3.1) Hélices – em virtude de sua posição, protuberante e saliente em relação ao casco, os hélices são muito vulneráveis a avarias por choque com gelo. Além de serem pouco preparados para resistirem ao choque de objetos sólidos, a rotação dos hélices aumenta a força de qualquer impacto com o gelo, o que acarretará, provavelmente, avarias de todas as pás quando uma peça de gelo entra no arco do hélice. Os hélices convencionais, construídos de bronze, de força de tensão relativamente baixa, podem ser deformados muito facilmente. As moedas e fraturas resultantes são problemáticas, pois causam um desbalanceamento das forças laterais do hélice (sintoma: vibração), que pode resultar em avarias nos mancais e desalinhamentos do eixo. Hélices de aço fundido (“cast steel propellers”) são muito melhores para navios operando no gelo, porque suas pás mais fortes resistem mais aos impactos com gelo. Entretanto, antes de serem instalados num navio deve ser determinado se ainda persistirá uma “margem de segurança”, isto é, os hélices não devem ser tão fortes que, quando uma peça de gelo muito pesada se choque com suas pás, vá causar avarias no eixo propulsor ou na engrenagem redutora. Um navio de um hélice oferece mais proteção que um navio de dois hélices, devido à localização do hélice na linha de centro, atrás e por baixo do casco do navio. Outro material indicado para os hélices é bronze endurecido com manganês (“manganese hardened bronze” – bronze de alta força de tensão). Hélices sobressalentes devem ser levados a bordo. Se os hélices são construídos com pás separadas, deve-se assegurar que todas as pás sejam

intercambiáveis e que tenham sido balanceadas anteriormente. Os planos de docagem devem ser levados a bordo, para o caso de se tornar necessário docar para trocar um hélice. É recomendado o uso de hélices protegidos ou a instalação de proteção para os hélices (aletas defletoras, gaiola de metal ou tubo Kort). (MIGUENS, 2000)

3.3.2) Lemes – um conjunto de lemes reserva ou um leme de emergência deve ser levado a bordo e estar pronto para uso no caso de avaria dos lemes por impacto de gelo. Para prevenir a perda dos lemes, caso eles sejam “degolados” por choque com o gelo, deve ser instalado um fiel para cada leme, constituído por uma seção de amarra pendente da popa e presa na saia do leme. Em navios pequenos, um sistema de gualdropes de cabo de aço pode ser instalado em cada bordo, da popa até a parte de ré dos lemes, para permitir o governo em emergência (através de talhas e cadernais), se o sistema de governo do navio ficar avariado. É recomendável o uso de uma faca de gelo (“ice knife”), que consiste de uma projeção de metal na parte de ré do leme, que o protege do impacto com o gelo quando o navio está dando máquinas atrás.

3.3.3) Válvulas, tanques e outros acessórios – deve-se inspecionar todas as aberturas abaixo da linha-d’água (“underwater openings”) enquanto o navio está no dique, antes da operação, assegurando-se de que todas estão desobstruídas e que as válvulas trabalham eficientemente. Então, é necessário remover-se todas as projeções externas que possam ser avariadas por gelo. Deve-se testar todos os tanques (óleo combustível, aguada, lastro, etc.) para verificar se há vazamentos. Os porões devem ser totalmente limpos, para evitar avarias nas bombas (entupimentos por detritos ou partículas de gelo). Durante a viagem, todos os espaços (porões, “cofferdams”) que devem estar secos, têm que ser, realmente, mantidos nesta condição. É preciso verificar se existem ralos nas válvulas de fundo. Se houver, devem ser limpos e desobstruídos. Se não houver, devem ser instalados.

3.3.4) Material suplementar de controle de avarias (CAV) – deve-se levar para bordo material para tamponamento, bujonamento, escoramento e outros materiais para fazer reparos temporários de furos e vazamentos. Este material

consiste de toras de madeira, escoras, pranchões e pedaços de chapa de várias formas e tamanhos, para remendos ocasionais. Ademais, faz-se necessário levar também uma quantidade grande de grampos, parafusos, porcas e arruelas de vários tamanhos, lona, cimento de secagem rápida e outros materiais de controle de avarias. Para facilitar, o material de CAV deve ser armazenado próximo do local onde se espera ser necessário o seu uso. Um tamponamento efetivo pode ser feito primeiro controlando o vazamento e, então, reforçando o local com cimento (através de uma moldura de madeira) e mantendo em posição por meio de escoramento. Deve-se reforçar todos os reparos e remendos com peças cruzadas, além de incluir entre o material de CAV equipamento de corte e solda, acetileno e eletrodos. Torna-se de extrema utilidade drenar toda a água da rede de incêndio, para evitar o congelamento, especialmente das tomadas e seções de rede em convés aberto. É importante, também, providenciar material adequado para remover acumulações de gelo e neve dos convéses abertos: marretas de madeira, vassouras, pás, picaretas, raspadeiras e espátulas.

3.3.5) Carga, material de rancho, itens de vestuário, remédios – nenhuma carga deve ser estivada contra o costado do navio nos porões. Devem ser arrumadas de forma a deixar acesso livre a ambos os bordos, para o caso de haver avarias ou furos e vazamentos no costado. O rancho deve ser aumentado de 50% acima dos requisitos normais. Além dos medicamentos padrões, deve ser levado, também, um estoque de vitaminas e manteiga de cacau (para lábios ressecados). Todo o pessoal deverá dispor de óculos escuros, itens de vestuário, calçados e agasalhos adequados.

3.3.6) Baterias, oxigênio, acetileno e outros gases engarrafados – as baterias têm que estar sempre totalmente carregadas, com uma solução 25% mais forte que o normal, para evitar que o eletrólito congele nas baterias guardadas. Garrafas de oxigênio, acetileno e outros gases devem ser armazenados em locais protegidos, pois, se ficarem do lado de fora, uma grande porcentagem do volume será perdida.

3.3.7) Quadros elétricos – devem ser protegidos do frio e da água, para evitar condensação ou penetração de água nos elementos expostos do quadro.

3.3.8) Balsas salva-vidas e coletes – deve-se carregar balsas salva-vidas e coletes para 100% da tripulação em cada bordo do navio. Esta medida de segurança é essencial, pois o navio pode chocar-se contra um bloco de gelo e ficar impossibilitado de as balsas e coletes salva-vidas de um dos bordos serem utilizados, sendo necessário dispor desses recursos para toda tripulação no bordo oposto.

3.3.9) Embarcações auxiliares – os motores das embarcações auxiliares devem ser preferivelmente refrigerados a ar ou refrigerados por um sistema fechado, para evitar congelamento. Os hélices devem ser protegidos por aletas defletoras ou gaiola de metal. As embarcações devem ser providas de croques longos, para afastar o gelo do caminho e de pistola “very”, caixa de primeiros socorros e kit de reparo. Deve ser posta uma solução “anti-freezing”, como o etileno glicol, em todos os MCI (motores de combustão interna).

3.3.10) Tanques de aguada – tanques de aguada expostos ou adjacentes ao costado do navio não devem conter mais de 75% de sua capacidade total (para permitir a expansão, se houver congelamento da água no interior do tanque). Deve-se equipar estes tanques com resistências para aquecimento, se possível.

3.3.11) Equipamentos de convés – todas as espias devem ser guardadas secas, sob cobertura e em locais abrigados, até serem necessárias para uso. Se a maquinária e os equipamentos de convés estiverem cobertos por capas de lona, estas devem ser removidas frequentemente para que os equipamentos sejam inspecionados e o gelo ou neve acumulados sejam removidos. É preciso certificar-se que o equipamento está pronto para operar num mínimo de tempo. Deve ser previsto um tempo de aquecimento para qualquer equipamento, antes de funcionar com carga. É preciso que seja removido todo o gelo acumulado nos convéses superiores do navio. Além de perigosos para o trânsito da tripulação, eles representam peso alto e, assim, diminuem a estabilidade do navio. A melhor precaução é não permitir a acumulação do gelo. Na remoção de gelo com marretas de madeira, pás, raspadeiras e espátulas, deve-se ter cuidado para não avariar os equipamentos ou a superfície metálica que está por baixo. Cuidado

especial deve ser tomado na remoção de gelo em cabos elétricos e outros mecanismos. (MIGUENS, 2000)

CAPÍTULO 4

DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO

4.1) AGULHAS NÁUTICAS

4.1.1) Agulha Magnética

A componente horizontal do campo magnético terrestre é a responsável pela orientação da Agulha Magnética. Seu valor é máximo no equador magnético, diminui à medida que a Latitude magnética aumenta e torna-se nulo nos pólos magnéticos. Como os pólos magnéticos situam-se relativamente próximos dos pólos geográficos, o desempenho da Agulha Magnética fica prejudicado nas altas Latitudes, isto é, nas regiões polares.

A partir da Latitude de 60°, a Agulha Magnética deve ser mantida sob vigilância constante, pois sua confiabilidade torna-se algo errática e seus erros podem variar rapidamente. Devem ser feitas verificações freqüentes, por azimutes de astros ou qualquer outro método disponível. Um registro cuidadoso das comparações e observações efetuadas é útil na previsão da confiabilidade futura da Agulha.

Os pólos magnéticos da Terra se deslocam, participando das variações normais diurnas, anuais e seculares do campo magnético terrestre, assim como das variações erráticas causadas por tempestades magnéticas. Por causa dos movimentos dos pólos, eles são considerados mais como áreas do que propriamente como pontos. O movimento contínuo dos pólos magnéticos contribui para as grandes variações diurnas da declinação magnética nas altas Latitudes. Alterações de até 10° já foram observadas.

As medidas do campo magnético da Terra nas regiões polares não são freqüentes, nem numerosas. As linhas isogônicas nessas áreas aproximam-se umas das outras, resultando numa rápida mudança da declinação em curtas distâncias, em determinadas direções. Além disso, o traçado das isogônicas é

imperfeito. Como resultado, a declinação magnética informada nas Cartas Náuticas das regiões polares não tem a mesma ordem de precisão que nos outros lugares. Além disso, várias anomalias magnéticas severas já foram localizadas nas áreas polares e outras, ainda desconhecidas, podem existir.

No que se refere aos desvios da Agulha, estes são afetados pelo decréscimo da intensidade horizontal e pelas tempestades magnéticas que ocorrem nas proximidades dos pólos magnéticos.

Qualquer influência magnética residual sobre a Agulha, que reste após a compensação (que raramente é perfeita), exerce um efeito muito maior à medida que a força que orienta a Agulha diminui. Não é raro que os desvios residuais aumentem de 10 a 20 vezes nas áreas polares.

Outro efeito da redução da intensidade horizontal do campo magnético terrestre, que orienta a agulha, é a maior influência dos erros devidos ao atrito. Isto, combinado com um aumento no período de oscilação, resulta numa grande morosidade da Agulha no seu retorno ao rumo correto após uma perturbação.

Por esta razão, a Agulha apresenta um melhor desempenho em mar calmo e livre de gelo, comparando com uma área infestada de gelo, onde o seu equilíbrio é frequentemente perturbado pelo impacto do navio contra blocos de gelo.

Além disso, as tempestades magnéticas afetam tanto o magnetismo do navio como o campo magnético da Terra. Alterações de até 45° no desvio da Agulha já foram reportadas durante tempestades magnéticas severas, embora seja possível que tais variações exageradas possam ser uma combinação de mudanças no desvio e na declinação magnética.

Num sentido muito geral, a Agulha Magnética pode ser considerada de confiabilidade reduzida quando a intensidade horizontal do campo magnético terrestre é menor que 0,09 Oersted; errática quando a intensidade horizontal é menor que 0,06 Oersted e inútil quando o campo é menor que 0,03 Oersted. A extensão dessas áreas em torno do pólo sul magnético (localizado aproximadamente na Latitude 68° S, Longitude 139° E) é mostrada na Carta nº 33 da NIMA (National Imagery and Mapping Agency). A extensão dessas áreas em torno do pólo norte magnético é mostrada na figura 6.

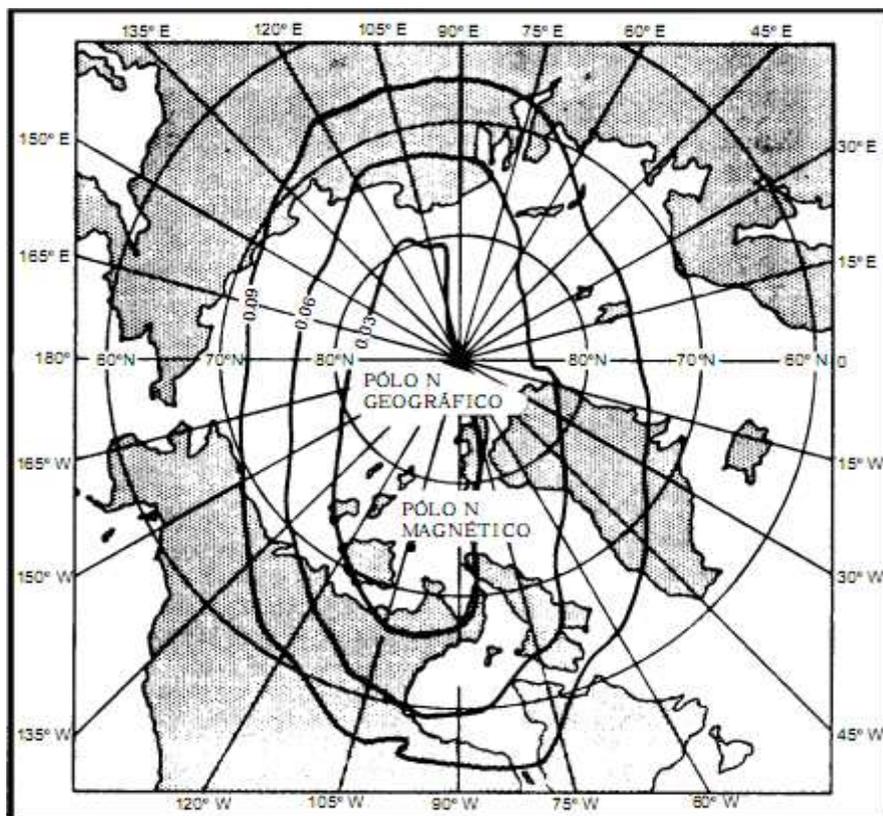


Figura 6: Áreas onde uma agulha magnética é de confiabilidade reduzida, errática e inútil no Ártico. Fonte: MIGUENS, 2000

Apesar da mistura água/álcool no líquido da Agulha Magnética, há perigo de congelamento quando a Agulha é submetida a temperaturas extremamente baixas. Uma medida que normalmente resolve este problema, provendo calor suficiente para evitar o congelamento do líquido, é manter a luz da Agulha permanentemente acesa.

Uma precaução importante é realizar a compensação ou, pelo menos, o regulamento da Agulha Magnética em uma Latitude elevada, já nas proximidades da região polar.

A despeito de suas várias limitações, a Agulha Magnética é um instrumento de grande valor na maior parte das regiões polares, onde a Agulha Giroscópica é, também, bastante afetada. Utilizada com cuidado, submetida a verificações freqüentes e com um registro detalhado do comportamento prévio

em situações semelhantes, o navegante pode obter bom proveito da Agulha Magnética nas altas Latitudes.

As bússolas de fluxo magnético (“flux gate compass”), um desenvolvimento recente das Agulhas Magnéticas, não se orientam pela intensidade horizontal do campo magnético terrestre. Ao invés da rosa circular com um conjunto de ímãs, apoiada no seu centro e livre de girar, existente nas agulhas convencionais, as agulhas de fluxo magnético utilizam um sensor eletrônico estacionário mantido cobertas abaixo, alinhado com a quilha do navio (eixo longitudinal). Este sensor detecta as mudanças de direção do navio com relação ao campo magnético terrestre e envia informações (centenas de leituras por segundo) para um computador, que calcula continuamente as médias das leituras e apresenta valores precisos e estáveis do rumo magnético. As agulhas de fluxo magnético sofrem menos os efeitos das altas latitudes, em comparação com as Agulhas Magnéticas convencionais. (MIGUENS, 2000)

4.1.2) Agulha Giroscópica

A Agulha Giroscópica depende, para sua operação, da rotação da Terra em torno do seu eixo. Sua força máxima de orientação ocorre no Equador, onde o eixo do giroscópio é paralelo ao eixo da Terra. À medida que a Latitude aumenta, o ângulo entre estes dois eixos cresce. Nos pólos geográficos, a Agulha Giroscópica não possui força diretiva.

A Agulha Giroscópica é, normalmente, confiável até a Latitude de 70°. Em Latitudes mais altas, os efeitos perturbadores de imperfeições na Agulha ou no seu ajuste tornam-se muito maiores. O ajuste de Latitude torna-se crítico. O erro de velocidade aumenta à medida que a velocidade do navio aproxima-se da velocidade tangencial da Terra. O erro de deflexão balística torna-se grande e a Agulha responde lentamente às forças de correção. As alterações freqüentes de rumo e velocidade, muitas vezes necessárias quando se navega em área com gelo, introduzem erros que só são corrigidos muito lentamente. O impacto do navio contra blocos de gelo deflete a Giro, que não retorna rapidamente à leitura correta.

O desvio aumenta e torna-se mais errático conforme o navio alcança Latitudes maiores. Em Latitudes de 75° a 80°, as Agulhas Giroscópicas, em sua maioria, apresentam grandes erros. Desvios de até 27° foram observados em Latitudes maiores que 82°. A Giro torna-se inútil na Latitude de cerca de 85° (que não é alcançada por navios na Antártida). Assim, o desvio da Agulha Giroscópica deve ser freqüentemente determinado e monitorado em Latitudes de 70° ou maiores (a cada 4 horas, pelo menos), por meio de Azimute dos astros visíveis. Além disso, os ajustes de Latitude e velocidade devem ser feitos com o maior cuidado possível.

A maioria das Agulhas Giroscópicas não possui ajustagem para o corretor de Latitude acima de 70°. Além deste valor, a correção pode ser feita por dois métodos: ajustar os corretores de Latitude e de velocidade em zero e aplicar uma correção ao rumo, obtida de uma tábua ou diagrama fornecido pelo fabricante da Giro, ou usar uma ajustagem equivalente para Latitude e velocidade. Ambos os métodos são geralmente satisfatórios, embora o segundo seja considerado superior, porque corrige, pelo menos parcialmente, os erros introduzidos por mudanças de rumo.

4.2) RADAR

Nas regiões polares, as condições de visibilidade restrita e longos períodos de escuridão reduzem a eficácia das observações visuais e da navegação astronômica, e como outros auxílios à navegação não são geralmente disponíveis, o radar é de grande valor. Entretanto, o uso do radar em regiões polares apresenta certas limitações:

– **Neve:** A queda de neve atenua as ondas radar, provocando redução do alcance de detecção. Outro aspecto muito prejudicial da neve é que cobre todos os alvos, mascarando os ecos. Essa cobertura de neve deforma os alvos, que já não poderão ser identificados facilmente. Embora a onda radar penetre na neve, ela sofre muita atenuação devido à absorção de energia pelos cristais de gelo e, assim, os ecos que retornam são fracos. O resultado desses dois fatores é uma

apresentação indefinida dos alvos na tela do radar. Às vezes a queda de neve é detectada com um radar de 3 cm (banda X), mas não com um que opere na faixa de 10 cm (banda S).

– **Nevoeiro ou cerração:** Nevoeiro é a presença em suspensão de minúsculas partículas de água ou de gelo junto à superfície. Mas, só quando estas partículas em suspensão diminuírem a visibilidade para 1 quilômetro (0,54 milha náutica), é que o fenômeno tem o nome de nevoeiro. Se a visibilidade for maior que 1 quilômetro, o nome correto é neblina. Contudo, a bordo, também é comum a palavra cerração para ambos os fenômenos, falando-se em cerração leve, moderada ou cerração fechada. O nevoeiro também não se faz apresentar na tela do radar, salvo em casos especiais de nevoeiros muito densos. Mas as gotículas de água ou de gelo em suspensão absorvem energia da onda, de maneira que o alcance radar fica reduzido. Um nevoeiro pesado, ou seja, aquele que restringe a visibilidade para 100 metros ou menos, reduz o alcance radar para 60% de seu alcance normal. Com radar de 3 cm poderão ser detectados bancos de nevoeiros pesados, de grande densidade. Pode-se afirmar que, em qualquer tipo de precipitação, seja chuva, granizo ou neve, e mesmo no caso de nuvens, nevoeiro, neblina ou smog, um radar de 10 cm (banda S) será menos afetado que um de 3 cm (banda X).

– **Gelo:** O radar pode ser de grande valia indicando a presença de gelo em baixa visibilidade ou período de escuridão. Porém, também pode produzir um falso sentimento de segurança, especialmente se suas limitações não forem apreciadas ou se não for usado adequadamente. Inúmeros exemplos têm sido coletados sobre formações de gelo que não puderam ser detectadas pelo radar, mas que eram suficientemente grandes para causar avarias em um navio. Quando se navega nas proximidades de gelo, especialmente em condições de visibilidade restrita, recomenda-se empregar as escalas de 6 e 12 milhas, por serem as mais apropriadas para proporcionar alarme antecipado da presença deste perigo. Assim, ter-se-á tempo suficiente para tomar as ações evasivas correspondentes. Devido ao fato de que os gelos detectados pelo radar podem desaparecer posteriormente da tela, pelos efeitos do retorno do mar, deve-se manter uma plotagem geográfica de seus ecos, o que, por sua vez, também pode ser útil para

distinguir entre gelos flutuantes, encalhados ou presos à terra, e ecos provenientes de outros navios. Esta plotagem permitirá determinar um rumo seguro para navegar. Se um eco for classificado como um “berg”, deverá ser dado ao navio bastante espaço para manobrar, de maneira que se evitem quaisquer destroços que se tenham separado do bloco principal. Por outro lado, se os contactos são avaliados como “growlers” (rugidores), isto é, destroços flutuantes de gelo, isto significa que, provavelmente, em suas imediações existe um “iceberg”.

– **“Icebergs”**: Os “icebergs” (blocos de gelo de água doce) geralmente são detectados pelo radar em distâncias que permitem tempo suficiente para ações evasivas. Essas distâncias dependerão de suas dimensões. Os “icebergs” do Ártico apresentam, em geral, superfícies cortadas e facetadas (são “icebergs” provenientes de geleiras ou glaciár), que proporcionam bons ecos de retorno. Os “icebergs” tabulares, comuns na Antártida, tendo tope plano e paredes laterais quase verticais, que podem se elevar a mais de 30 metros acima da superfície do mar, também constituem bons alvos-radar, sendo normalmente detectados com tempo suficiente para manobrar a fim de deixá-los safos. Grandes “icebergs” podem ser detectados em distâncias da ordem de 15 milhas com mar calmo, embora a intensidade de seus ecos seja somente 1/60 da intensidade dos ecos que seriam produzidos por um alvo de aço de tamanho equivalente. “icebergs” menores são detectados a cerca de 6 a 12 milhas. Os “icebergs” tendem a aparecer como ecos individuais no radar, podendo haver uma grande variação quanto ao aspecto e à intensidade desses ecos. Quando o retorno do mar está presente, um judicioso uso dos circuitos especiais de GANHO, “ANTI-CLUTTERAIN” e “ANTI-CLUTTER SEA” poderá ajudar a reduzir a reverberação, de forma que os ecos possam ser acompanhados em pequenas distâncias.

– **“Bergy Bits”**: “Bergy bits” são pedaços quebrados de “icebergs”, isto é, pedaços de gelo de glaciár (de origem terrestre) ou pedaços de gelo marinho amontoado (“floeberg” ou “hummockice”), aproximadamente do tamanho de uma casa, com 3 a 4 metros de altura. Os “bergybits” normalmente não são detectados pelo radar a distâncias maiores que 3 milhas. Devido a seus ecos

relativamente fracos e que podem se perder no retorno do mar, essas formações de gelo representam um grande perigo à navegação.

– **“Growlers” (Rugidores):** Os “growlers” (rugidores) são pedaços de gelo pequenos, menores que um “bergybit”, com alturas de 0,6 a 1,8 m e que apenas sobressaem da superfície do mar. Normalmente têm coloração esverdeada ou são escuros, razão pela qual dificilmente são avistados. Sua altura sobre a água, em geral, é menor que 1 m, mas ocultam por baixo da superfície várias toneladas de gelo sumamente duro. É o pior inimigo dos navegantes dos mares antárticos, sendo de difícil detecção pelo radar. Geralmente, são pedaços de “icebergs” ou de gelo terrestre provenientes de um glaciar e crepitam (rugem) com frequência. Os “growlers” são reconhecidos como as formações de gelo mais perigosas que podem ser encontradas. São muito difíceis de se detectar no radar, principalmente quando têm pequena altura e quando a ação das ondas os tenham moldado de uma forma arredondada e lisa. Estes tipos de gelo aparecem mais nas proximidades dos grandes “icebergs” que em qualquer outra área. Tem sido observado que menos da metade dos “growlers” que se avistam são efetivamente detectados pelo radar, e que todas as detecções são obtidas fora da região de reverberação do mar, ou em águas calmas. Um judicioso uso dos controles “ANTI-CLUTTER”, LARGURA DE PULSO e GANHO pode ajudar a detecção e o acompanhamento dos mesmos. Com mar agitado e com um retorno do mar que se estenda até mais de 1 milha do próprio navio na tela do radar, estes derrelitos podem produzir avarias graves no navio. Com mar calmo, os “growlers” podem ser detectados pelo radar a cerca de 2 milhas.

– **Flocos de gelo (“ice floes”):** Os flocos de gelo (“ice floes”), formados pelo congelamento de água salgada, são, em geral, muito baixos (altura máxima de 2 metros) e constituem um alvo radar extremamente ruim, sendo de difícil detecção, principalmente com mar agitado, quando o “clutter” do mar pode mascarar por completo ecos de pedaços de gelo perigosos à navegação. Com mar calmo, esse tipo de gelo normalmente não é detectado em distâncias maiores que 2 milhas. Assim, embora o radar constitua um auxílio muito importante para a navegação em presença de gelo (para a detecção de “icebergs” e blocos de gelo de maiores dimensões), a busca radar deve ser complementada por uma

vigilância visual constante, pois esta é insubstituível para a detecção de flocos de gelo e “growlers” perigosos à navegação.

– **Campos de gelo (“field ice” ou “pack ice”):** Com o “field ice” ou “pack ice” a apresentação do radar é semelhante à de uma tela com reverberação do mar, porém estacionária, e qualquer grande área de água livre, tal qual uma rota ou passagem, pode ser distinguida. É oportuno notar que massas de gelo flutuante cobertas de neve não produzirão ecos tão bons quanto aquelas cobertas com uma forte capa de gelo. Além disso, quando usando o radar em áreas polares deve ser lembrado que a aparência da linha de costa pode ser totalmente alterada devido à espessa cobertura de gelo e neve, à presença de “icebergs” encalhados na costa, ou gelo preso à terra (“fast ice”). Quando um grande campo de gelo (“pack ice”) estende-se para o largo a partir do litoral, a localização da linha de costa pelo radar é extremamente difícil. Ademais, a falta de detalhes precisos nas Cartas Náuticas das regiões polares dificulta a identificação de acidentes e pontos a serem utilizados para determinação da posição. Tal como ocorre com as marcações visuais, as marcações radar obtidas nas regiões polares necessitam de correção para a convergência dos meridianos, exceto quando os objetos observados estão muito próximos do navio. Há navios (especialmente os quebra-gelos) que, além dos radares de pulsos normalmente utilizados em navegação, possuem também um radar doppler (do tipo empregado em vigilância rodoviária) para determinar a velocidade relativa de aproximação de “icebergs” e outros blocos de gelo.

4.3) ECOBATÍMETRO

O ecobatímetro é extremamente útil e deve ser operado continuamente nas altas Latitudes. As sondagens são tão importantes nas regiões polares que um ecobatímetro operando permanentemente torna-se indispensável para a segurança da navegação.

É de boa prática dispor de pelo menos dois ecobatímetros, do tipo equipado com registrador e tendo uma grande flexibilidade de alcance. Como

vimos, poucas partes das áreas polares apresentam sondagens suficientes para permitir uma navegação segura e uma adequada representação da configuração do fundo nas Cartas Náuticas. Assim, uma vigilância constante da indicação do ecobatímetro é imprescindível, para assinalar a presença de perigos e altos fundos não cartografados.

Se um navio ficar preso, perdendo o governo e passando a derivar com o gelo, pode surgir o perigo de encalhe, se o gelo mover-se em direção a águas rasas. Assim, mesmo com o navio aprisionado, é importante manter o ecobatímetro operando.

4.4) SISTEMAS ELETRÔNICOS DE NAVEGAÇÃO

4.4.1) Radiogoniômetro: O radiogoniômetro é útil, embora existam poucos Radiofaróis na Antártida. Um dos principais usos do Radiogoniômetro nas regiões polares é no auxílio à localização de outros navios, para “rendez-vous”, salvamento ou outros propósitos. Isto é particularmente verdadeiro numa área com muitos “icebergs”, onde pode ser difícil distinguir no radar entre ecos de navios e de blocos de gelo. O “homing” com o radiogoniômetro constitui, assim, uma técnica de grande utilidade nas áreas polares. (MIGUENS,2001)

4.4.2) Sistemas de Navegação por Satélite: O Sistema de Posicionamento Global por Satélite (NAVSTAR/GPS – “NAVIGATION SYSTEM BY TIME AND RANGING/GLOBAL POSITIONING SYSTEM”) provê uma cobertura e uma precisão excelentes nas regiões polares.

4.4.3) Sistema de Navegação Inercial: Os modelos iniciais do SINS (“SHIP’S INERTIAL NAVIGATION SYSTEM”) tinham alguma limitação para operar em Latitudes muito elevadas. Apesar da indicação de Latitudes não ser afetada nas regiões polares, o erro de rumo (e de Longitude) do SINS, que varia com a secante da Latitude, começava a crescer muito, quando acima da Latitude de 75°, tornando-se progressivamente maior conforme a Latitude aumentava, até que atingia um limite quando a quantidade de torque requerida para aplicação no

sistema giroscópico tornava-se excessivamente grande. No entanto, os modelos atuais do SINS têm completa capacidade de operação nas regiões polares.

4.5) OUTROS SISTEMAS

4.5.1) Sonar: Os navios que possuem Sonar podem utilizá-lo na detecção de gelo, principalmente “growlers”. Como até 7/8 do gelo pode estar submerso, sua presença pode, por vezes, ser detectada pelo sonar, mesmo quando não indicada pelo radar ou observação visual.

4.6) PRECAUÇÃO ESPECIAL COM AS ANTENAS

Todas as antenas dos equipamentos e sistemas eletrônicos de navegação, assim como as antenas dos equipamentos de comunicações, devem ser preparadas para mau tempo e clima frio.

Antes da viagem, as antenas, suas bases e seus suportes devem ser cuidadosamente inspecionados, verificando-se a existência de pontos de corrosão ou desgaste. Não é raro ocorrer, nas condições de vento forte, mar agitado e tempo inclemente da Antártida, a queda e avaria de antenas de equipamentos vitais.

CAPÍTULO 5

OBSERVAÇÕES VISUAIS

5.1) ASPECTOS GERAIS

As marcações visuais são úteis na Antártida, mas têm limitações. Quando são marcados mais de dois objetos, as marcações podem não se cruzar em um ponto, pois os objetos visados podem não estar corretamente representados na carta (na posição relativa correta entre eles). Até mesmo uma posição resultante de um bom cruzamento de marcações pode apresentar um erro considerável nas suas coordenadas geográficas, se todos os objetos marcados estão representados na carta na relação correta entre eles, mas com erro nas suas coordenadas. Entretanto, em águas restritas é, normalmente, mais importante conhecer a posição do navio em relação aos acidentes e perigos vizinhos, do que, realmente, os valores corretos de sua Latitude e Longitude.

Quando se determinar uma posição com relação a pontos de terra próximos, é de boa prática usá-la para auxiliar na identificação e localização de algum ponto notável situado a distância considerável avante, de modo que tal ponto possa, por sua vez, ser usado na determinação de posições futuras.

Em regiões polares, não é raro obter marcações de objetos situados a distâncias consideráveis do navio. Por causa da rápida convergência dos meridianos nessas áreas, tais marcações não podem ser corretamente representadas por linhas retas em uma Carta de Mercator, devendo ser corrigidas da mesma maneira que as marcações radiogoniométricas, para transformar um arco de círculo máximo (ortodromia) em uma loxodromia (para traçado na Carta Náutica). Quando a carta é construída na Projeção Conforme de Lambert ou na Projeção Polar Estereográfica, não é necessária qualquer correção, pois os círculos máximos são representados por linhas retas.

5.2) FATORES QUE AFETAM AS OBSERVAÇÕES VISUAIS NA ANTÁRTIDA

As observações visuais na Antártida são afetadas por fenômenos óticos causados por refração, difração e reflexão da luz.

Quase não existem poeiras ou partículas sólidas em suspensão no ar da Antártida e os ventos predominantes soprando do continente gelado têm pequeno teor de umidade. Como consequência, a visibilidade é, normalmente, muito boa, às vezes excepcional, um fato que, se não apreciado corretamente, pode conduzir o observador a sérios erros quando estimando distâncias. Um objeto julgado estar a 5 milhas de distância pode estar, na realidade, a 30 milhas. Montanhas já foram avistadas a 300 milhas. (MIGUENS,2001)

A refração (curvatura dos raios luminosos na sua trajetória através da atmosfera) está relacionada a vários fenômenos óticos na Antártida. Sempre que o ar frio da superfície é superposto por uma inversão de temperatura pronunciada na clara atmosfera antártida, a curvatura para baixo dos raios luminosos se acentua e o contorno de objetos distantes é alterado pela refração, observando-se os seguintes fenômenos:

- **Elevação (“looming”)**: objetos parecem ser elevados acima de sua posição verdadeira, aparentando estar mais próximos do observador. Objetos abaixo do horizonte são elevados, tornando-se visíveis, com uma forma distorcida e exagerada;
- **Agigantamento (“towering”)**: quando, em acréscimo à elevação, há um alongamento vertical da imagem;
- **Miragem superior (“superior mirage”)**: ocorre quando aparece sobre um objeto uma imagem invertida, como se fosse refletida do céu. Sob condições ideais de refração, uma segunda imagem direta é, também, visível. Se o objeto e a imagem invertida estão além do horizonte, a segunda imagem direta pode ser a única porção visível, aumentando muito a distância de detecção visual. As condições estáveis necessárias para formação de miragem superior o são também para formação de nevoeiros no mar;

– **Fata Morgana (“fata morgana”)**: uma miragem complexa, devida aos efeitos da refração, que é caracterizada por distorções múltiplas de imagem, geralmente na vertical, de modo que objetos como penhascos e “icebergs” são distorcidos e ampliados, aparecendo como pináculos ou castelos de altura fantástica. Uma estratificação em densidade do ar muito característica é requerida para produzir este fenômeno, especialmente a ocorrência conjunta, em camadas verticalmente adjacentes, de gradientes de densidade que produziriam miragem superior e inferior. Uma forte inversão de temperatura sobre um mar relativamente mais quente pode satisfazer este requisito.

– **Miragem inferior**: outro fenômeno ótico associado com a refração produz-se na Antártida quando o ar mais quente e menos denso (em geral associado a correntes marítimas que fluem de áreas menos frias, isto é, de Latitudes mais baixas) permanece na superfície, sob ar mais frio e denso. Nesse caso, a trajetória dos raios luminosos é encurvada para cima, afastando-se da superfície. Ocorre, então, miragem inferior, isto é, objetos próximos parecem afundar, parcial ou totalmente, abaixo do horizonte. Isto pode levar o observador a superestimar a distância a objetos próximos. O fenômeno é freqüentemente acompanhado de uma névoa seca ou neblina e do obscurecimento do contorno de objetos distantes. Os seguintes fenômenos óticos estão associados com a reflexão dos raios luminosos na região antártida:

– **Resplendor de Gelo (“iceblink”)**: é um clarão branco ou branco-amarelado projetado no lado de baixo das nuvens por concentrações consideráveis de gelo marinho;

– **Céu de Água (“water sky”)**: reflexos escuros de água livre de gelo na parte de baixo das nuvens de um céu nublado; e

– **Mapa do Céu (“sky map”)**: padrão formado pelos reflexos nas nuvens dos campos de gelo e das águas livres de gelo.

Assim, o céu de água (“water sky”) pode auxiliar o navegante a descobrir, em campos de gelo (“pack ice”), as áreas livres a serem aproveitadas para navegação.

Quando a luz do dia é difundida por múltiplas reflexões entre campos de gelo ou neve e um céu coberto de nuvens, ocorre uma condição denominada branco total antártico (“antarctic whiteout”). Embora a visibilidade possa ser boa, a percepção de profundidade é grandemente prejudicada. Objetos brancos confundem-se no pano de fundo claro, de modo que não são percebidos. As nuvens cerradas impedem contrastes e o horizonte torna-se impossível de distinguir. (MIGUENS, 2000)

Ademais, a presença freqüente de nuvens e neblina de cristais de gelo dá origem a complexos fenômenos de halo, entre os quais as colunas solares, arcos tangenciais, parélio (falso Sol) e outros círculos e arcos, assim como o halo comum de 22°.

Além dos fenômenos óticos, as observações visuais na Antártida também são afetadas por fenômenos eletromagnéticos, como a Aurora Australis e o Fogo-de-santelmo.

– **Aurora Australis:** fenômeno luminoso resultante de emissão irradiante esporádica da atmosfera superior, que ocorre nas altas Latitudes do Hemisfério Sul. A luz da Aurora Australis é, muitas vezes, bastante brilhante, excedendo, em determinadas ocasiões, à da Lua cheia. A zona auroral (zona de máxima atividade auroral) na Antártida situa-se a cerca de 23° do pólo geomagnético sul.

– **Fogo-de-santelmo:** outro fenômeno eletromagnético, que parece criar luz em torno de objetos e acidentes geográficos. O fogo-de-santelmo é um fenômeno que ocorre quando o campo elétrico nas proximidades de um objeto elevado (mastro de navio, pico de montanha, etc.) começa a acumular cargas elétricas na superfície desses objetos. Sua coloração é esverdeada e, ao desaparecer, provoca forte relâmpago e ruído intenso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais desafios que tornam a navegação nas regiões polares uma atividade peculiar e cautelosa foram abordados neste trabalho.

Recomenda-se ao navegante que decidir aventurar-se por regiões tão belas e ao mesmo tempo traiçoeiras, extremo cuidado e zelo pela segurança do navio, da carga, do meio ambiente e, principalmente, da vida humana.

As técnicas de preparação do navio, instruções à tripulação, organização da viagem em si e as técnicas de navegação que constam em “Navegação nas Regiões Polares – Desafios de uma Navegação Peculiar” devem ser entendidas e seguidas cautelosamente pelos membros da tripulação. Atenção especial aos equipamentos de bordo deve ser dada, uma vez que o gelo pode danificá-los e torná-los inúteis e falhos.

As ilusões visuais causadas pela presença em excesso do gelo também devem ser previstas e identificadas pelo navegante polar. Além disso, as cartas náuticas apropriadas para as regiões polares devem ser conhecidas e devidamente compreendidas pelo comandante e pilotos do navio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MIGUENS, Altineu Pires. **Navegação Ciência e Arte. Volume III: Navegação Eletrônica e em Condições Especiais.** Marinha do Brasil, DHN. 2000.

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

INTERNATIONAL MARITIME LECTURERS ASSOCIATION. **Maritime Training for Seafarers Navigating in Ice-covered Water.** Opatija. 2011.

BOWDITCH, Nathaniel. **The American Practical Navigator.** Paradise Cay Publications. 2002

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Guidelines for Ships Operating in Polar Waters.** IMO. 2009

ISLAND NAVIGATION. Alumni Association. College of Merchant Marine Officers. **Polar Navigation and its Challenges.** 2008-2013. Disponível em: <http://www.islandnavigation.org/navigation.asp>. Acesso em: 13/08/2013.