

# 3

# AGULHAS NÁUTICAS; CONVERSÃO DE RUMOS E MARCAÇÕES

## 3.1 OBTENÇÃO DE RUMOS E MARCAÇÕES A BORDO

Conforme visto, os navios (ou embarcações) para se dirigirem de um ponto a outro da superfície da Terra governam por **Rumos**, definidos como o ângulo horizontal entre uma DIREÇÃO DE REFERÊNCIA e a direção para a qual aponta a proa do navio (medido de 000° a 360°, no sentido horário, a partir da direção de referência).

Ademais, em Navegação Costeira ou em Águas Restritas, para determinar a posição do navio (ou embarcação) em relação a pontos de terra, durante a execução da derrota, o navegante periodicamente observa **Marcações** de pontos notáveis ou auxílios à navegação.

A bordo, os **Rumos** e **Marcações** são obtidos através do uso de **Agulhas Náuticas**.

Existem dois tipos de Agulhas Náuticas: **Agulhas Magnéticas** e **Agulhas Giroscópicas**.

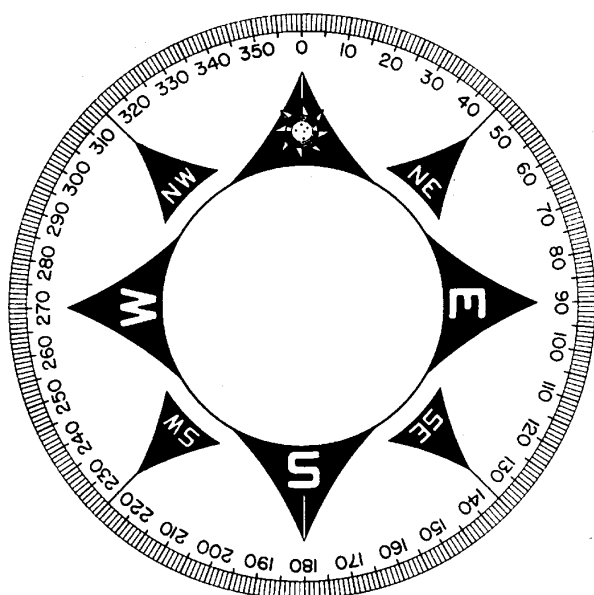
## 3.2 AGULHAS MAGNÉTICAS

### 3.2.1 DESCRIÇÃO E PARTES COMPONENTES

A **AGULHA MAGNÉTICA** (BÚSSOLA) é um dos mais antigos instrumentos de navegação e, com poucos melhoramentos, é usada ainda hoje em dia por todos os navegantes qualquer que seja o tipo ou porte do navio ou embarcação. Embora atualmente nos navios a Agulha Giroscópica seja o instrumento normalmente utilizado como fonte primária para obtenção de direções (rumos e marcações), existirão sempre Agulhas Magnéticas a bordo, como “back-up”, para atender às situações de emergência.

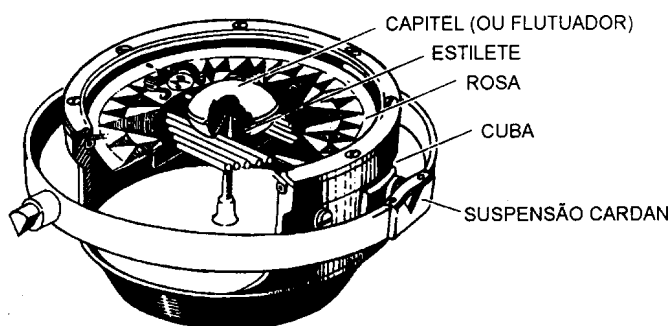
Geralmente, os navios possuem duas **Agulhas Magnéticas**. Uma localizada no **Pas-sadiço**, denominada **Agulha de Governo**; outra no **Tijupá** (em local mais livre de influências magnéticas), denominada **Agulha Padrão**.

**Figura 3.1 - Rosa circular da agulha**



Uma Agulha Magnética consiste de uma **Rosa Circular**, graduada de 000° a 360° (Figura 3.1), apoiada no seu centro, livre para girar em torno de um eixo vertical (estilete), flutuando em uma cuba cheia de um líquido, que pode ser uma mistura de água e álcool (para não congelar) ou um destilado fino de petróleo, semelhante ao **varsol**.

**Figura 3.2 - Agulha magnética**



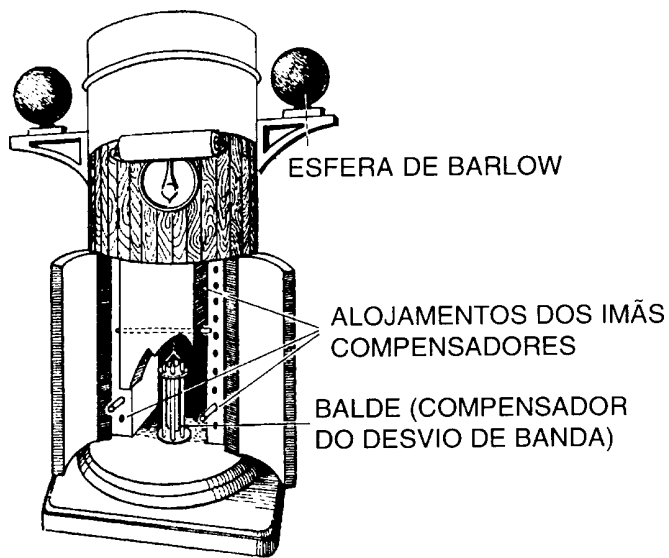
Um conjunto de írmãs é fixado no lado inferior da Rosa, alinhado com o seu eixo norte-sul (Figura 3.2). A cuba é montada, através de suspensão cardan, em um pedestal denominado **Bitácula** (Figura 3.3). A cuba é feita em material amagnético e nela está gravada a **linha de fé** (referência para rumos), que deve ser rigorosamente alinhada com a linha proa-popa (eixo longitudinal do navio).

Em operação, os írmãs da agulha (e, portanto, sua linha norte-sul) tendem a se alinhar com as **Linhas de Força do Campo Magnético da Terra** existentes no local. Estas **Linhas de Força**, denominadas **Meridianos Magnéticos**, indicam a direção do **Norte Magnético** no local. Portanto, o ângulo indicado na Rosa da Agulha entre a linha de fé (alinhada com o eixo longitudinal do navio) e a linha norte-sul da Agulha será igual ao ângulo entre a proa do navio e o Norte Magnético, ou seja, o Rumo Magnético do navio (caso a Agulha não possua **Desvio**, como será visto a seguir).

### 3.2.2 VANTAGENS E LIMITAÇÕES DAS AGULHAS MAGNÉTICAS

Em comparação com as Agulhas Giroscópicas, que serão estudadas adiante, neste mesmo Capítulo, as Agulhas Magnéticas apresentam as seguintes vantagens e limitações:

Figura 3.3 - Bitácula



### a. VANTAGENS

- A Agulha Magnética é um instrumento comparativamente simples, que opera independente de qualquer fonte de energia elétrica;
- Requer pouca (quase nenhuma) manutenção;
- É um equipamento robusto, que não sofre avarias com facilidade; e
- Seu custo é relativamente baixo.

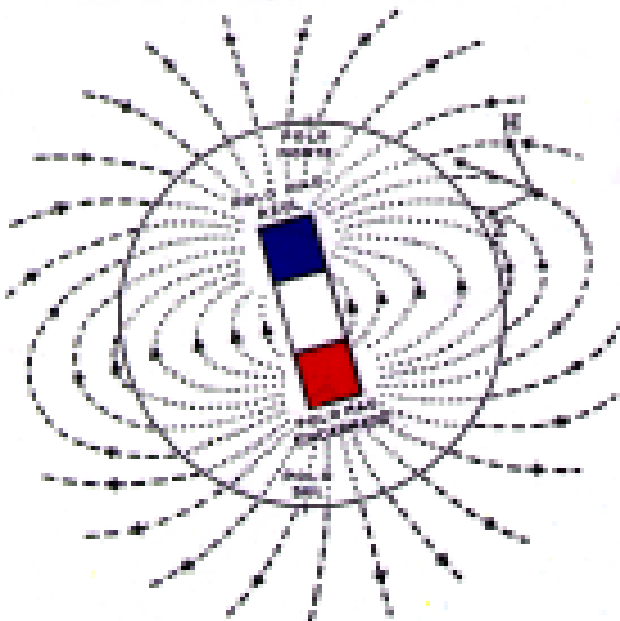
### b. LIMITAÇÕES

- A Agulha Magnética busca o **Norte Magnético**, em lugar do **Norte Verdadeiro** (ou **Geográfico**);
- É afetada por material magnético ou equipamentos elétricos;
- Não é tão precisa e fácil de usar como uma Agulha Giroscópica;
- Normalmente, suas informações não podem ser transmitidas com facilidade para outros sistemas;
- Uma **Agulha Magnética** é mais afetada por **altas latitudes** que uma Agulha Giroscópica.

## 3.2.3 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

### a. MAGNETISMO TERRESTRE; O CAMPO MAGNÉTICO DA TERRA

Figura 3.4 - Campo magnético terrestre



A **Terra** pode ser considerada um grande ímã, tendo dois **Pólos Magnéticos** de polaridades opostas (**Pólo Norte Magnético & Pólo Sul Magnético**). Os **Pólos Magnéticos não coincidem com os Pólos Verdadeiros, ou Geográficos** (Figura 3.4). O **Pólo Norte Magnético** fica localizado aproximadamente na Lat. 74°N, Long. 101°W, O **Pólo Sul Magnético** está na Antártica, na Lat. 60°S, Long. 144°E.

Se a **Terra** fosse composta de material magnético homogeneamente distribuído, as linhas de força de seu campo magnético seriam **Círculos Máximos**, que passariam pelos **Pólos Magnéticos (Meridianos Magnéticos)**. Entretanto,

isto não ocorre e, assim, as linhas segundo as quais a força magnética terrestre atua, embora denominadas de **Meridianos Magnéticos**, não são curvas regulares, diferindo da direção dos **Círculos Máximos** que passam pelos **Pólos Magnéticos**. Conforme acima mencionado, estas curvas, apenas de irregulares, ainda assim são chamadas de **Meridianos Magnéticos**.

Considerando o campo magnético terrestre em um determinado local decomposto segundo o horizonte e o vertical do lugar (Figura 3.4), obtêm-se as componentes **horizontal (H)** e **vertical (Z)** do magnetismo terrestre, variáveis de lugar para lugar e cujo valor vem indicado em cartas especiais.

A componente horizontal (H) é **zero** nos pólos magnéticos e alcança **máximo valor** no equador magnético.

A componente vertical (Z) é **zero** no equador magnético e alcança **máximo valor** nos pólos magnéticos.

A componente horizontal (H) é a responsável pela orientação da Agulha Magnética. Como seu diminui à medida que a Latitude aumenta (tornando-se nulo no pólo magnético), o desempenho da Agulha Magnética fica prejudicado nas altas Latitudes (maiores que 60°).

Uma agulha imantada, suspensa por seu centro de gravidade, livre de girar, em um local isento de outras influências magnéticas, orienta-se no campo magnético terrestre, como no caso geral de qualquer campo magnético, segundo as tangentes às linhas de força, tendo sempre um de seus pólos apontados para um determinado pólo magnético terrestre.

Ao pólo da agulha que aponta para o **Pólo Norte Magnético da Terra** convencionou chamar-se **Pólo Norte da Agulha**, denominando-se de **Pólo Sul da Agulha** o pólo oposto.

É costume pintar, nas barras magnéticas, também por convenção, de **encarnado** a metade que contém o **Pólo Norte** e de **azul** a que contém o **Pólo Sul**.

Entre os irmãos, pólos do mesmo nome se repelem, e os de nomes contrários se atraem. O **Norte Magnético da Terra**, entretanto, por definição, atrai o **Norte dos Írmãs**. Convencionou-se, então, representar em azul a extremidade Norte do ímã simbólico do campo magnético terrestre e de **encarnado** a extremidade **Sul**. Pode-se, pois, generalizar, afirmando que pólos de mesma cor se repelem, enquanto os de cores contrárias se atraem.

## b. CONCEITO DE DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

Figura 3.5 - Declinação magnético

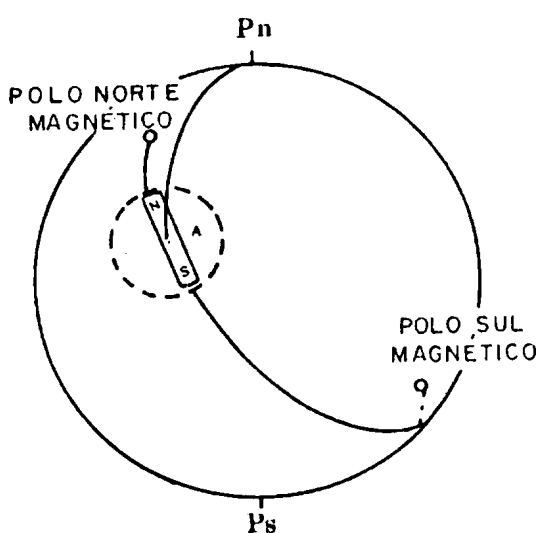
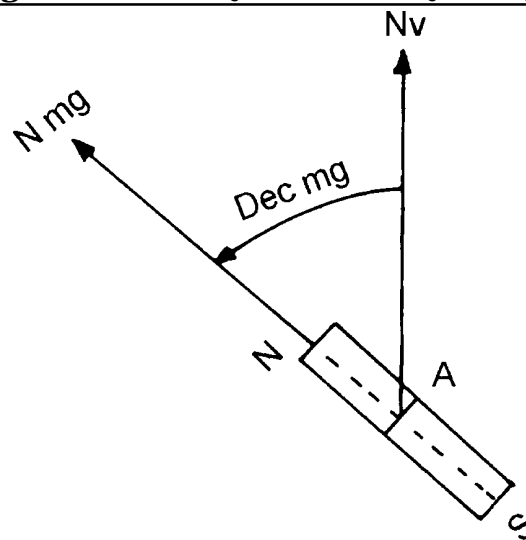


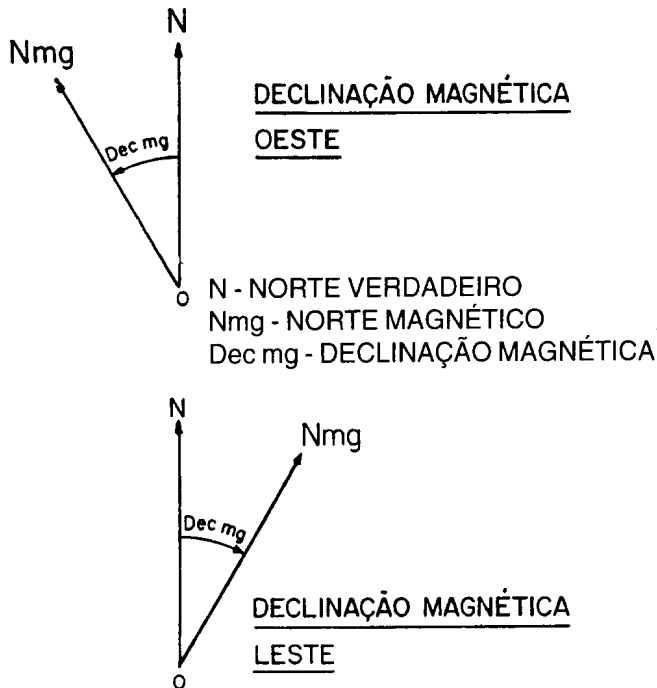
Figura 3.6 - Ilustração da declinação magnética



Em operação, uma **Agulha Magnética** tende a orientar-se segundo o **Meridiano Magnético** que passa pelo local (Figura 3.5). A diferença em direção entre o **Meridiano Magnético** e o **Meridiano Verdadeiro** (ou **Geográfico**), em um determinado lugar, é denominada **Declinação Magnética** (Dec mg).

Da mesma forma, pode-se dizer que a Declinação Magnética em um determinado local é o ângulo entre o Norte Verdadeiro e o Norte Magnético no local (Figura 3.6).

**Figura 3.7 - Conceito de declinação magnética**

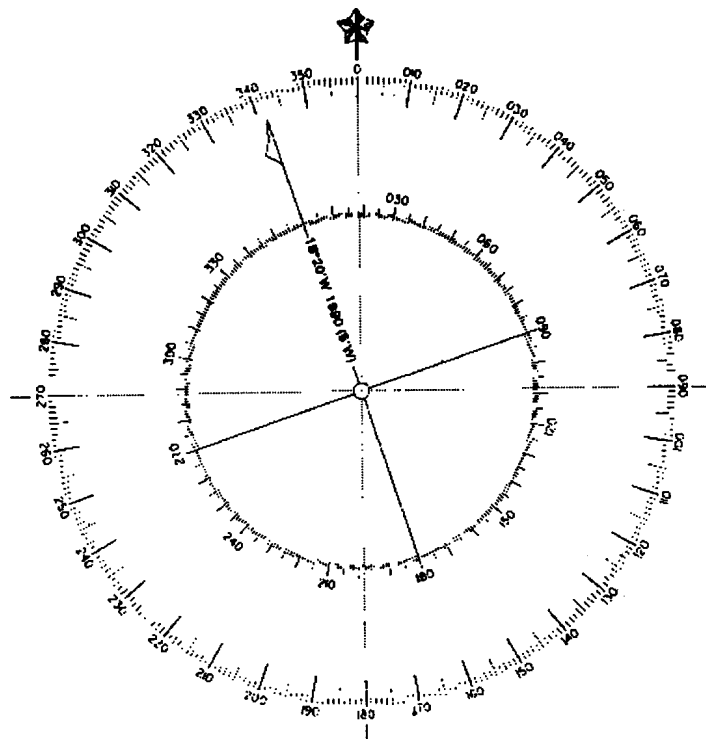


A **Declinação Magnética** é expressa em graus e minutos, recebendo uma designação **Leste** ou **Oeste**, para indicar de que lado do **Meridiano Verdadeiro** está o **Meridiano Magnético** (Figura 3.7).

A **Declinação Magnética** varia de local para local na superfície de Terra, em virtude das irregularidades das linhas de força do campo magnético terrestre. Ademais, enquanto os **Pólos Verdadeiros** (ou **Geográficos**) são fixos, os **Pólos Magnéticos** da Terra variam de posição. Desta forma, a **Declinação Magnética** de um local também varia ao longo do tempo.

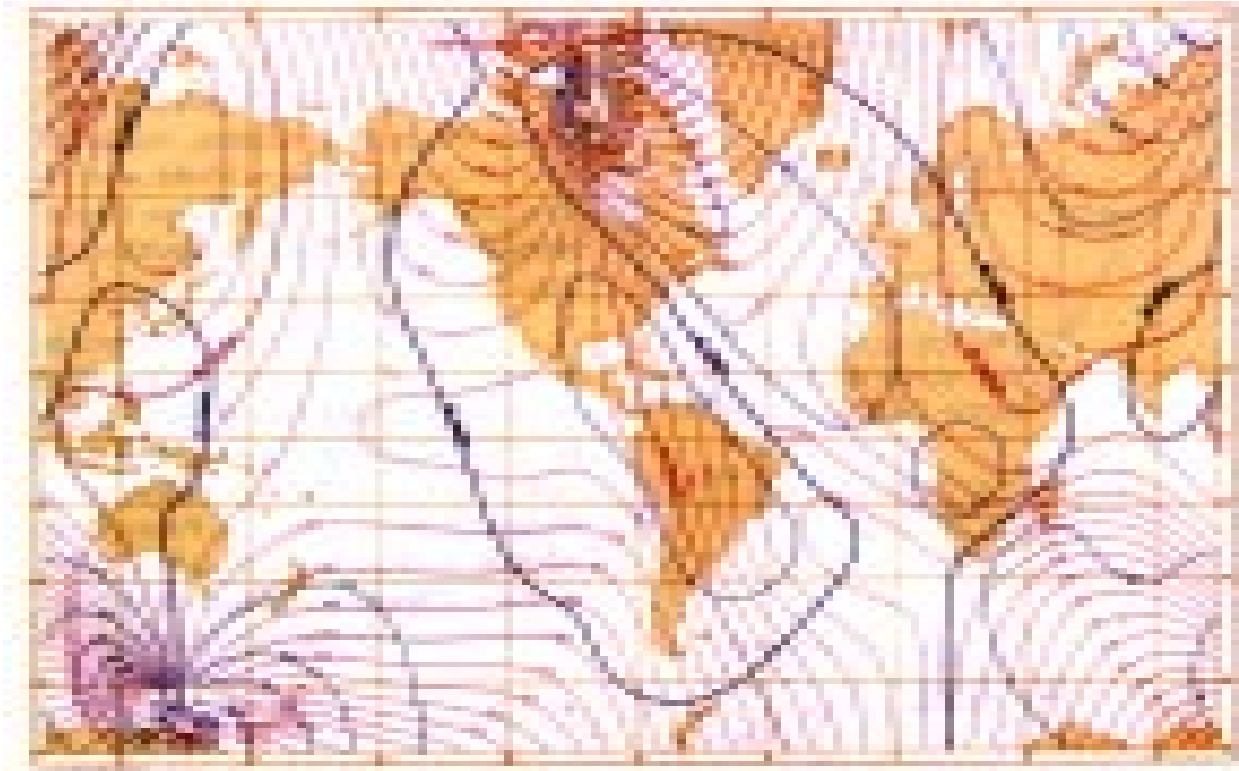
As **Cartas Náuticas** informam ao navegante, para as áreas nela representadas, o valor da **Declinação Magnética** e de sua **Variação Anual** (Figura 3.8).

**Figura 3.8 - Declinação magnética e sua variação anual**



Além disso, existem cartas especiais, que apresentam as linhas **Isogônicas** (linhas que unem pontos de mesma Declinação Magnética) e **Agônicas** (linhas que unem pontos onde a Declinação Magnética é nula), como a mostrada na Figura 3.9.

**Figura 3.9 - Carta de declinação magnética (Redução da carta nº 42 do DMAHTC)**



### 3.2.4 DESVIO DA AGULHA

#### a. CONDIÇÕES QUE UMA AGULHA MAGNÉTICA DEVE SATISFAZER

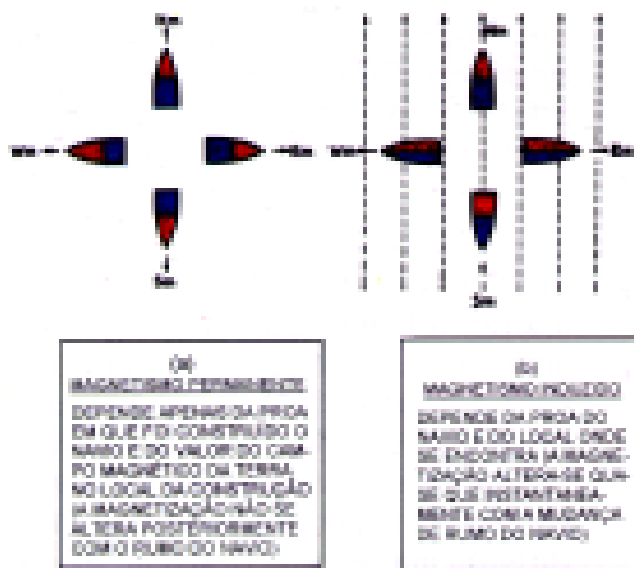
Uma boa agulha deve ser “sensível” e “estável”. A agulha deve ser **sensível** para que acuse qualquer variação da proa do navio. Deve ser **estável** para que indique firmemente a proa, mesmo nas guinadas rápidas, e não se desloque sob a ação do balanço, caturro, trepidações, etc. Estas duas condições, até certo ponto antagônicas, são conseguidas dando à agulha grande momento magnético, pequeno peso e diminuição do atrito, o que se consegue obter mais facilmente nas **Agulhas Líquidas**. As **Agulhas Secas** são muito sensíveis, mas pouco estáveis. Por isso, praticamente não são usadas a bordo de navio ou embarcações.

#### b. PERTURBAÇÕES DA AGULHA; DESVIOS

Uma agulha magnética livremente suspensa, quando situada em Terra, em local isento de outras influências magnéticas, permanece orientada na direção do meridiano magnético (linha de força do campo magnético terrestre). A bordo, porém, existem outros campos magnéticos, provenientes dos ferros e aços de que o navio é construído e dos equipamentos elétricos instalados.

As massas de **ferro duro** (fortemente carburadas, tais como aços e ferros fundidos) adquirem, durante a construção dos navios, uma magnetização por influência do campo magnético terrestre. Essa magnetização, acelerada durante a construção pelas vibrações e choque a que então as massas estão sujeitas, pouco se altera no futuro, evoluindo, salvo circunstância especiais, muito lentamente. É, assim, denominada **magnetização permanente** ou **magnetismo permanente** e depende fundamentalmente da proa em que foi construído o navio e do valor do campo magnético terrestre no local da construção (Figura 3.10a). Alterações no **magnetismo permanente** podem ocorrer sempre que o navio ficar muito tempo na mesma proa (como, por exemplo, durante um prolongado período de reparos) ou num local que provoque uma influência magnética bastante diferente da exercida durante a construção, ou, ainda, quando o navio é sujeito a choque ou trepidações anormais.

**Figura 3.10 - Magnetismo permanente e magnetismo induzido**



Nas massas de **ferro doce** (não carburado), ao contrário, a magnetização induzida pelo campo terrestre é temporária e altera-se, sendo denominada **magnetização induzida** ou **magnetismo induzido**, que depende da proa do navio e do valor do campo terrestre no local onde o navio se encontra, variando, assim, com o rumo do navio e com o lugar onde se navega (Figura 3.10b).

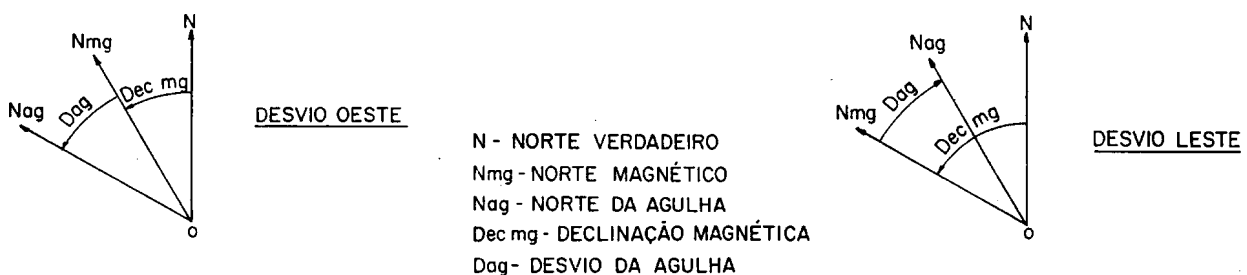
Os efeitos provocados pelas correntes elétricas podem ser evitados desde que os equipamentos sejam afastados da agulha. Os efeitos dos ferros do navio podem ser muito atenuados, pela “compensação”,

operação que consiste na colocação de “ímãs corretores” que criam campos magnéticos iguais e opostos aos provocados por aqueles ferros. Os corretores, ou compesadores, como também são chamados, estão instalados na bitúcula e são, em geral, contruídos por ímãs permanentes, barras e esferas de ferro doce.

Apesar da compensação da agulha ser prática corrente e obrigatória, não é, normalmente, possível anular por completo o campo magnético do navio. Nestas condições, a agulha não se orienta na direção do meridiano magnético (como sucede em Terra), mas segundo uma outra linha que se denomina “norte da agulha”.

Assim, o **Desvio da Agulha** é definido como o ângulo entre o **Norte Magnético** e o **Norte da Agulha**, conforme mostrado na Figura 3.11.

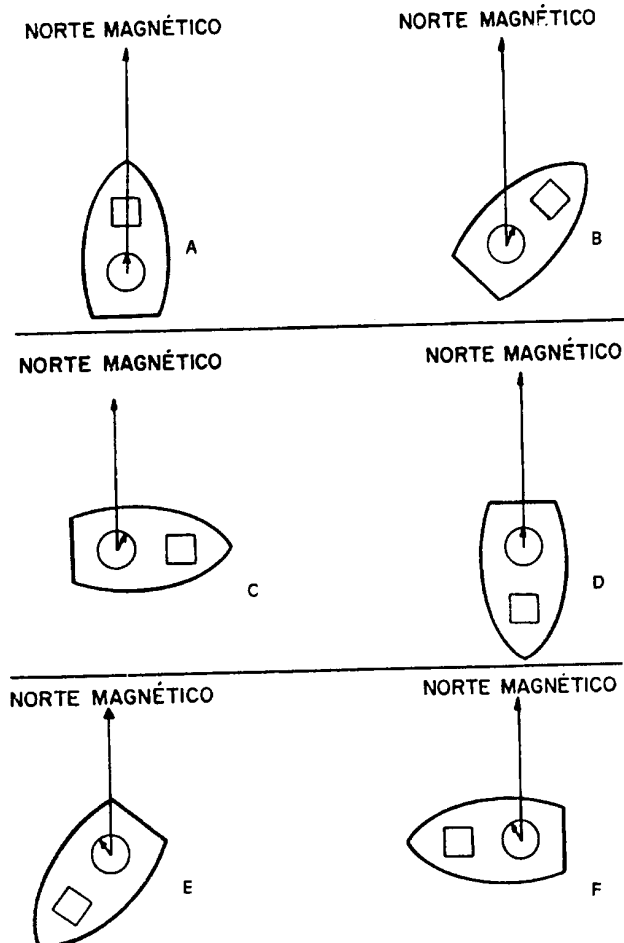
**Figura 3.11 - Conceito de desvio da agulha**



O **Desvio da Agulha**, que depende dos ferros do navio, dos corretores instalados e, também da, orientação daqueles em relação ao campo magnético terrestre, é variável com a proa do navio.

Isto pode ser mais facilmente compreendido acompanhando a Figura 3.12, na qual se supõe todo o material magnético do navio concentrado em um bloco, colocando na proa (simbolizado por um quadrado na Figura).

**Figura 3.12 - Desvio da agulha**



Na situação (a), o navio está aproado ao Norte Magnético ( $R_{mg} = 000^\circ$ ). A linha norte-sul da Agulha Magnética (representada por uma seta, no interior de um círculo, que simboliza a rosa da Agulha) tende a se orientar pelo meridiano magnético. Tal tendência, nessa proa, é reforçada pelo campo magnético do navio, o qual também atrai a agulha, que, assim, não apresentará desvio.

Na situação (b), com o navio no  $R_{mg} = 045^\circ$ , o Norte Magnético continua a atrair a linha norte-sul da Agulha, a qual, porém, passa a ser atraída também para a direção  $045^\circ$  mg, pelo campo magnético do navio. O resultado é que a linha norte-sul da Agulha não se orientará exatamente para o meridiano magnético, surgindo um pequeno Desvio da Agulha (Dag) para **leste** (E).

Na situação (c), com o navio no  $R_{mg} = 090^\circ$ , pelas mesmas razões o Desvio da Agulha para **leste** aumenta, alcançando o valor máximo.

Em (d), com o navio no  $R_{mg} = 180^\circ$ , o Desvio da Agulha volta a ser **nulo**, embora a força de orientação da Agulha se reduza, pelo fato de a atração do campo magnético terrestre e do campo magnético do navio serem exatamente opostas.

Nas situações (e) e (f), por razões semelhantes às já explicadas, surge um Desvio da Agulha oeste (W), que alcança o valor máximo em (f), com o navio no  $R_{mg} = 270^\circ$ .

Embora de uma forma bastante simplificada (principalmente porque o magnetismo do navio nunca está concentrado em um único ponto), a Figura 3.12 demonstra que os Desvios da Agulha (Dag) variam com a direção da proa do navio, isto é, com o seu rumo.


Os desvios são fornecidos para cada Agulha e para cada navio, em função da proa, por uma curva ou tabela - **TABELA DE DESVIOS**, cuja maneira de elaborar será indicada adiante.



### c. FATORES QUE PODEM ALTERAR OS DESVIOS DA AGULHA

- Deslocamento ou alteração dos ferros de bordo;
- Alteração dos corretores (“ímãs compensadores”);
- Colocação ou supressão de equipamentos elétricos nas proximidades da agulha;
- Ferros deixados acidentalmente perto da agulha ou chaves, canivetes, etc. usados pelo pessoal que trabalha junto da agulha;
- Atrito exagerado entre o estilete e o conjunto flutuador-rosa;
- Trovoadas, queda de fiação, tempestades magnéticas;
- Proximidade de terra cujo solo contenha material magnético;
- Proximidade de outros navios;
- Aumento da temperatura dos ferros a bordo, especialmente da chaminé;
- Choques violentos devidos a abalroamento, encalhe, tiros de artilharia, etc.

Figura 3.13

  
**CERTIFICADO DE COMPENSAÇÃO DE AGULHA MAGNÉTICA**

NAVIO GUARÁ AGULHA  Padrão marca RITCHIE  
 Governo modelo ES-1  
 DATA: 12.07.90 Degausing  ligado Diâmetro 15 cm Rosa  
 LOCAL: RJ  desligado Diâmetro 19 cm Cuba


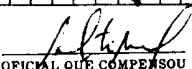
EXAME EFETUADO NA AGULHA

MÉTODO UTILIZADO

	SIM	NÃO
<input type="checkbox"/> Comparação com a Giro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Azimute do Sol	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Alinhamentos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Defletor	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TABELA DE DESVIOS	
Rag < Rmg	Desvio E
	000
1°	045
3°	090
	135
	180
	225
3°	270
1°	315

CURVA DE DESVIOS	
Rmg	W
045	
090	
135	
180	
225	
270	
315	

 **COMANDANTE**       **OFICIAL QUE COMPENSO**

DHN-0108

### d. COMPENSAÇÃO DA AGULHA

A operação de compensação da Agulha visa, como já vimos, anular ou reduzir as influências dos ferros de bordo, anulando ou, mais comumente, reduzindo os Desvios, que passam a ser chamados **Desvios Residuais** (após a compensação). Por norma, uma Agulha Magnética deve ser compensada sempre que seus Desvios excederem 3°. O procedimento para compensação está detalhado no Apêndice a este Capítulo.

### e. TABELA E CURVA DE DESVIOS

Depois de **compensada** a Agulha (Bússola), deve ser feita uma verificação dos **Desvios Residuais** e preenchida uma **Tabela e Curva de Desvios**. Estes dados são, então, transcritos no **Certificado de Compensação da Agulha** (modelo DHN - 0108), documento obrigatório a bordo dos navios e embarcações (Figura 3.13).

## **f. MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS DA AGULHA E PREPARO DA TABELA E CURVA DE DESVIOS**

A operação de determinação dos Desvios é denominada de “Regulamento da Agulha”. Quando se conhecem perfeitamente os Desvios de uma Agulha diz-se que ela está regulada. Os métodos mais freqüentemente utilizada para determinação dos Desvios e preparo da Tabela e Curva de Desvios são:

1. Comparação com a Agulha Giroscópica
2. Alinhamentos
3. Marcação de um ponto distante
4. Azimutes de astros

Qualquer que seja o método utilizado, ao proceder à determinação dos Desvios o navio deve estar compassado e nas condições nomais de navegação. As observações efetuam-se em proas eqüidistantes (15°, 30° ou 45°), geralmente no decorrer de giros completos do navio. Os Desvios devem ser determinados com a precisão de 0,5°. Nas Tabelas de Desvios, porém, serão registrados apenas com a precisão de grau inteiro.

Os seguintes cuidados devem ser observados na operação de determinação dos Desvios da Agulha:

1. Verificar se os ferros de bordo estão em suas posições usuais e se os circuitos elétricos da aparelhagem do Passadiço encontram-se em suas condições normais de operação.
2. Se o navio possuir Degaussing (circuito de desmagnetização) deverão ser feitas duas determinações de Desvios e preparadas duas Tabelas e Curvas de Desvios, uma com o Degaussing ligado e outra com o Degaussing desligado.
3. O navio deverá permanecer **3 a 4** minutos em cada proa escolhida, antes da determinação dos Desvios (a fim de que o magnetismo induzido produza seus efeitos).
4. Durante a operação de determinação dos Desvios, as guinadas devem ser feitas vagarosamente (com pouco ângulo de leme).
5. Após a determinação, devem ser construídas a Tabelas e a Curva de Desvios, das quais uma cópia deve ser fixada junto à Agulha, para consulta imediata quando da adoção de rumos e tomada de marcações.

## **g. DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS POR COMPARAÇÃO COM A AGULHA GIROSCÓPICA**

É o procedimento corrente utilizado nos navios para determinação dos Desvios, especialmente das Agulhas de Governo, cuja situação a bordo geralmente não permite a obtenção de marcações ou a observação de alinhamento.

É indispensável verificar, antes do início das comparações, se a Agulha Giroscópica apresenta Desvio (Desvio da Giro - Dgi), conforme será adiante explicado. Se houver Dgi, este deverá ser considerado. Além disso, depois de terminar as comparação deve ser novamente verificado o Desvio da Giro.

Durante a determinação dos Desvios, em cada um dos Rumos da Giro correspondentes aos Rumos Magnéticos eqüidistantes escolhidos, anota-se o Rumo da Agulha e obtém-se o Desvio.

**Exemplo:**

a Preparar uma Tabela da Rumos da Giro (Rgi) para determinação dos Desvios da Agulha, em Rumos Magnéticos (Rmg) equidistantes de 45°, sabendo-se que o valor da Declinação Magnética é Dec mg = 20°W e que a Agulha Giroscópica não apresenta Desvio (Dgi = 0°).

**SOLUÇÃO:**

Rmg	Dec mg	Rgi
000°	20°W	340°
045°	20°W	025°
090°	20°W	070°
135°	20°W	115°
180°	20°W	160°
225°	20°W	205°
270°	20°W	250°
315°	20°W	295°

b. Durante a determinação dos Desvios da Agulha Magnética por comparação com a Agulha Giroscópica foram anotadas as seguintes proas:

AGULHA GIROSCÓPICA	AGULHA MAGNÉTICA
Rgi = 340°	Rag = 002°
Rgi = 025°	Rag = 044°
Rgi = 070°	Rag = 087°
Rgi = 115°	Rag = 135°
Rgi = 160°	Rag = 183°
Rgi = 205°	Rag = 225°
Rgi = 250°	Rag = 267°
Rgi = 295°	Rag = 314°

Calcular os Desvios da Agulha (Dag) para os Rumos Magnéticos escolhidos.

**SOLUÇÃO:**

Rmg	Rag	Dag
000°	002°	2°W
045°	044°	1°E
090°	087°	3°E
135°	135°	0°
180°	183°	3°W
225°	225°	0°
270°	267°	3°E
315°	314°	1°E

## h. DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS POR ALINHAMENTOS

Nas Agulhas Magnéticas em que é possível tomar marcações (através do uso de um círculo azimutal ou alidade), basta apenas dispor de um alinhamento, que deve ser bem visível e definido e estar representado na Carta Náutica.

Obtém-se da carta o valor da **Marcação Verdadeira** (Mv) do alinhamento e, considerando a **Declinação Magnética** para o local e ano, transforma-se a Mv em **Marcação Magnética**.

Durante a determinação dos Desvios, faz-se o navio cruzar o alinhamento nas diferentes proas da agulha selecionadas (eqüidistantes de 15°, 30° ou 45°) e observam-se as **Marcações da Agulha** (Mag) no instante em que os objetos que constituem o alinhamento estão exatamente enfiados.

Os Desvios da Agulha (Dag) nas várias proas são obtidos pela comparação entre a **Marcação Magnética** do alinhamento (Mmg) e as **Marcações da Agulha** (Mag) registradas.

Quando não for possível observar marcações com a Agulha Magnética (como ocorre, normalmente, nos veleiros, iates e demais embarcações que utilizam bússolas de antepara, tipo “bolha”, ou de teto), serão necessários vários alinhamentos para determinação dos Desvios. Nestas condições, o ideal é dispor de alinhamento cujos valores sejam próximos de:

NORTE - SUL MAGNÉTICO

LESTE - OESTE MAGNÉTICO

RUMO QUADRANTAL (NE-SW MAGNÉTICO; NW-SE MAGNÉTICO).

Para determinar os **Desvios da Agulha** e organizar a **Tabela e Curva de Desvios**, o navio (ou embarcação) deve governar rigorosamente nos alinhamentos e, então, comparar a leitura do **Rumo da Agulha** com a **Direção Magnética** do alinhamento (obtida utilizando as informações da **Carta Náutica** da região). As diferenças constituem os **Desvios**. Seus valores para os diversos rumos permitem preparar a **Tabela** e trçar a **Curva de Desvios da Agulha**.

## i. DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS POR MARCAÇÕES DE UM PONTO DISTANTE

Este método pode ser utilizado quando é possível observar marcações com a Agulha Magnética da qual se quer obter os Desvios (através do uso de um círculo azimutal ou alidade).

O ideal é que o navio esteja amarrado à bóia ou fundeado e se conheça exatamente a sua posição (obtida por outros meios, por exemplo, por segmentos capazes ou pelo radar).

O objeto escolhido deve:

1. Ser bem visível e definido;
2. Estar representado na Carta;
3. Estar suficientemente afastado para que sua marcação possa ser considerada constante durante a operação de determinação dos Desvios (a distância mínima navio-objeto deve ser de 6 milhas, o que permitirá que o navio faça um giro de cerca de 100 metros de raio com a marcação do objeto variando menos de 0,5°).

A **Marcação Magnética** (Mmg) do objeto escolhido é obtida da seguinte maneira: a partir da posição conhecida do navio, determina-se, na Carta, a **Marcação Verdadeira** para o objeto, que se converte em **Marcação Magnética**, utilizando o valor da **Declinação Magnética** apresentado na Carta.

Durante a determinação dos Desvios, o navio gira em torno da bóia ou sobre o ferro e marca o objeto escolhido em cada uma das proas da agulha selecionada (equidistantes de 15°, 30° ou 45°). Os Desvios são obtidos por comparação das **Marcações da Agulha** (Mag) com a **Marcação Magnética** (Mmg) do objeto.

## j. DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS POR AZIMUTES DE ASTROS

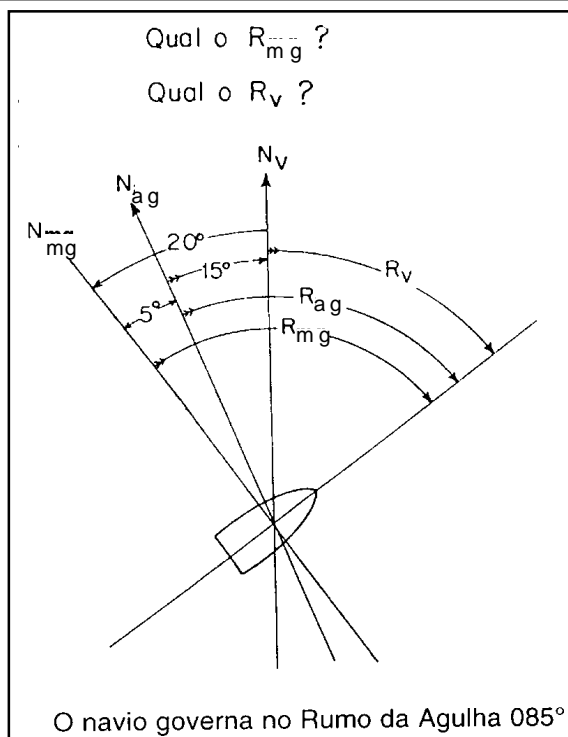
Procedimento típico de Navegação Astronômica, será explicado posteriormente, no Capítulo 31 (VOLUME II).

### 3.2.5 CONVERSÃO DE RUMOS E MARCAÇÕES

Nos problemas de conversão de **Rumos e Marcações** é importante recordar sempre que:

- Só se traçam na Carta **Marcações e Rumos Verdadeiros**.
- O valor da **Declinação Magnética** (para o local e ano) deve ser obtido da Carta Náutica da região.
- Os **Desvios da Agulha** variam em função do **rumo** do navio (ou embarcação) e devem ser obtidos da **Curva de Desvios da Agulha**.
- Nos problemas de **conversão de Rumos e Marcações**, os valores da **Declinação Magnética**, do **Desvio da Agulha**, dos **Rumos e Marcações** devem ser aproximados a 0,5° (meio grau).

Figura 3.14 - Conversão de rumos



- A solução dos problemas de **conversão de Rumos e Marcações** fica muito facilitada se for traçado, para cada caso, o **diagrama** correspondente (“calunga”), como ilustrado na Figura 3.14, que solve a seguinte questão:

“Em um local onde o valor da **Declinação Magnética** é  $Dec_{mg} = 20^\circ W$ , o navio governa no **Rumo da Agulha**  $R_{ag} = 085^\circ$ . Sabendo-se que, para esta proa, o valor do **Desvio da Agulha** é  $D_{ag} = 5^\circ E$ , determinar o **Rumo Magnético** ( $R_{mg}$ ) e o **Rumo Verdadeiro** ( $R_v$ )”.

$$R_{mg} = 090^\circ$$

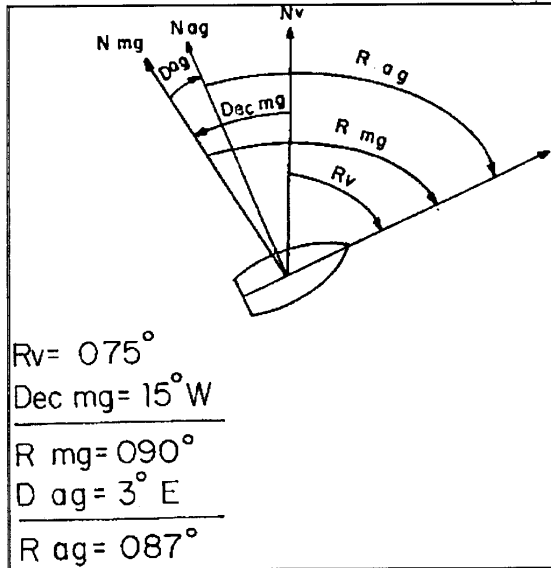
$$R_v = 070^\circ$$

## a. CONVERSÃO DE RUMOS

**Exemplos** (utilizar a **Tabela e Curva de Desvios** da Figura 3.13):

1. Em um local onde o valor da **Declinação Magnética** (Dec mg) é  $15^{\circ}W$ , o **Rumo Verdadeiro** para navegar entre dois pontos é  $075^{\circ}$ . Qual será o **Rumo da Agulha** correspondente?

**Figura 3.15 - Conversão de rumos**



**SOLUÇÃO:**

$$R_v = 075^{\circ}$$

$$Dec\ mg = 15^{\circ}W$$

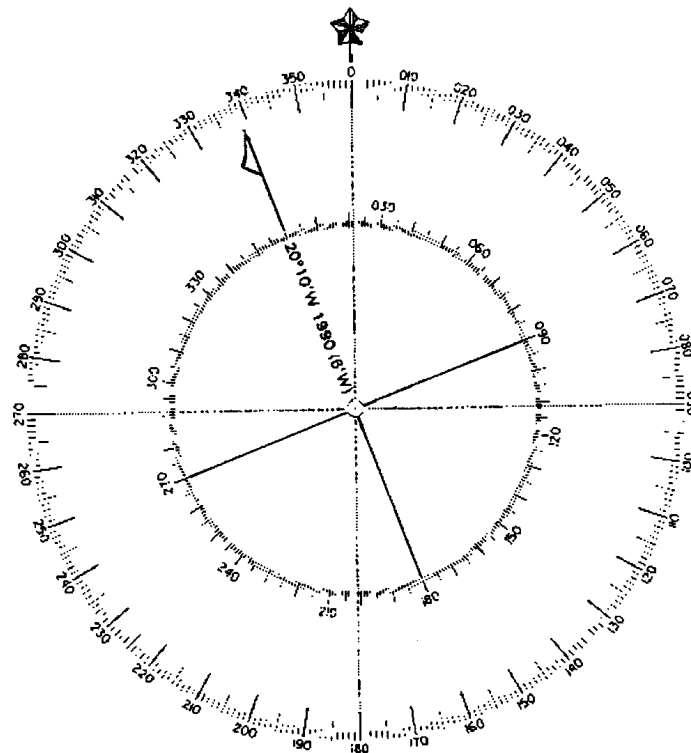
$$R_{mg} = 090^{\circ}$$

$$D_{ag} = 3^{\circ}E \text{ (da Curva de Desvios)}$$

$$R_{ag} = 087^{\circ} \text{ (ver Figura 3.15).}$$

**Figura 3.16 - Proximidades da Baía de Guanabara**

2. Navegando nas proximidades da Baía de Guanabara (Dec mg =  $20^{\circ}10'W/1990$ ; variação anual:  $6'W$  - Figura 3.16), em 1993, um veleiro governa no **Rumo da Agulha**  $R_{ag} = 160^{\circ}$ . Qual o **Rumo Magnético** ( $R_{mg}$ ) correspondente? Qual o **Rumo Verdadeiro** ( $R_v$ ) correspondente?



**SOLUÇÃO:**

• Entrada na **Curva de Desvios** (Figura 3.13) com o **Rumo da Agulha** ( $R_{ag} = 160^\circ$  (como se fosse Rumo Magnético), obtemos  $D_{ag} = 2^\circ W$

•  $R_{ag} = 160^\circ$

$D_{ag} = 2^\circ W$

$R_{mg} = 158^\circ$

•  $Dec\ mg\ (1990) = 20^\circ 10' W$ ; variação anual =  $6' W$

Incremento ( $3 \times 6' W$ ) =  $18' W$

$Dec\ mg\ (1993) = 20^\circ 28' W = 20,5^\circ W$

•  $R_{mg} = 158^\circ$

$Dec\ mg = 20,5^\circ W$

$R_v = 137,5^\circ$

3. Um navegante (em 1993) deseja partir da barra da Baía de Guanabara e governar exatamente no **Rumo Sul Magnético** ( $180^\circ mg$ ).

Qual o valor do **Rumo Verdadeiro** correspondente?

Qual o valor do **Desvio da Agulha**?

Qual o valor do **Rumo da Agulha** correspondente?

**SOLUÇÃO:**

• Valor da Declinação Magnética, em 1993, na barra da Baía de Guanabara:  $Dec\ mg\ (1993) = 20,5^\circ W$  (calculada no problema anterior).

•  $R_{mg} = 180^\circ$

$Dec\ mg = 20,5^\circ W$

$R_v = 159,5$

•  $R_{mg} = 180^\circ$   $D_{ag} = 3^\circ W$  (da Curva de Desvios)

•  $R_{mg} = 180^\circ$

$D_{ag} = 3^\circ W$

$R_{ag} = 183^\circ$

4. Navegando nas proximidade da Baía de Guanabara (em 1993), o Rumo da Agulha ( $R_{ag}$ ) é  $045^\circ$ .

• Qual o valor do **Desvio da Agulha** nesta proa?

• Qual o valor do **Rumo Magnético** correspondente?

• Qual o valor da **Declinação Magnética**?

• Qual o valor do **Rumo Verdadeiro** correspondente?

**SOLUÇÃO:**

- Entrando na **Curva de Desvios** com  $045^\circ$ , obtemos:

$$Dag = 01^\circ E$$

- $Rag = 045^\circ$

$$Dag = 01^\circ E$$

$$Rmg = 046^\circ$$

- Dec mg (1990) =  $20^\circ 10' W$ ; variação anual:  $6' W$

$$\text{Incremento (3x6'W)} = 18' W$$

$$\text{Dec mg (1993)} = 20^\circ 28' W = 20,5^\circ W$$

- $Rmg = 046^\circ$

$$\text{Dec mg} = 20,5^\circ W$$

$$Rv = 025,5^\circ$$

5. O navegante, em 1993, deseja governar do Farol Rasa para o Farol Maricás e obtém na Carta Náutica o **Rumo Verdadeiro** entre os dois pontos:  $Rv = 078^\circ$ . Qual o **Rumo Magnético** ( $Rmg$ ) correspondente? Qual o valor do **Desvio da Agulha** ( $Dag$ ) para essa proa? Qual o valor do Rumo da Agulha ( $Rag$ ) em que se deve governar?

**SOLUÇÃO:**

- Dec mg (1993) =  $20,5^\circ W$  (calculada no problema anterior).

- $Rv = 078^\circ$

$$\text{Dec mg} = 20,5^\circ W$$

$$Rmg = 098,5^\circ$$

- Entrando na Tabela ou Curva de Desvios da Agulha (Figura 3.13) com  $Rmg = 098,5^\circ$ , obtém-se:

$$Dag = 2,5^\circ E$$

- $Rmg = 098,5^\circ$

$$Dag = 2,5^\circ E$$

$$Rag = 096^\circ$$

**b. CONVERSÃO DE MARCAÇÕES OBSERVADAS COM A AGULHA MAGNÉTICA (MARCAÇÃO DA AGULHA - Mag)**

Para conversão de **Marcações da Agulha** em **Marcações Verdadeiras**, é necessário conhecer o **Rumo** do navio (ou embarcação), pois o **Desvio da Agulha** depende do **Rumo Magnético**.

É importante recordar que, para encontrar o **Desvio da Agulha**, deve-se usar como argumento de entrada na **Curva de Desvios** o **Rumo** e não as **Marcações** observadas.



Uma vez obtido o **Desvio da Agulha** para um determinado **Rumo**, este desvio pode ser aplicado para todas as **Marcações da Agulha** observadas enquanto o navio permanecer no mesmo rumo.

Quando o navio mudar de **Rumo**, um novo valor para o **Desvio** deve ser determinado.

**Exemplo:**

1. Navegação nas proximidades da Baía de Guanabara (em 1993), no **Rumo da Agulha**  $R_{ag} = 110^\circ$ , marca-se o **Farol Rasa** na **Marcação da Agulha**  $Mag = 327^\circ$ .

- Qual o **Desvio da Agulha** a ser empregado na **Conversão da Marcação**?
- Qual a **Marcação Magnética** correspondente?
- Qual o valor da **Declinação Magnética** a ser utilizado no cálculo?
- Qual a **Marcação Verdadeira** (a ser traçada na carta)?

**SOLUÇÃO:**

- Com  $R_{ag} = 110^\circ$ , obtem-se na **Tabela e Curva de Desvios**:

•  $D_{ag} = 2^\circ E$

•  $Mag = 327^\circ$

$D_{ag} = 2^\circ E$

$M_{mg} = 329^\circ$

- $Dec\ mg\ (1990) = 20^\circ 10' W$ ; Variação anual:  $6' W$  (Fig.3.16)

Incremento ( $3 \times 6' W$ ) =  $18' W$

$Dec\ mg\ (1993) = 20^\circ 28' W = 20,5^\circ W$

•  $M_{mg} = 329^\circ$

$Dec\ mg = 20,5^\circ W$

$M_v = 308,5^\circ$

2. A **Marcação Verdadeira** do **Farol Maricás** é  $075^\circ$ . Considerando que a embarcação está no **Rumo da Agulha**  $R_{ag} = 180^\circ$ , determinar (ano 1993):

- A **Marcação Magnética** correspondente
- O **Desvio da Agulha** a ser considerando
- A **Marcação da Agulha** correspondente
- O **Rumo Verdadeiro** em que navega a embarcação

**SOLUÇÃO:**

Em 1993, a **Declinação Magnética** na área é  $Dec\ mg = 20,5^\circ W$ . Então:

$M_v = 075^\circ$

$Dec\ mg = 20,5^\circ W$

$M_{mg} = 095,5^\circ$

- Com o  $Rag = 180^\circ$ , obtém-se, na **Tabela e Curva de Desvios**:

$$Dag = 3^\circ W.$$

- $Mmg = 095,5^\circ$

$$\underline{Dag = 3^\circ W}$$

$$Mag = 098,5^\circ$$

- $Rag = 180^\circ$

$$\underline{Dag = 3^\circ W}$$

$$Rmg = 177^\circ$$

$$\underline{Dec\ mg = 20,5^\circ W}$$

$$Rv = 156,5^\circ$$

3. A **Marcação da Agulha do Farol Ponta Negra** é  $032^\circ$ , estando a embarcação no **Rumo da Agulha**  $Rag = 315^\circ$ . Determinar (ano 1993):

- O valor do **Desvio da Agulha** (Dag).
- O **Rumo Magnético** da embarcação (Rmg).
- O **Rumo Verdadeiro** da embarcação (Rv).
- A **Marcação Verdadeira** (Mv) do Farol.

#### SOLUÇÃO:

- Entrando na **Tabela e Curva de Desvio** com  $Rag = 315^\circ$ , obtemos:  $Dag = 1^\circ E$ .

- $Rag = 1^\circ E$ .

$$\underline{Dag = 1^\circ E}$$

$$Rmg = 316^\circ$$

- $Rmg = 316^\circ$

$$\underline{Dec\ mg = 20,5^\circ W (1993)}$$

$$Rv = 295,5^\circ$$

- $Mag = 032^\circ$

$$\underline{Dag = 1^\circ E}$$

$$Mmg = 033^\circ$$

$$\underline{Dec\ mg = 20,5^\circ W (1993)}$$

$$Mv = 012,5^\circ$$

4. Viajando do Rio para Cabo Frio, em 10/01/1993, às 09:40, no **Rumo da Agulha**  $Rag = 110^\circ$ , você obtém as seguintes **Marcações da Agulha**:

Farol Ponta Negra:  $Mag = 072^\circ$

Farol Maricás :  $Mag = 345^\circ$

determinar:

- O **Rumo Verdadeiro** da sua embarcação
- A **Marcação Verdadeira** do **Farol Ponta Negra**
- A **Marcação Verdadeira** do **Farol Maricás**

#### **SOLUÇÃO:**

- Entrando na **Tabela e Curva de Desvios** com  $R_{ag} = 110^\circ$ , obtém-se o **Desvio da Agulha**

$$D_{ag} = 2^\circ E$$

- Para o ano de 1993, o valor da **Declinação Magnética** é:

$$Dec\ mg = 20^\circ 28' W = 20,5^\circ W$$

- Então:

$$R_{ag} = 110^\circ$$

$$D_{ag} = 2^\circ E$$

$$R_{mg} = 112^\circ$$

$$Dec\ mg = 20,5^\circ W$$

$$R_v = 091,5^\circ \text{ (Rumo Verdadeiro)}$$

- **Marcação do Farol Ponta Negra**

$$M_{ag} = 072^\circ$$

$$D_{ag} = 2^\circ E$$

$$M_{mg} = 074^\circ$$

$$Dec\ mg = 20,5^\circ W$$

$$M_v = 053,5^\circ \text{ (Marcação Verdadeira)}$$

- **Marcação do Farol Maricás**

$$M_{ag} = 345^\circ$$

$$D_{ag} = 2^\circ E$$

$$M_{mg} = 347^\circ$$

$$Dec\ mg = 20,5^\circ W$$

$$M_v = 326,5^\circ \text{ (Marcação Verdadeira)}$$

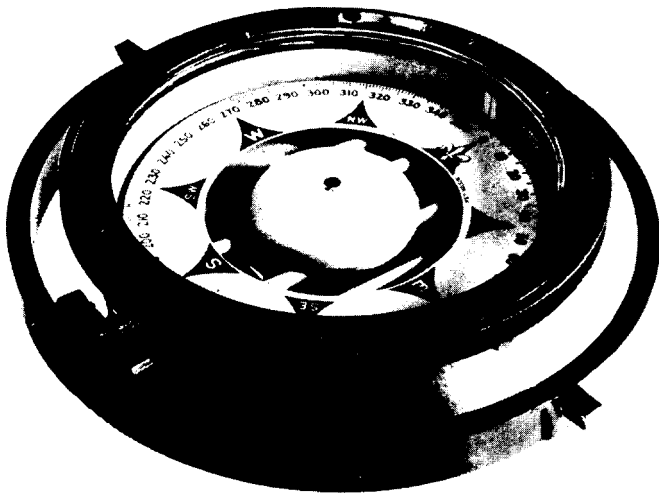
### **3.2.6 REGISTRO DAS AGULHAS MAGNÉTICAS**

Para registro de todos os elementos sobre as Agulhas Magnéticas do navio, a DHN publica “Livro das Agulhas Magnéticas”, onde devem ser escriturados os dados de placa das Agulhas (fabricante, modelo, número de série, diâmetro da rosa e da cuba, etc.) e as informações sobre exames, reparos e compensações das Agulhas de bordo. O Certificado de Compensação da Agulha deve ficar arquivado nesse livro, com cópia fixado à bitácula da Agulha.

Ademais, em viagem os Desvios das Agulhas devem ser periodicamente determinados (normalmente de hora em hora, por comparações com a Giro) e os resultados lançados no “Livro das Agulhas Magnéticas”.

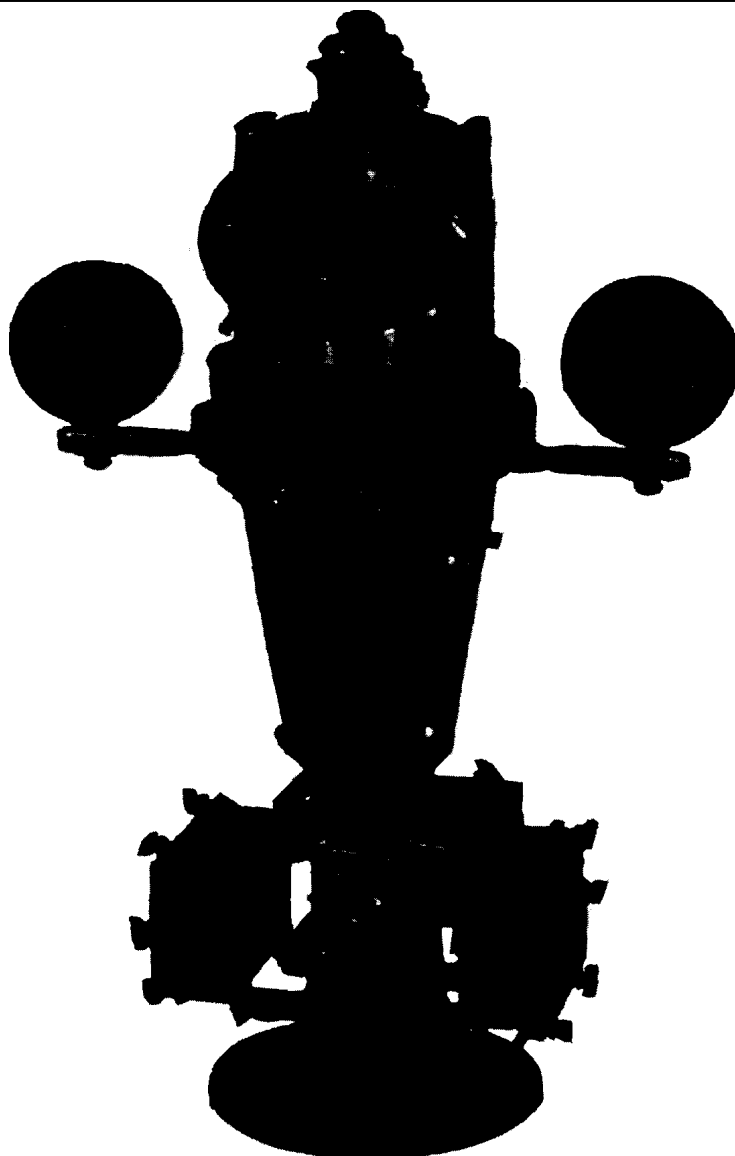
### 3.2.7 AGULHAS MAGNÉTICAS DE BORDO; TIPOS DE AGULHAS MAGNÉTICAS

**Figura 3.17 (a) - Agulha magnética de 7.5 polegadas**

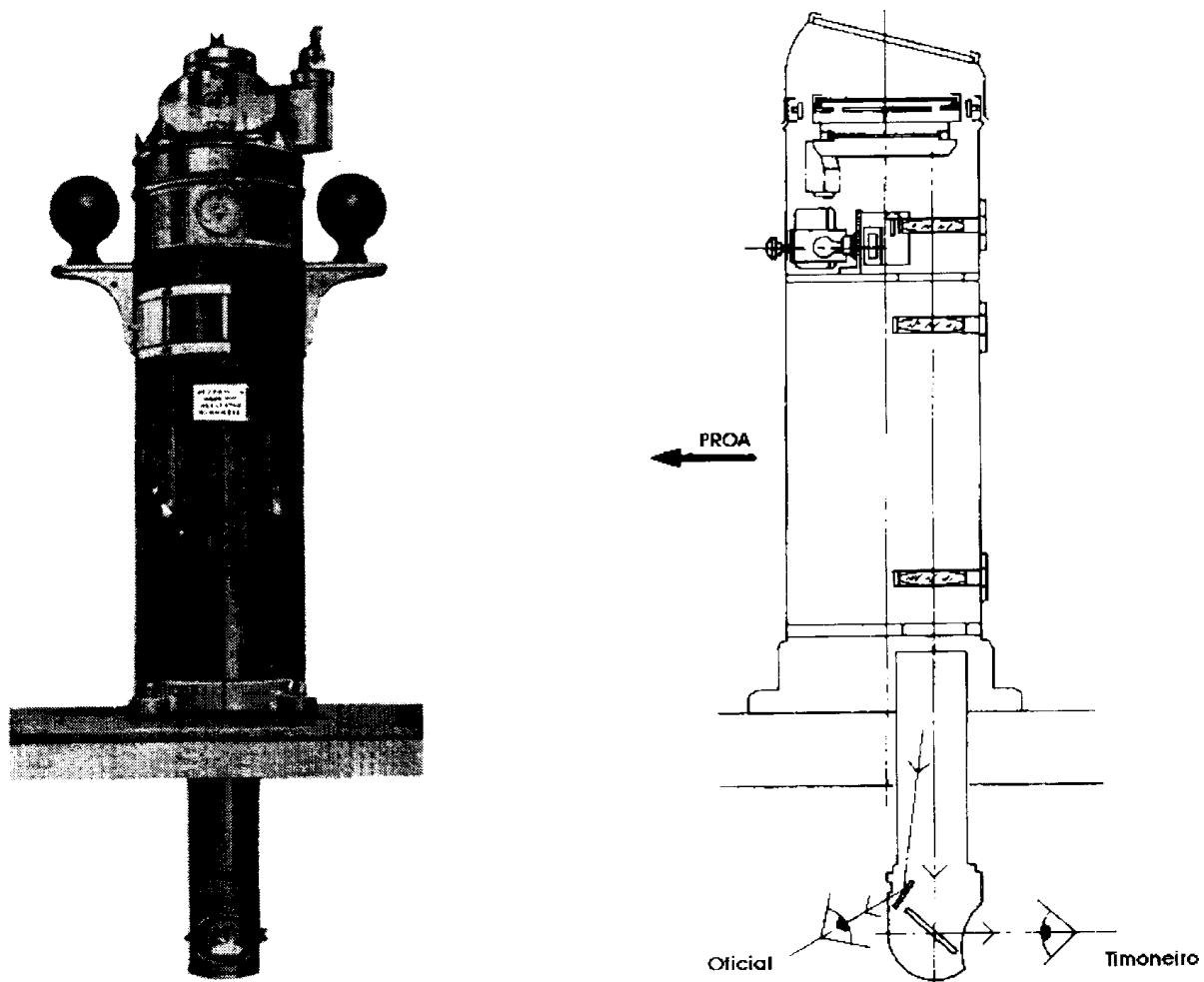


Conforme mencionado, os navios usualmente possuem instaladas duas Agulhas Magnéticas, a **Agulha de Governo**, no Passadiço, e a **Agulha Padrão**, em um local mais livre de influências magnéticas (em geral, o Tijupá). A **Agulha de Governo** e a **Agulha Padrão** são, normalmente, do tipo mostrado na Figura 3.17a, sendo montadas em bitáculas semelhantes à apresentada na Figura 3.17b.

**Figura 3.17 (b) - Bitácula**

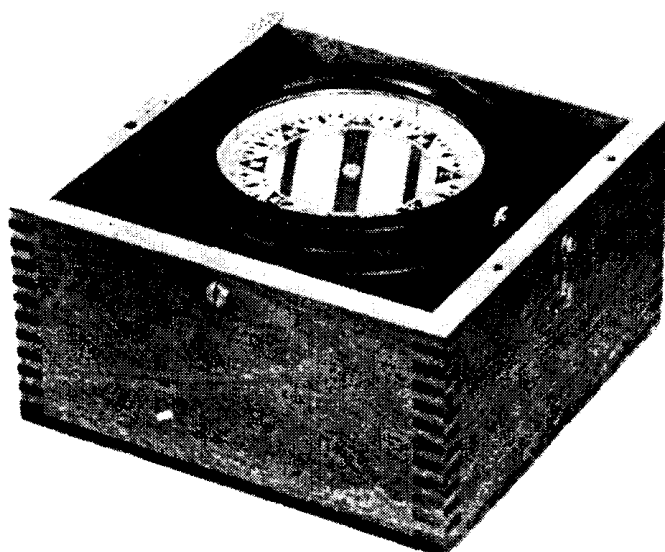


**Figura 3.17 © - Agulha magnética com periscópio**



Em navios menores, por restrições de espaço no Passadiço, às vezes usa-se uma **Agulha de Teto**, na qual a rosa é vista por baixo, através de um sistema ótico. Outros navios têm apenas uma Agulha Magnética no Tijupá e, para que ela possa ser lida da posição de governo, no Passadiço, é instalado um periscópio (Figura 3.17c)

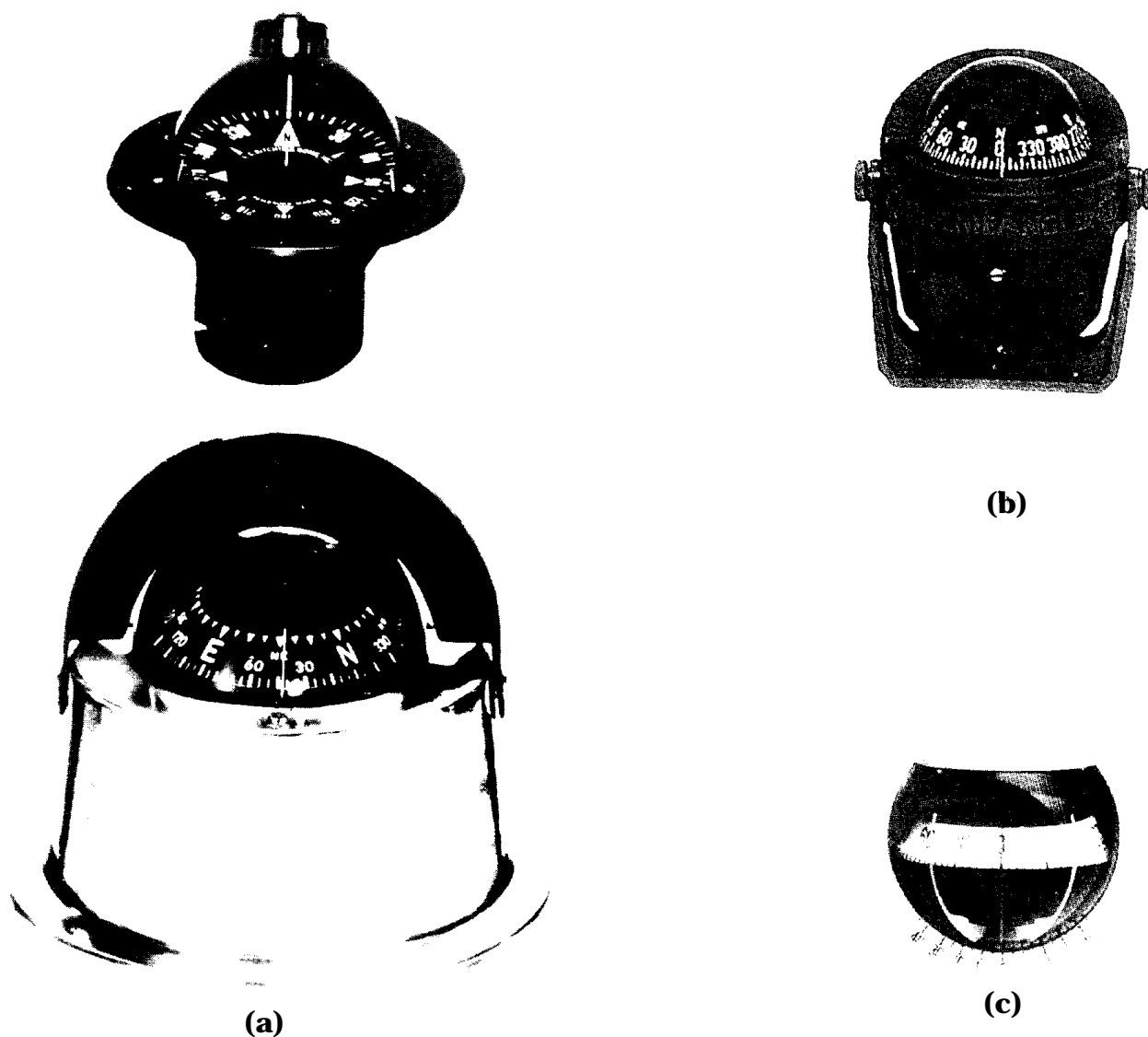
**Figura 3.18 - Agulha magnética para embarcação miúda**



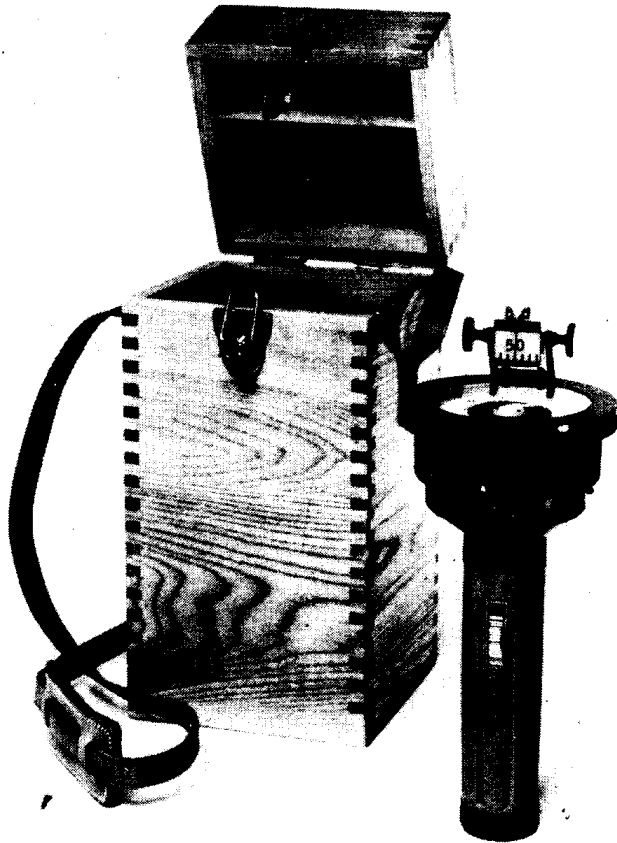
Além destas, existem também a bordo Agulhas Magnéticas para as embarcações miúdas do navio (Figura 3.18), que são geralmente portáteis.

Ademais, veleiros, lanchas e outras embarcações vêm usando cada vez mais as **agulhas esféricas** ou de “bolha”, que podem ser montadas horizontalmente, com braçadeira ou embutida na antepara (Figura 3.19a, b e c). Estas bússolas oferecem diversas vantagens em comparação com as agulhas convencionais, de rosa plana. As **agulhas esféricas** têm suspensão interna e o ponto de apoio da rosa está situado no centro da esfera, assegurando máxima estabilidade da bússola em todas as condições de caturro e balanço. Além disto, o domo esférico transparente atua como uma poderosa lente de aumento, ampliando bastante o tamanho aparente da rosa graduada na área da linha de fé. A rosa da bússola, levemente côncava, em conjunto com o dono esférico, permite que este tipo de agulha seja lido com precisão de uma distância de cerca de 3 metros (10 pés). Quando montada com calços capazes de absorver choques, uma **agulha esférica** funciona muito bem em lanchas de alta velocidade, mesmo com vibrações e trepidações contínuas, em mar picado. O fluido utilizado nessas agulhas é um destilado fino de petróleo, semelhante ao varsol.

**Figura 3.19 - Agulhas esféricas**



**Figura 3.20 - Agulha magnética de mão**

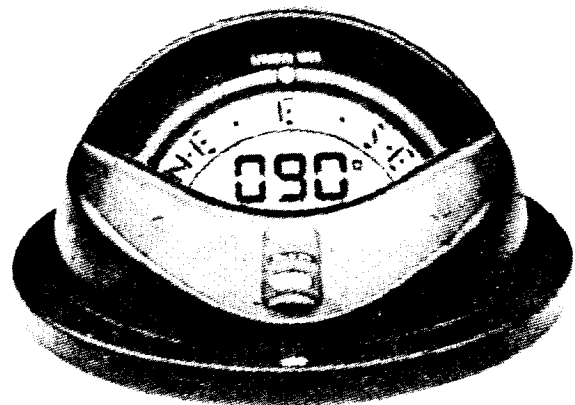
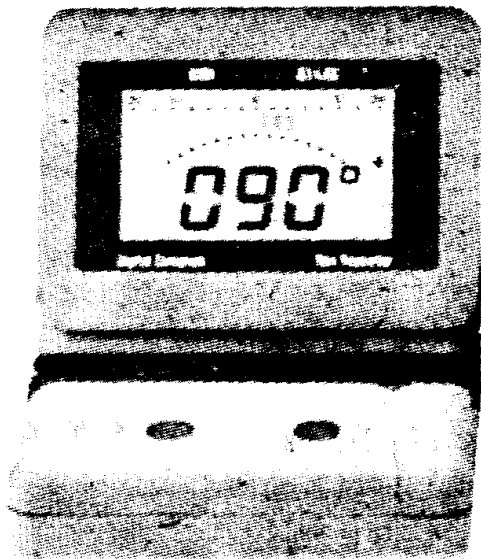


Outro tipo de Agulha magnética é a **agulha de mão** (“hand bearing compass”), mostrada na Figura 3.20, utilizada para tomar marcações (conforme visto, a **Agulha de Governo**, por sua posição a bordo, normalmente não permite a observação de marcações; lém disto, se for uma **agulha esférica** não possibilita a utilização de um círculo azimutal ou alidade para obtenção de marcação).

### 3.2.8 DESENVOLVIMENTOS RECENTES DAS AGULHAS MAGNÉTICAS

Uma das limitações das **Agulhas Magnéticas**, mencionada anteriormente, consistia na dificuldade de transmissão de seus sinais para outros utilizadores. Esta limitação foi recentemente superada, com o desenvolvimento das bússolas de fluxo magnético (“fluxgate compass”).

**Figura 3.21 - Agulha magnéticas digitais**



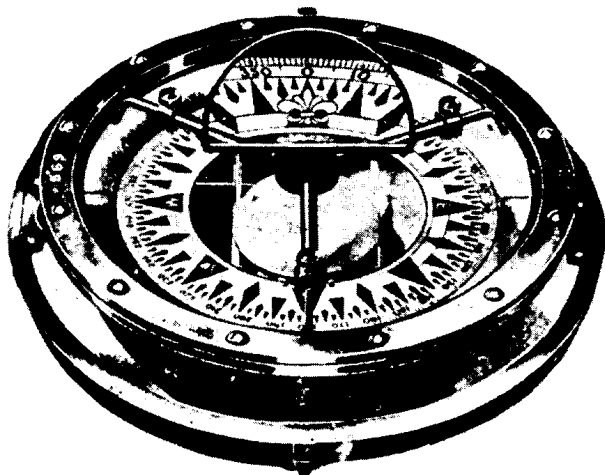
As bússolas de fluxo magnético apresentam um mostrador digital ou um “mostrador analógico” eletronicamente reproduzido (Figura 3.21a e b), no lugar de uma rosa graduada. Ao invés da rosa circular com um conjunto de ímãs, apoiada no seu centro e livre de girar, existente nas agulhas convencionais, as bússolas de fluxo magnético utilizam um sensor eletrônico estacionário montado 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 microcomputador, que calcula continuamente as médias das leituras e apresenta valores precisos e estáveis do rumo magnético.

As bússolas de fluxo magnético são muito precisas ( $0,5^\circ$ ) e, além disso, o seu sinal digitalizado pode ser facilmente transmitido para outros equipamentos (LORAN C, GPS, “plotters”, etc.) ou para indicadores remotos (repetidoras).

### 3.2.9 ACESSÓRIOS DAS AGULHAS MAGNÉTICAS

Para utilizar a Agulha Magnética nas suas duas funções básicas - obtenção de **rumos** e de **marcações** - empregam-se alguns acessórios.

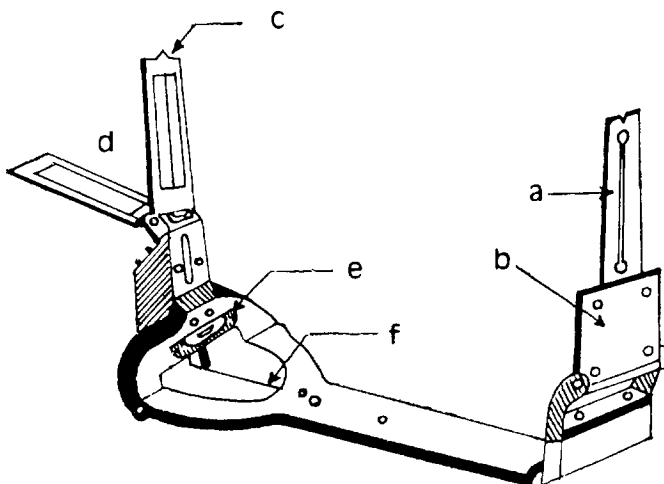
**Figura 3.22 - Lente de Governo**



Para facilitar a leitura dos **rumos**, pode-se adaptar sobre a rosa circular uma **lente de governo** (Figura 3.22), que amplia o setor da rosa nas proximidades da **linha de fé**, tornando mais fácil e cômodo ler e seguir um determinado rumo.

Para leitura de marcações diretamente da Agulha Magnética, adapta-se sobre a **rosa** uma **alidade de pínulas**, um **círculo azimutal** ou uma **alidade telescópica**.

**Figura 3.23 - Alidade de Pínulas**



A **alidade de pínulas** (Figura 3.23) é colocada sobre a **rosa circular**, livre de girar em torno do centro da Agulha. O equipamento possui um **orifício de visada** (a), que pode ser inclinado ou verticalizado girando-se a placa (b), e uma **mira com retículo** (c). Para obtenção de marcações, o observador olha através do **orifício de visada** e gira a **alidade** sobre a **rosa** até que o objeto visado fique alinhado com o **retículo** da **mira**, com o cuidado de manter a rosa nivelada, através do nível (e). Então, a marcação é lida na **rosa**, na gradação alinhada com o **índice** (f).

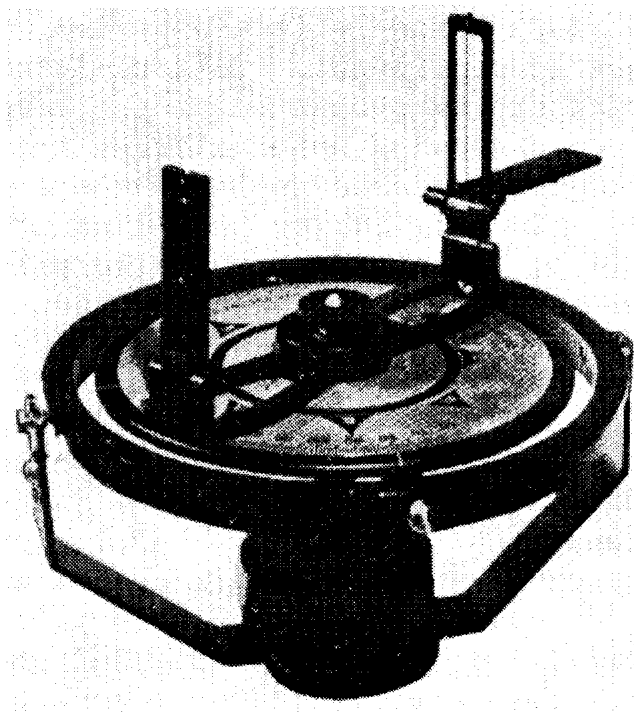


A **mira com retículo** é dotada de um **refletor** (d) com vidro corado capaz de girar em torno de um eixo-horizontal, permitindo ao observador ajustá-lo de modo que a imagem refletida de um astro possa ser visada, para obtenção de um **azimute astronômico**, de modo similar ao descrito para um objeto terrestre.

O **círculo azimutal** e a **alidade telescópica** serão abordados no estudo da Agulha Giroscópica, neste mesmo Capítulo.

Entretanto, conforme anteriormente mencionado, a posição da Agulha de Governo a bordo dificilmente permite que a mesma seja utilizada para obtenção de marcações, pois, em geral, sua visada está obstruída para várias direções.

**Figura 3.24 - Taxímetro com Alidade de Pínulas**



Taxímetro com alidade



Peloro

Para contornar este problema, instalam-se **taxímetros** (Figura 3.24) em pontos convenientes, tais como as asas do Passadiço. O **taxímetro** consiste de uma rosa graduada de 000° a 360°, montada com suspensão cardan em um suporte vertical denominado **peloro**. A **rosa** pode ser girada e travada, de modo que qualquer de suas graduações possa ser ajustada para coincidir com a **linha de fé**. Sobre a rosa é montada uma **alidade de pínulas**, já explicada. O **taxímetro** é utilizado para obter **Marcações Relativas** e **Marcações da Agulha**.

Para obtenção de **Marcação Relativas** faz-se a coincidência da graduação 000° da **rosa** com a **linha de fé** (paralela à linha proa-popa do navio) e trava-se nesta posição. Então, as **marcações** lidas na **rosa** com a **alidade** serão **Marcações Relativas** (Mr), que podem ser convertidas em **Marcações da Agulha** se forem combinadas com o **rumo** do navio:  $Mag = Mr + Rag$ .

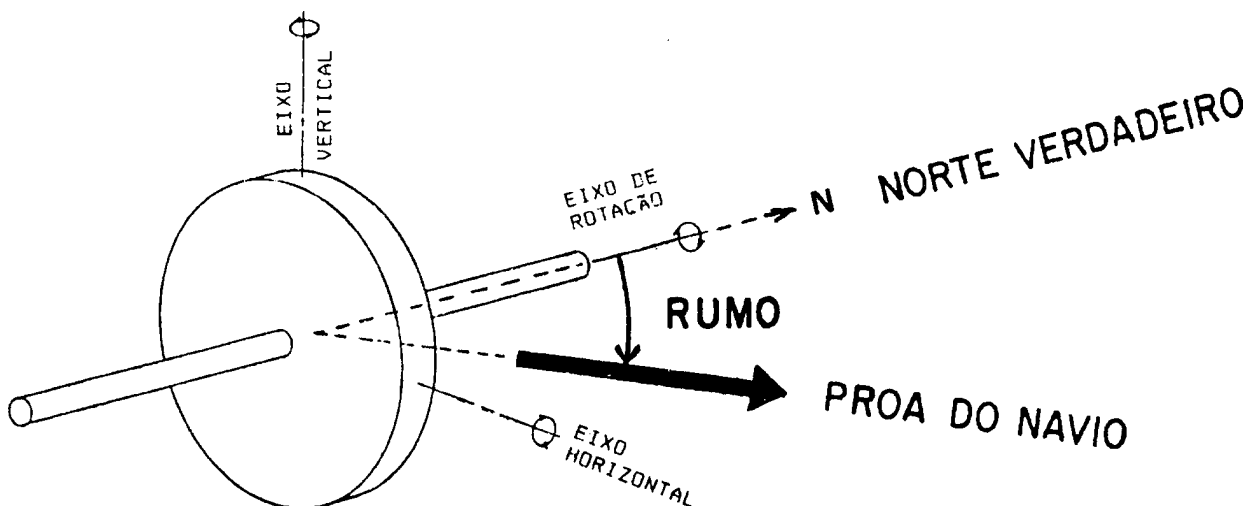
Para obtenção de **Marcações da Agulha** ajusta-se a **rosa** de modo que a graduação correspondente ao **Rumo da Agulha** coincida com a **linha de fé**, travando-se a rosa nessa posição. Desta forma, as **marcações** observadas com a **alidade de pínulas** serão **Marcações da Agulha**. Neste caso, é essencial que, no instante do “marque”, o navio esteja exatamente no **Rumo da Agulha** ajustado no **taxímetro**.

## 3.3 AGULHA GIROSCÓPICA

### 3.3.1 INTRODUÇÃO

Por muitos séculos a Agulha Magnética foi o único instrumento disponível para determinação de **direções (rumos e marcações, ou azimutes)** no mar. Na busca de um equipamento que indicasse o **Norte Verdadeiro**, em vez do **Norte Magnético**, a **Agulha Giroscópica** foi desenvolvida nas primeiras décadas século. Avanços paralelos foram feitas nos Estados Unidos e na Europa, sendo que os norte-americanos desenvolveram uma Agulha Giroscópicas tendo como base um único giroscópio, enquanto que os alemães utilizaram giroscópios múltiplos nas suas primeiras agulhas.

**Figura 3.25 - Agulha giroscópica**



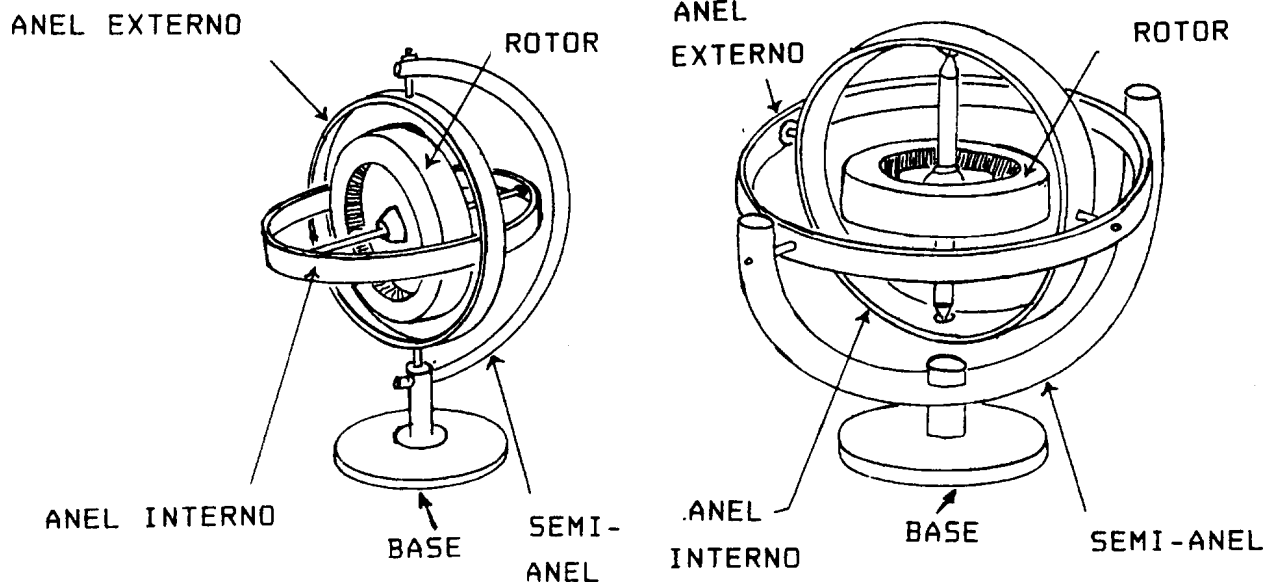
A **Agulha Giroscópica** é, essencialmente, um **giroscópio busca-meridiano**, cujo **eixo de rotação** permanece alinhado com os meridianos terrestres e que é capaz de oscilar em torno de seu **eixo vertical (eixo de precessão ou eixo de indicação de azimute)** e de medir o ângulo entre a proa do navio e o eixo de rotação do giroscópio, isto é, o **Rumo Verdadeiro** do navio (figura 3.25).

As **Agulhas Giroscópicas** são cada vez mais utilizadas a bordo dos navios modernos, não apenas como referência para obtenção de rumos e marcações (para governo e observação de Linhas de Posição para navegação), mas também como componentes básicos de um Sistema de Navegação Inercial e para prover dados de direção, balanço e caturro para sistemas de armas e sistemas integrados de navegação.

Os princípios de que dependem a operação das **Agulhas Giroscópicas** são brevemente explicados neste Capítulo, apenas para capacitar o navegante a entender o conceito básico deste tipo de agulha e, ainda mais importante, habilitá-lo a compreender os limites de precisão das Agulhas Giroscópicas e as fontes de erro inerentes ao giroscópio, quando usado como agulha a bordo de navios.

### 3.3.2 GIROSCÓPIO BÁSICO

Figura 3.26 - Giroscópicos e suas partes principais



Um giroscópio básico, cujas partes principais estão mostradas na Figura 3.26, consiste de um rotor (volante ou toro) perfeitamente balanceado, livre para girar em torno de três eixos perpendiculares entre si, que se interceptam no seu centro de gravidade. Diz-se, assim, que o giroscópio tem três **graus de liberdade**, constituídos pelas possibilidades de girar em torno dos três eixos (figura 3.27), denominados respectivamente de:

- eixo de rotação
- eixo horizontal (ou eixo de torque)
- eixo vertical (ou eixo de precessão)

Figura 3.27 (a) - Graus de liberdade do giroscópio

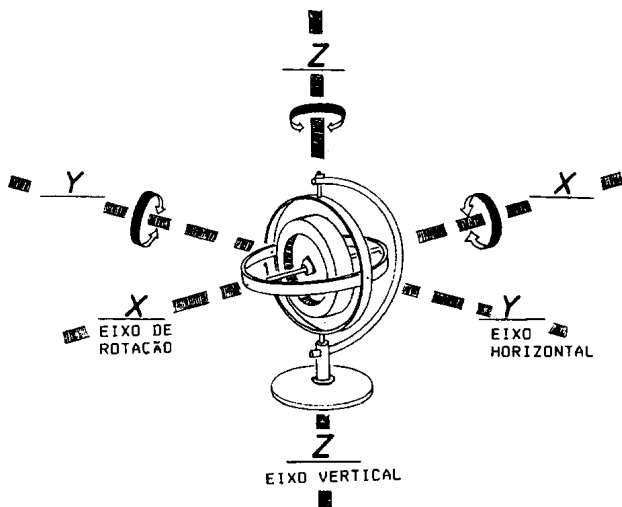
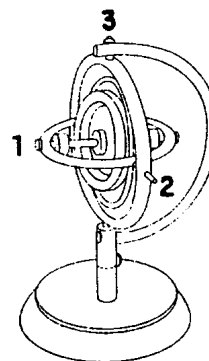


Figura 3.27 (b) - Os três eixos de rotação do giroscópio

1. Eixo de rotação
2. Eixo horizontal (ou eixo de torque)
3. Eixo vertical (ou eixo de precessão)



Os três graus de liberdade do giroscópio

O eixo do rotor possui rolamentos praticamente livres de atrito, que lhe permitem girar com completa liberdade em torno do **eixo de rotação X-X**. O anel interno é montado com rolamentos no anel externo, de modo que tenha completa liberdade de movimento em torno do **eixo horizontal Y-Y**. O anel externo, por sua vez, é montado no semi-anel, sendo provido de rolamentos que lhe permitem girar em torno do **eixo vertical Z-Z**.

Quando o rotor gira em alta velocidade, o giroscópio desenvolve duas propriedades que não apresenta enquanto o rotor está em repouso. Estas duas propriedades são conhecidas como **inércia giroscópica** (ou **rigidez no espaço**) e **precessão**.

A **inércia giroscópica** faz com que o rotor tenda a conservar sua direção no espaço, por mais variados que sejam os movimentos impostos à sua base. Em outras palavras, a **inércia giroscópica** (ou **rigidez no espaço**) é a propriedade que o giroscópio livre tem em manter seu eixo apontado sempre para um mesmo ponto no espaço, a despeito dos movimentos de sua base. Na Figura 3.28 (a), o **eixo de rotação** está horizontalizado e apontando em uma determinada direção. Em 3.28 (b), inclinou-se a base do giroscópio, mas o eixo continua apontando na mesma direção e na horizontal.

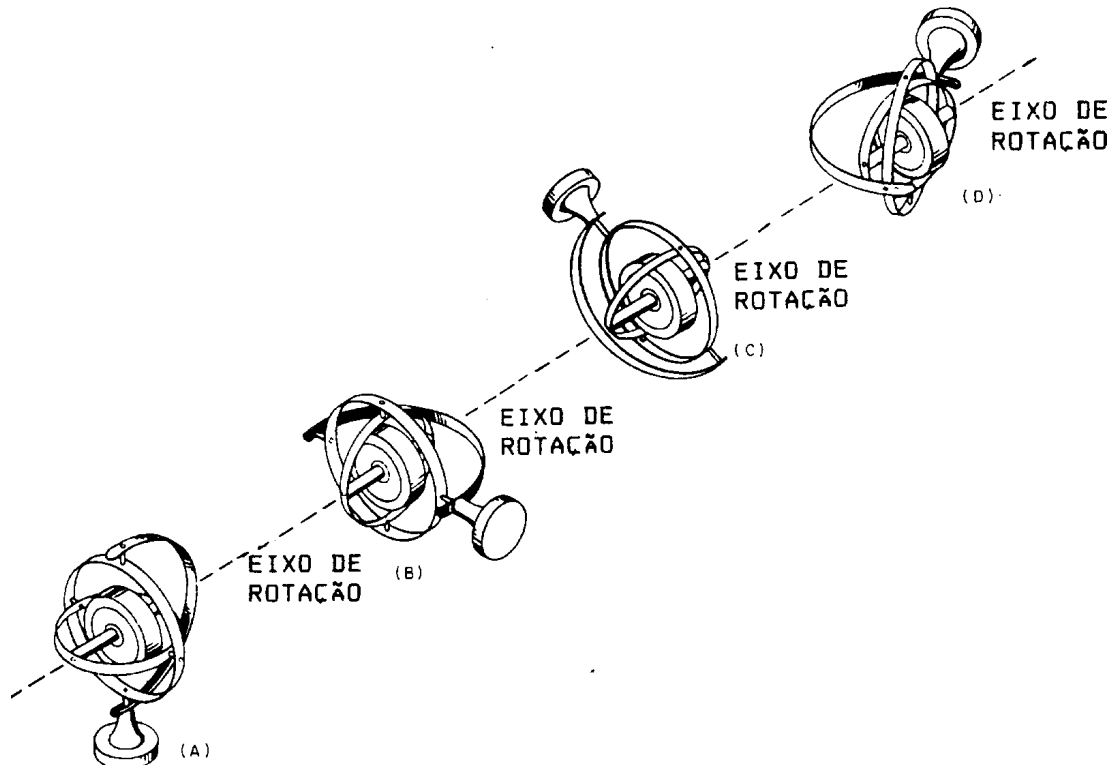
**Figura 3.28 - Inércia Giroscópica**



Os dois principais fatores que afetam a inércia giroscópica são o **peso** do rotor e a **velocidade** de rotação. Quando maior a velocidade de rotação e o peso do rotor, maior será a **inércia giroscópica** (ou **rigidez no espaço**). Em virtude disto, o rotor do giroscópio tem geralmente a forma de uma roda, com a maioria do peso concentrada próximo das bordas. Este formato proporciona uma boa distribuição de peso para a operação do rotor em alta velocidade, o que resulta em uma **inércia giroscópica** elevada.

A Figura 3.29 fornece outra ilustração da **inércia giroscópica**: não importa de que maneira a **base** é movimentada, o **rotor** do giroscópio mantém-se fixo no espaço. Mesmo que a base dê um giro completo, o eixo de rotação manterá sua direção com relação a um determinado ponto no espaço.

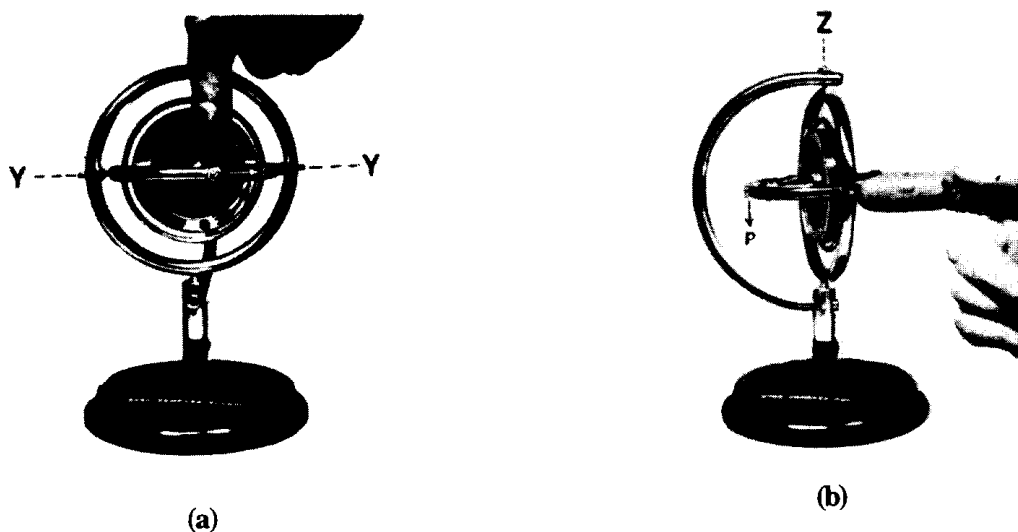
**Figura 3.29 - Inércia giroscópica (rigidez no espaço)**



À medida que a Terra gira e o **eixo de rotação** do giroscópio permanece fixo, apontando para um determinado ponto no espaço, surge uma condição denominada de **rotação aparente** do giroscópio. Assim, se o eixo de rotação estiver apontando para uma estrela, ele continuará apontando para a estrela durante todo o movimento aparente do astro através do céu, descrevendo, também, um movimento aparente. No verdade, porém, a estrela está fixa e é a Terra (e, portanto, a base do giroscópio) que está girando. Desta forma, a rotação aparente do giroscópio é um resultado da **inércia** e da **rotação da Terra**.

**Precessão** pode ser definida como o movimento resultante do rotor, quando é aplicada uma força que tende a alterar a direção do seu **eixo de rotação**. Em virtude desta propriedade, quando é aplicada ao rotor uma força tendendo a deslocar o **eixo de rotação** de sua direção no espaço, em vez de eixo se mover na direção da força, o fará num plano perpendicular à direção da força aplicada.

**Figura 3.30 - Precessão**



Na figura 3.30 (a), é aplicada uma força verticalmente de cima para baixo sobre a extremidade do **eixo de rotação** (tendendo a fazer esse eixo se inclinar em torno do **eixo horizontal** marcado Y-Y). Porém, o eixo não se inclina e sim se movimenta para a direita, na direção da seta marcada P. Essa é a precessão em torno do eixo vertical. Na Figura 3.30 (b), uma força é aplicada no anel vertical, tendendo a movimentar o **eixo de rotação** para a esquerda: em vez de se conseguir esse movimento, o eixo se inclina na direção da seta marcada P. Essa é a precessão em torno do eixo horizontal.

A direção do movimento de precessão é obtida girando a direção da força de 90° no sentido de rotação do rotor.

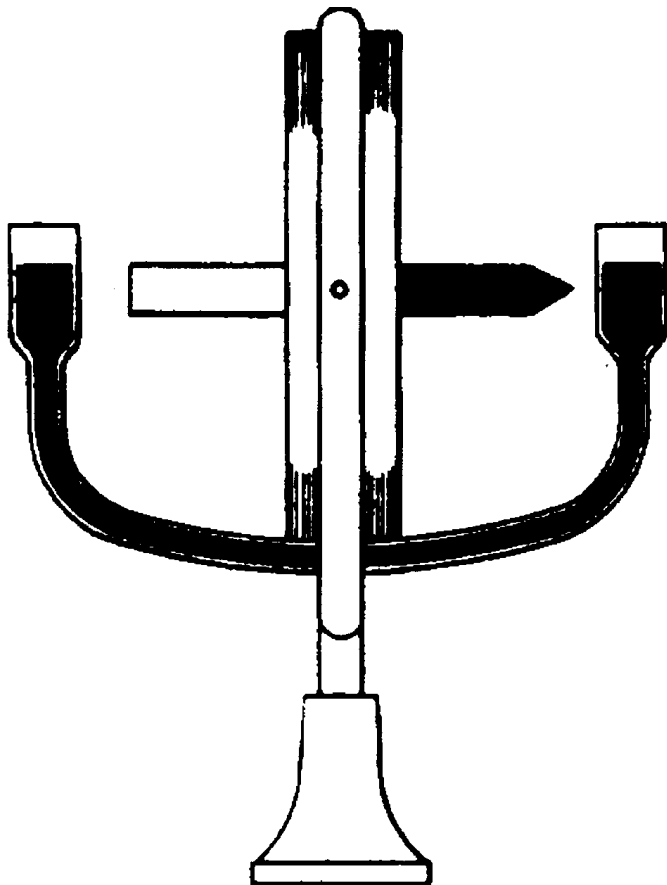
A **precessão** é uma propriedade útil dos giroscópios. Muitos sistemas (inclusive as Agulhas Giroscópicas) são projetados para aproveitar esta característica. Entretanto, há um tipo de **precessão** que é indesejável, comumente denominada de “deriva mecânica” (“mechanical drift”), que tende a afastar o giroscópio de uma direção determinada. As duas principais causas deste problema são **atrito nos mancais** (rolamentos) e **desbalanceamento do rotor**. Embora estes problemas sejam minimizados nos giroscópios modernos, ainda podem constituir fontes de erros nas Agulhas Giroscópicas.

### 3.3.3 AGULHAS GIROSCÓPICAS

Um giroscópio livre não serve como agulha, mas, aproveitando as duas propriedades acima descritas e aplicando forças convenientes nos locais apropriados, consegue-se estabilizar o eixo de rotação no meridiano e na horizontal.

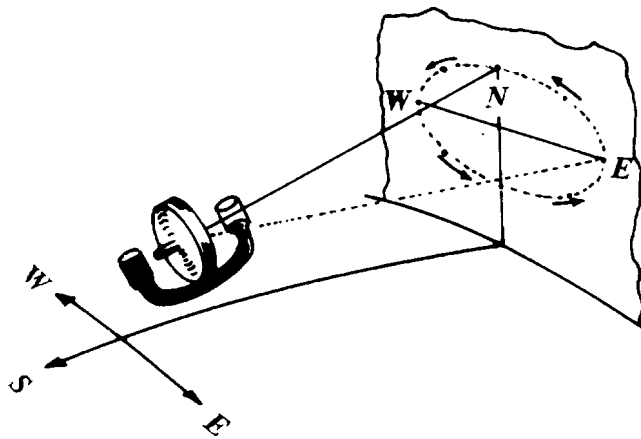
As agulhas de diversas tipos diferem quanto ao modo de efetuar essa estabilização.

#### Figura 3.31 - Balístico de mercúrio



Nas agulhas norte-americanas (SPSRRY), a estabilização é feita por meio do **balístico de mercúrio**, sendo os reservatórios de cada par ligados por tubos comunicantes que ficam orientados com o Norte-Sul da agulha. A Figura 3.31 mostra um esquema do balístico de mercúrio (que, na Figura, é apresentado como um único par) e a ponta negra sendo a ponta norte. O centro de gravidade do mercúrio fica abaixo do centro de rotação e, assim, todo o sistema passa a ter seu centro de gravidade abaixo do eixo geométrico, tornando-se, portanto, pendular: o **giroscópio pendular não amortecido**. Quando, por motivo de rotação da Terra, o eixo do giroscópio começa a se elevar sobre o horizonte, o mercúrio desloca-se de um reservatório para o outro, forçando a horizontalização e, assim, aplicando uma **precessão**.

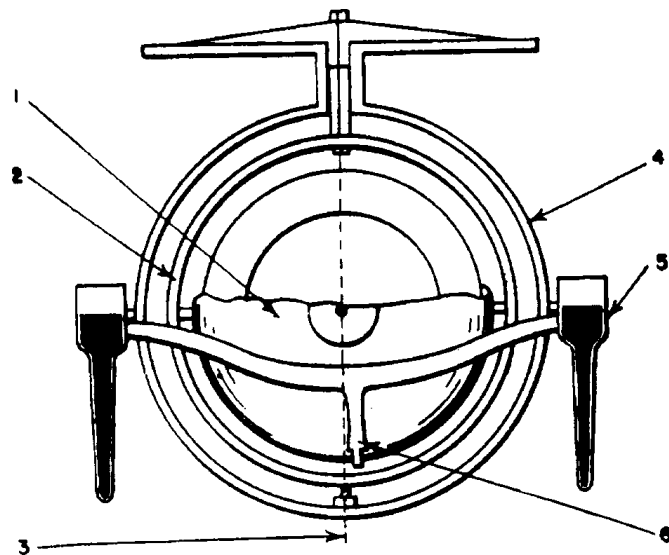
**Figura 3.32 - Giroscópio pendular não amortecido**



Desta maneira, o movimento da ponta norte não será mais uma circunferência e sim uma elipse bastante alongada (Figura 3.32) e o tempo para descrevê-la será de somente 84 minutos (este é o período que um pêndulo simples teria se o seu comprimento fosse igual ao raio da Terra). O giroscópio pendular ainda não serve como agulha porque não se estabiliza no meridiano.

Para que a ponta norte do giroscópio com balístico de mercúrio se estabilize no meridiano e no horizonte é feita uma ligação excêntrica entre os vasos comunicantes e a caixa do rotor (Figura 3.33).

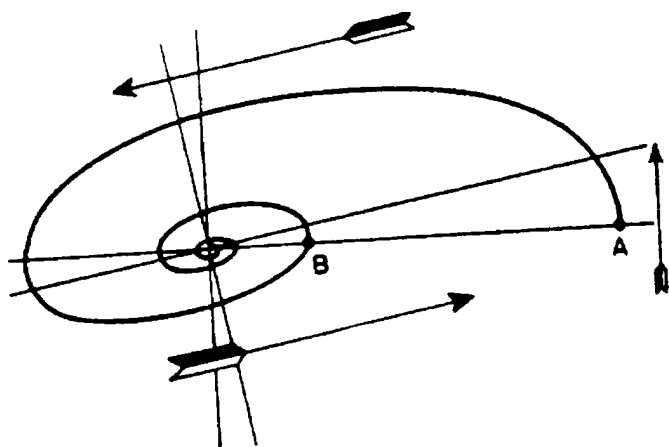
**Figura 3.33 - Elementos da agulha giroscópica**



1. Caixa do rotor
2. Anel vertical
3. Eixo vertical de suspensão
4. Anel exterior (anel fantasma)
5. Balístico de mercúrio
6. Ligação excêntrica (entre o balístico de mercúrio e a caixa do rotor)

Para obter um conjunto simétrico, o sistema balístico é formado por dois jogos de dois reservatórios de mercúrio, cada jogo formando vasos comunicantes.

**Figura 3.34 - Espiral do eixo de rotação com amortecimento**



Assim, o movimento pendular é amortecido, conseguindo-se um giroscópio pendular amortecido. Neste caso, a ponta norte não descreverá mais a elipse, e sim uma espiral logarítmica convergente (Figura 3.34). O período de oscilação é um pouco maior do que o do movimento pendular não amortecido: cerca de 86 minutos. Como a ponta norte leva três períodos para se estabilizar, a agulha deve ser ligada 5 horas antes ( $86 \times 3 = 268$  minutos: 4,5 horas, aproximadamente) de o navio suspender.

Devido ao sistema usado para amortecer o movimento pendular, a ponta norte do eixo do rotor não se estabiliza no meridiano nem no horizonte: ela fica um pouco elevada sobre o horizonte e a leste do meridiano no Hemisfério Norte, e um pouco abaixada e a oeste no Hemisfério Sul. Esses ângulos de inclinação e afastamento são pequenos e perfeitamente determinados. O afastamento do meridiano é compensado por meio de um corretor, denominado **corretor de latitude**, que gira a rosa da agulha em sentido oposto ao erro, anulando-o. A agulha sofre influência do movimento do navio (rumo e velocidade), motivo pelo qual existe um outro corretor, denominado **corretor de velocidade**. O rumo é introduzido automaticamente, pela própria agulha.

As agulhas de origem alemã (Anschutz, Plath, Atlas) possuem dois giroscópios encerrados em uma esfera denominada **esfera giroscópica** (ou **girosfera**). É a resultante dos dois giroscópios a indicadora do norte. A girosfera fica dentro de outra, denominada **esfera envolvente**. A esfera envolvente é colocada num recipiente com uma mistura de água destilada e outro líquido (geralmente glicerina). Como o centro de gravidade do elemento sensível (esfera giroscópica) fica abaixo do centro geométrico (centro da esfera) o sistema é pendular, portanto direcional. É como se um pêndulo estivesse ligado ao rotor, fazendo com que seu eixo de rotação abaixasse logo que iniciasse a se elevar sobre o horizonte, criando assim uma **precessão**. Da mesma maneira que descrita para a agulha de balístico de mercúrio, a ponta norte não descreverá uma circunferência em vinte e quatro horas siderais e sim uma pequena elipse, em cerca de 84 minutos. O amortecimento desse movimento pendular, para que a resultante aponte para o norte, é feito por meio de um líquido viscoso em vasos comunicantes. Neste caso, não há erro de amortecimento e a resultante dos dois giroscópios aponta para o meridiano e na horizontal.

Essas agulhas só possuem o erro de rumo e velocidade. Em alguns modelos ele é corrigido por meio de botões, e em outros é computado numa tabela fornecida pelo fabricante do equipamento.

Quando o equipamento está parado, a esfera giroscópica assenta levemente na esfera envolvente, mas quando operando, devido a bobinas de repulsão, as duas ficam concêntricas. A esfera giroscópica orienta-se no meridiano e por meio de circuitos elétricos, através do líquido, carrega a envolvente que, por sua vez, traz a rosa.

Conforme visto, ao giroscópio livre foram aplicadas forças que o obrigaram a “precessar” no sentido e na quantidade convenientes, **de forma a que o seu eixo se mantenha sempre horizontal e apontado na direção do meridiano geográfico do lugar, isto é, na direção da linha Norte-sul**. A forma como são criadas e aplicadas as forças de precessão varia de acordo com os tipos e fabricantes de giroscópicos.

Quando uma giro é alimentada, isto é, quando o seu rotor é posto a girar e atinge a velocidade normal de operação (6.000 RPM em média), ela começa automaticamente a se “orientar” em busca do Norte verdadeiro, qualquer que seja a direção em que se encontra quando parada. Quando mais próxima estiver do Norte verdadeiro, mais rápida será sua orientação. Nas agulhas modernas, existe um dispositivo que permite reduzir este período a apenas 30 minutos.

Na **Agulha Giroscópica** orientada, o **eixo de rotação do giroscópio** é mantido alinhado com o meridiano geográfico do lugar, isto é, na direção da linha Norte-Sul, em um plano tangente à superfície da Terra (plano horizontal). Quando o navio guina, forças externas obrigam o giroscópio a “precessar”, no sentido e na quantidade convenientes, de modo que o seu eixo de rotação torne a apontar para a direção do meridiano do lugar (linha N-S) e se mantenha sempre horizontal.



A força diretiva que mantém o **eixo de rotação do giroscópio** horizontal e alinhado com o meridiano geográfico do lugar é derivada da **componente tangencial** da velocidade de rotação da Terra. Esta **velocidade tangencial** é máxima no equador e diminuir até zero nos pólos. Assim, a força que mantém o eixo de rotação do giroscópio alinhado com os meridianos terrestre é **grande** em **latitudes baixas e médias**, mas **diminui** nas **altas latitude**, à medida que se aproxima dos **Pólos**.

Em latitudes além de 70° Norte ou Sul, a **velocidade do navio** pode tornar-se tão grande em relação à **velocidade tangencial** da Terra que grandes erros podem ser introduzidos na Agulha Giroscópica. Por esta razão, o erro da **Agulha Giroscópica** deve ser continuamente verificado em latitudes de 70° (Norte ou Sul). Em latitude da ordem de 75° a 80°, a maioria das Agulhas Giroscópicas apresenta grandes erros. A cerca de 85° de latitude, a Agulha Giroscópica torna-se virtualmente inútil.

### 3.3.4 VANTAGENS E LIMITAÇÕES DAS AGULHAS GIROSCÓPICAS

Comparando com uma **Agulha Magnética**, a **Agulha Giroscópica** apresenta as seguintes vantagens e limitações.

#### VANTAGENS

- Aponta na direção do Meridiano Verdadeiro, em vez do Meridiano Magnético. É, portanto, independente do magnetismo terrestre e mais simples na sua utilização.
- Permite maior precisão de governo / observação de marcações que a Agulha Magnética.
- Pode ser usada em latitude mais altas que a Agulha Magnética.
- Não é afetada pela presença de material magnético ou equipamentos elétricos.
- Pela facilidade e precisão na transmissão de dados, em comparação com as Agulhas Magnéticas, o sinal da Agulha Giroscópica pode ser utilizado em repetidoras, equipamento radar, equipamento de navegação por satélite, registrador de rumos, piloto automático, equipamento de Derrota Estimada, Sistema integrado de Navegação e Sistemas de Armas.

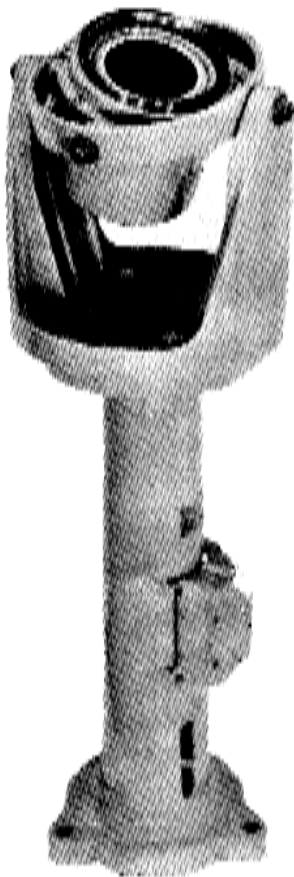
#### LIMITAÇÕES

- A **Agulha Giroscópica** exige uma fonte constante de energia elétrica e é sensível às flutuações de energia.
- Está sujeita a avarias próprias de equipamentos complexos e requer uma manutenção adequada, feita por técnicos especializados.

### 3.3.5 UTILIZAÇÃO DA AGULHA GIROSCÓPICA

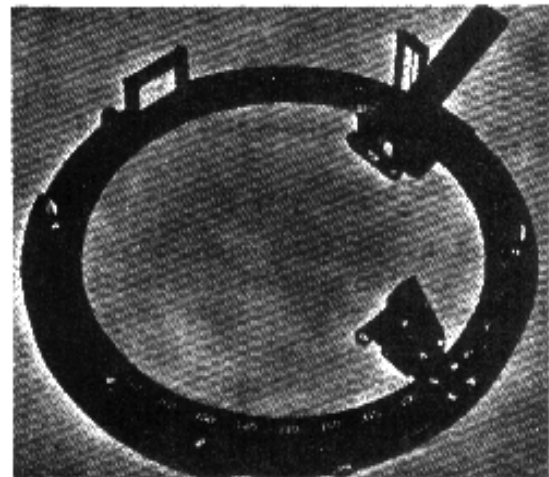
Normalmente, a **Agulha Giroscópica** dispõe de **Repetidoras** convenientemente instaladas a bordo, para leitura de rumos e marcações. Uma **Repetidora** é, basicamente, uma **Rosa Graduada** de 000° a 360°, que, por meio de srvo-mecanismos eletrônicos, reproduz exatamente as leituras da **Mestra** da **Agulha Giroscópica**. Na **Repetidora**, o rumo é indicado por uma marca denominada **Linha de Fé**, existente em sua borda e paralela à linha de centro do navio.

**Figura 3.35 - Repetidora da Giro**



A **Repetidora da Giro** é montada em um pedestal denominado **Peloro** (Figura 3.35). Para obtenção de **Marcações**, instala-se sobre a **Repetidora** um **Círculo Azimutal** (Figura 3.36). Para visar objetos distantes, pode ser usada na Repetidora, em vez do **Círculo Azimutal**, uma **Alidade Telescópica** (Figura 3.37).

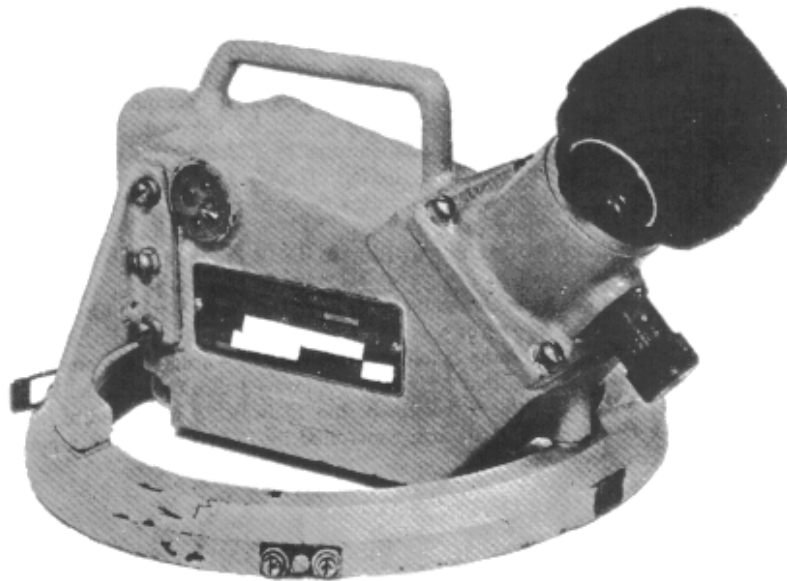
**Figura 3.36 - Círculo Azimutal**



O **Círculo Azimutal**, de forma semelhante à **Alidade de Pínulas**, é instalado sobre a Repetidora, livre de girar em torno do centro da **rosa graduada**. Possui um par de visores, a **fenda de visada** e a **mira com retículo**. Para obtenções de **marcações**, o observador olha através da **fenda de visada** e gira o **Círculo Azimutal** até que o objeto visado apareça alinhado com o **retículo vertical** da **mira**, tendo a preocupação de manter a **rosa nivelada**, pelo **nível de bolha** existente na base da **mira**. A **marcação** é lida na **rosa graduada** através de um **prisma de reflexão** provido de um **índice** alinhado com o **retículo vertical** da **mira**. Ademais, o **Círculo Azimutal** dispõe de um conjunto de observação, destinado à obtenção de azimutes do Sol. Este conjunto consiste de um **espelho**, capaz de girar em torno de um eixo horizontal, diametralmente oposto no círculo a uma **fenda de leitura** provida de um **prisma refletor** e um **nível de bolha**. Para observar o **azimute do Sol**, gira-se o **Círculo Azimutal** de modo que os raios solares incidam sobre o **espelho**, que é, então, orientado para dirigir os raios refletidos para a **fenda de leitura**, que, através do prisma refletor, faz refletir um de luz diretamente na **rosa graduada**, permitindo assim a obtenção do azimute (marcação) do astro. Da mesma forma que tomada de **mar-**

**cações**, deve-se manter a **rosa** nivelada, por meio do **nível de bolha** existente na base da **fenda de leitura**, durante a observação do azimute do Sol.

**Figura 3.37 - Alidade Telescópica**



A **Alidade Telescópica** é semelhante a um **Círculo Azimutal**, porém dispõe de uma **luneta telescópica com retículo**, em vez do conjunto **fenda de visada / mira**. Assim, a imagem é ampliada, melhorando a definição de objetos distantes para o observador. Um **prisma refletor** permite que sejam observados simultaneamente o objeto visado e a marcação correspondente.

### 3.3.6 DESVIO DA GIRO

#### a. CORREÇÕES A INTRODUIZIR NA GIROSCÓPICA

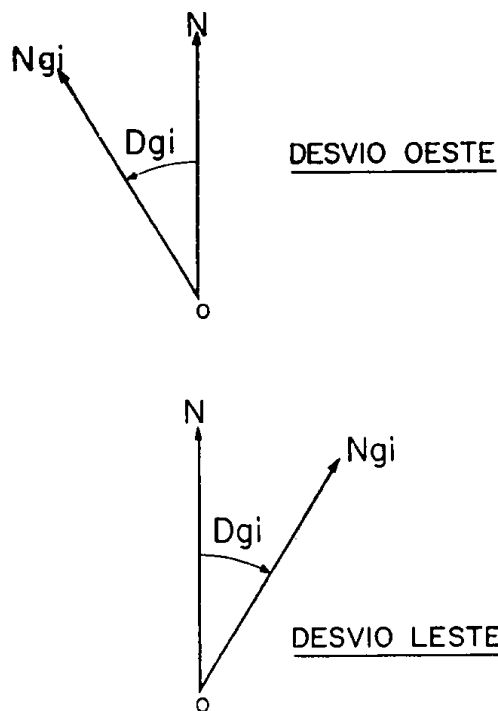
As forças de precessão que, automaticamente, levam a agulha ao meridiano são variáveis conforme a latitude do lugar. Por esta razão, uma giro tem sempre um corretor de latitude que, nos modelos mais antigos das agulhas giroscópicas, deve ser colocado e mantido manualmente na posição conveniente. Ademais a velocidade do navio provoca um erro na giroscópica, além da latitude e do rumo. Existe, portanto, um corretor de velocidade onde, nos modelos antigos, são introduzidos manualmente a velocidade do navio e a latitude do lugar (o rumo é introduzido automaticamente pela própria agulha).

#### b. DESVIOS DA GIRO

É possível que os erros não sejam anulados completamente ou que a agulha não esteja funcionando em perfeitas condições; o Rumo indicado, então, não é o Verdadeiro e sim o Rumo da Giroscópica (Rgi). Nesse caso, a linha 000° - 180° da agulha formaria, com a direção do meridiano verdadeiro, um ângulo, o Desvio da Giroscópica (Dgi). O Dgi é **E** quando o zero da rosa fica a **E** do meridiano verdadeiro e **W** quando o zero da rosa fica a **W** do referido meridiano. Note-se que as causas do Dgi nada têm, em comum, com as Desvios da Agulha Magnética. **O Dgi é constante para todos os Rumos, ao passo que os Desvios da Magnética variam com o Rumo.** Se a causa do Dgi não for o erro de latitude, ele será o mesmo em pontos diferentes da superfície da Terra, enquanto que isso não sucede com

os Desvios da Magnética. O Desvio é determinado comparando-se uma Marcação da Giro com uma Marcação Verdadeira conhecida, com a de um alinhamento, ou pelo Azimute do Sol (ou de outro astro), que pode ser obtido através de tábuas astronômicas apropriadas.

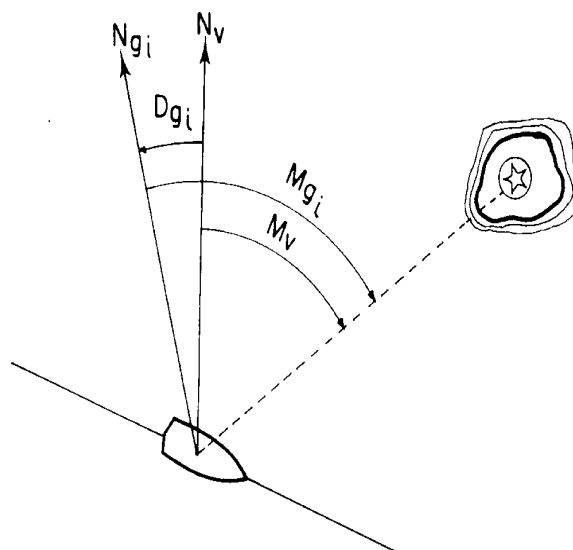
**Figura 3.38 - Desvio da agulha giroscópica**



N - NORTE VERDADEIRO  
 Ngi - NORTE DA AGULHA  
 Dgi - DESVIO DA AGULHA

Assim sendo, quando se usa uma **Agulha Giroscópica**, o **Desvio (Dgi)** é definido como o **Ângulo entre o Norte Verdadeiro (ou Geográfico) e o Norte da Agulha**, como mostrado na Figura 3.38.

**Figura 3.39 - Marcação verdadeira e marcação da giro**



$$Mv = Mgi - Dgi (W)$$

$$Mv = Mgi + Dgi (E)$$

Conforme explicado, o **Desvio da Giro** (expressão normalmente usada para designar o **Desvio da Agulha Giroscópica**) é constante em todos os Rumos (deriva de pequenos erros induzidos no equipamento pela velocidade do navio, latitude do lugar e outros fatores). É importante conhecer o Dgi e levá-lo em consideração durante a navegação, ao observar e plotar **Rumos e Marcações** (Figura 3.39).

### c. DETERMINAÇÃO DO DESVIO DA GIRO

O **Desvio da Giro** deve ser determinado com a maior frequência possível, durante a execução da navegação.

### d. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO DESVIO DA GIRO

#### EM NAVEGAÇÃO COSTEIRA OU EM ÁGUAS RESTRITAS

1. **Por alinhamento** (comparação da **Marcação da Giro**, observada na **Agulha**, com a **Marcação Verdadeira** de um alinhamento, obtida da **Carta Náutica**). É um método muito simples e preciso. Condição essencial: os pontos que constituem o alinhamento devem estar representados na Carta Náutica (Figura 3.40).

Figura 3.40 - Determinação do desvio da giro por alinhamento



2. Por marcação a um ponto distante (representado na Carta) a partir de uma posição conhecida
3. Comparação do Rumo da Giro com o navio amarrado paralelo a um Pier ou Cais, com o Rumo do Pier ou Cais retirado da Carta (método aproximado).
4. “Redução do triângulo”, após marcar 3 objetos representados na Carta.
5. Comparação com outra Agulha do navio, de Desvio conhecido.

#### EM NAVEGAÇÃO ASTRONÔMICA

O **Desvio da Giro** é determinado através da observação do Azimute do Sol ou de outro astro, conforme será estudo no Capítulo 31 (VOLUME II).

### 3.3.7 INSTALAÇÃO DA AGULHA GIROSCÓPICA A BORDO; ACESSÓRIOS DA AGULHA GIROSCÓPICA

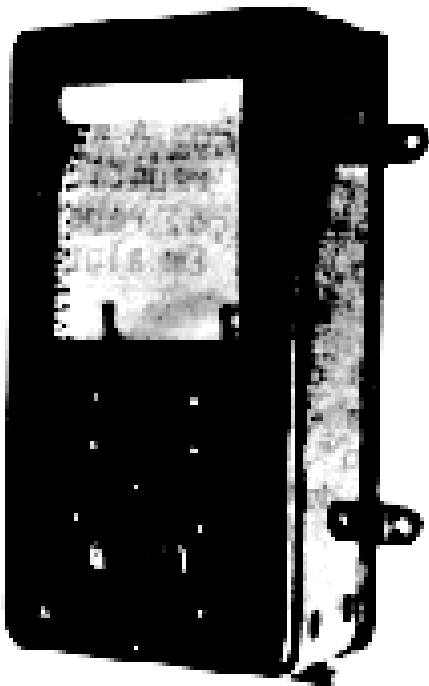
Como o funcionamento da giro não sofre influência dos ferros de bordo, nos navios de guerra ela é geralmente instalada em compartimentos internos, para maior proteção em caso de combate. Nos navios mercantes e auxiliares, a Agulha Giroscópica anteriormente também era instalada em compartimento próprio. Hoje, devido às pequenas dimensões do equipamento, são instaladas no Passadiço.

Ademais, muitos navios possuem duas Agulhas Giroscópicas, uma servindo como “back-up” da outra. No que se refere aos acessórios da Agulha Giroscópica, além das já citadas **Repetidoras**, convenientemente distribuídas a bordo (no Passadiço - **Repetidora de Governo**, nas Asas do Passadiço, no Tijupá, no Camarim de Navegação, no CIC/COC, Compartimento da Máquina do Leme, etc.), citam-se os seguintes:

- **piloto automático (giro-piloto); e**
- **registrador de rumos.**

O **piloto automático**, ou **Giro-Piloto**, é um dispositivo elétrico ou, modernamente, eletrônico, no qual ajusta-se o valor do **rumo** que se quer seguir, passando o navio a ser governado automaticamente. Uma observação importante é que, estando o navio governado pelo **piloto automático**, deve-se exercer uma vigilância permanente sobre a navegação e sobre o desempenho do equipamento, que é susceptível de falhas, capazes de tirar o navio do rumo ajustado, provocando situações perigosas. Mesmo com o Giro-Piloto operando corretamente, uma forte corrente inesperada pode fazer com que o navio abata e se afaste da **derrota planejada**. Ademais, o **piloto automático** também não reconhece a aproximação de outros navios em rumo de colisão.

**Figura 3.41 - Registrador de rumos**



O **registrador de rumos** (Figura 3.41) mantém um registro permanente, sob forma gráfica, dos rumos seguidos pelo navio, possibilitando, entre outras aplicações, verificar o grau de adestramento dos timoneiros e uma reconstituição posterior da navegação.

### 3.3.8 DETERMINAÇÃO DO DESVIO DA GIRO POR “REDUÇÃO DO TRIÂNGULO”

Este é um método interessante de determinação do **desvio da giro**, que vale a pena ser detalhado. Se não se dispõe de um **alinhamento** para comparação ou não é possível determinar a posição do navio por outro método para obter o Dgi, pode-se usar o método de “**redução do triângulo**”, após marcar três pontos representados na Carta.

Para emprego desse método, observam-se, com o navio parado, as marcações de 3 (ou mais) pontos de terra e traçam-se as LDP produzidas. Se as 3 (ou mais) LDP produzidas cruzam-se em um ponto quando inicialmente plotadas, o **desvio da giro** é zero. Se formam um triângulo, existe desvio. Então, somam-se (ou subtraem-se, conforme o caso) incrementos de 1º a todos as marcações e repete-se a plotagem, até que se “**reduza o triângulo**” e as marcações se cruzem em um ponto. A correção total assim aplicada a cada uma das LDP é o **desvio da giro**. Se a correção teve que ser subtraída, o desvio é OESTE (W). Se teve que ser somada, o desvio é LESTE (E).

# APÊNDICE AO CAPÍTULO 3

## COMPENSAÇÃO DA AGULHA MAGNÉTICA

### 1. CONCEITO; FREQUÊNCIA DE COMPENSAÇÃO

Compensação é a operação que tem por fim anular ou reduzir a valores muito pequenos (geralmente inferiores a  $2^{\circ}$  ou  $3^{\circ}$ ), os Desvios da Agulha.

Uma Agulha não compensada apresenta graves inconvenientes:

- a. Desvios grandes e muito diferentes de proa para proa;
- b. Desvios muito variáveis com o adernamento do navio e a latitude magnética;
- c. Fracas estabilidade e sensibilidade.

A compensação é levada a efeito pela introdução na agulha de corretores, constituídos por:

- a. ímãs permanentes (barras) com as extremidades pintadas de vermelho (pólo norte) e azul (pólo sul), que se introduzem no interior da bitácula;
- b. compensadores do desvio quadrantal, constituídos por esferas (muito raramente placas e cilindros) de ferro doce, que são fixados externamente a um e outro lado da bitácula.
- c. barra de Flinders, cilindro de ferro doce introduzido em um tubo de latão fixado verticalmente à bitácula

Ao longo da vida de um navio é necessário realizar numerosas operações de compensação. A evolução destas operações pode resumir-se da seguinte forma:

- a. As agulhas são sujeitas a uma primeira operação de compensação após estar terminada a construção do navio. Nessa ocasião, não existem ainda elementos que permitam calcular o comprimento da barra de Flinders e, por isso, se recorre a um valor aproximado ou se deixa mesmo para mais tarde a introdução deste corretor. A compensação é, então, levada a efeito usando apenas ímãs permanentes e compensadores do desvio quadrantal. Efetua-se, assim, uma **compensação provisória**.
- b. Logo que o navio fizer uma viagem em que se desloque francamente em latitude, é possível levar a efeito observações de desvios que permitem calcular o comprimento da barra de Flinders. Estas observações são geralmente efetuadas no mar, mas a introdução ou a retificação do comprimento da barra de Flinders tem quase sempre lugar em um porto; quando se introduzir ou retificar este comprimento, é necessário retocar a posição dos corretores restantes. Diz-se, então, que se levou a efeito uma **compensação definitiva**.

Enquanto não tiver sido realizada a compensação definitiva, os desvios, sobretudo nas proas E e W, variam muito com a latitude magnética e as Agulhas não oferecem por isso grande confiança. Se um navio fizer toda a sua vida sem se deslocar substancialmente em

latitude, nunca chega a ser possível efetuar a compensação definitiva, o que não tem, aliás, em tais condições, qualquer inconveniente.

Quer uma Agulha tenha sido sujeita à compensação definitiva, quer à compensação provisória, é necessário verificar frequentemente os Desvios e retocar a compensação logo que eles atinjam valores excessivos (maiores que  $3^\circ$ ). Determinadas circunstâncias podem alterar profunda e rapidamente a magnetização dos navios, tornando premente a necessidade de determinar novas Tabelas de Desvios e retocar a compensação. Apontam-se as mais frequentes:

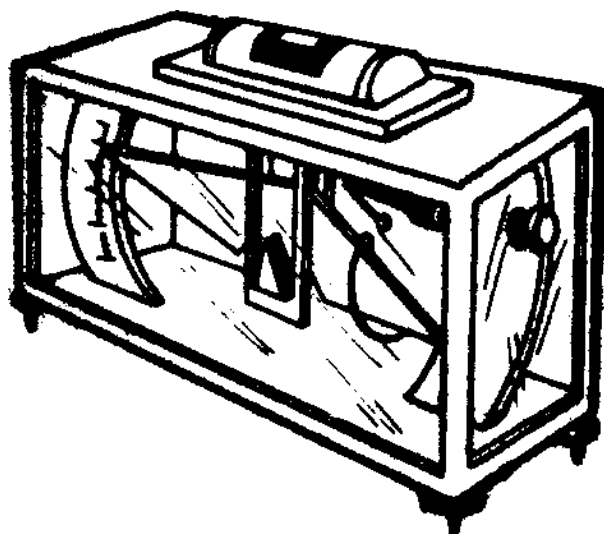
- a. grandes reparos ou alterações na estrutura do navio;
- b. instalação ou alteração de instrumentos elétricos ou de ferro nas imediações da Agulha;
- c. transporte de carga de natureza magnética;
- d. prolongada permanência na mesma proa (em carreiras, atracado ou mesmo navegando);
- e. navio atingido por granadas, bombas, torpedos ou faíscas atmosféricas;
- f. tiro de artilharia;
- g. tratamento de desmagnetização como defesa contra minas magnéticas.

A compensação de uma agulha compreende na prática as seguintes operações.

- Cálculo da barra de Flinders.
- Calibragem, em terra, da balança de inclinação.
- Inspeção da agulha e dos corretores.
- Rotação do navio e colocação das barras e dos corretores do desvio quadrantal.

## 2. CALIBRAGEM, EM TERRA, DA BALANÇA DE INCLINAÇÃO

Figura A3.1 -



A balança de inclinação é um instrumento constituído por uma pequena caixa (Figura A3.1) que contém uma agulha magnética, susceptível de se mover livremente no plano vertical, tendo geralmente indicadas, em azul e vermelho, as polaridades dos seus extremos. Em um dos braços da agulha está montado um pequeno peso, capaz de ser deslocado e cuja distância ao centro é indicada por uma escala.

Em terra, em um local livre de influências magnéticas e em altura do solo



não inferior a 1m, o instrumento é colocado de forma que a agulha fique orientada segundo o meridiano magnético, com a caixa bem nivelada e com o pólo vermelho apontado para o norte. Desloca-se o contrapeso sobre o braço da agulha até conseguir que ela fique em equilíbrio em uma posição sensivelmente horizontal e anota-se a distância a que o contrapeso ficou do centro. Nesta operação, eliminou-se então o efeito da inclinação magnética sobre a agulha, por intermédio do contrapeso. A balança está calibrada e pronta para ser levada para bordo.

### 3. INSPEÇÃO DA AGULHA E DOS CORRETORES

- a. Verificar a **estabilidade** e **sensibilidade** da Agulha. Obrigar a Agulha a girar, aproximando dela, e afastando logo a seguir, um ímã corretor, verificar se a Agulha se desloca livremente e se retoma rapidamente a posição inicial. Se tal não suceder, a Agulha necessita de ser reparada em uma oficina especializada (encaminhar à DHN).
- b. Verificar se a **cuba** está completamente cheia e se não existem bolhas de ar. Caso contrário, retirar a agulha da bitácula, abrir o orifício de enchimento e injetar líquido (45% de álcool e 55% de água destilada) até atestar. Nas agulhas esféricas, o fluído é constituído por um destilado fino de petróleo, semelhante ao varsol.
- c. Verificar se a **linha de fé** está rigorosamente apontada para a proa. Proceder a rotação da cuba ou da bitácula se for necessário.
- d. Verificar a ausência de magnetização residual permanente nos corredores de ferro doce: aproximar o mais possível da Agulha os **corretores do desvio quadrantal** (esferas de Barlow) e rodar sucessivamente cada um deles; essa rotação não deve provocar na proa da Agulha alteração superior a 2°. Com o navio aproado, tanto quanto possível, a E ou W, inverter a posição da barra de Flinders (passando para baixo a parte que estava em cima); essa inversão não deve também provocar na proa da Agulha alteração superior a 2°. Se as alterações forem superiores ao valor indicado, as peças devem ser reduzidas (levadas ao rubro e deixadas depois arrefecer lentamente), operação normalmente realizada na DHN.

## 4. MANOBRAS COM O NAVIO

### 4.1 ADVERTÊNCIAS

Ao efetuar as manobras com o navio, para efeitos de compensação da Agulha, é necessário ter em mente que:

- a. Não é conveniente realizar as manobras imediatamente depois de o navio ter estado durante muito tempo na mesma proa. Caso isto ocorra é recomendável que o navio permaneça 24 horas amarrado à bóia ou fundeado, antes da compensação.
- b. Os ímãs da Agulha e os corretores exercem entre si influências muito complexas; por esta e por outras razões não é geralmente possível, na prática, conseguir com uma única operação obter Desvios muito pequenos, se eles eram inicialmente muito grandes, como acontece

em um navio novo ou em uma Agulha em que a posição dos corretores esteja, por qualquer razão, muito errada. Quando os Desvios são muito grandes, é geralmente necessário proceder por aproximações sucessivas, executando primeiro uma compensação aproximada, para, posteriormente, levar a efeito outra mais rigorosa.

- c. É sempre preferível usar corretores maiores ou em maior número, bem afastados da agulha, do que menos potentes porém mais próximos.
- d. As guinadas devem ser feitas vagarosamente e as determinações de desvios só serão efetuadas depois de o navio permanecer 3 a 4 minutos na mesma proa.
- e. As determinações de desvios não devem ser feitas muito próximo de outros navios (menos de 500 metros).
- f. A chaminé deve estar à temperatura habitual.

## 4.2 OPERAÇÕES PRELIMINARES

Antes de iniciar as manobras com o navio, é necessário:

- a. Assegurar-se de que todos os ferros estão nas posições que normalmente ocupam em regime de viagem e que o navio está sem banda e sem trim.
- b. Abrir as portas da bitácula e aprontar o material necessário (corretores, modelo DHN 0108, etc.).
- c. Em se tratando da primeira compensação, colocar os corretores do desvio quadrantal a meia distância; caso contrário, mantê-los nas posições em que tinham ficado na compensação anterior.
- d. Ao iniciar as rotações do navio, içar o sinal OQ do Código Internacional de Sinais (cujo significado é “estou compensando as Agulhas ou calibrando o Radiogoniômetro”) e o sinal visual previsto no RIPEAM para embarcação com manobra restrita (ver Capítulo 15).

## 4.3 GOVERNO DO NAVIO DURANTE AS MANOBRAS

Para proceder às compensação é necessário aproar o navio a vários Rumos da Agulha, operação que é dificultada pelos movimentos da rosa resultantes do deslocamento dos corretores. Os métodos mais empregados são:

- a. Sendo possível governar pela Giroscópica, admite-se que os Rumos da Agulha e Rumos Magnéticos são praticamente coincidentes depois de efetuada a compensação e governa-se o navio nos Rumos da Giro correspondentes nos Magnéticos:  $R = \text{Dec mg}$ .
- b. Não sendo possível governar pela giro, vai-se levando o navio ao Rumo da Agulha por aproximações sucessivas. Aproa-se a determinado Rumo da Agulha; determina-se o Desvio e introduzem-se ou deslocam-se os corretores; a rosa desloca-se; o navio guina para acompanhar esse deslocamento, o que provoca alteração no Desvio. Efetua-se nova determinação de Desvio, conseqüentemente, deslocamento dos corretores e guinada do navio. E assim sucessivamente (mesmo que se trate de uma Agulha que apresente inicialmente grandes desvios, em duas ou, quando muito, três operações, obtêm-se o rigor desejado).

## 5. COMPENSAÇÃO DE AGULHA MAGNÉTICA POR COMPARAÇÃO COM A GIRO

Para descrever a compensação propriamente dita será detalhado apenas este processo, por ser o mais utilizado a bordo dos navios.

Basicamente, a compensação consiste em aproar o navio aos Rumos Magnéticos N, S, E e W, mantendo os Rumos pela Giroscópica e fazendo, por meio dos corretores, com que a Agulha Magnética indique os Rumos N, S, E e W magnéticos, ficando, portanto, sem Desvios.

A DHN edita um modelo (DHN-0104) que apresenta todo o procedimento para compensação da Agulha Magnética por comparação com a Giro.

É aconselhável que o quadro “RUMOS” já esteja pronto antes de se iniciar as manobras com o navio e que seja numerada a seqüência de proas a adotar durante as manobras.

### 5.1 CORREÇÃO DO DESVIO DE BANDA - PRIMEIRA PROA

Compensação do **Desvio de Banda** (Rmg E ou W).

- a. Desloca-se o contrapeso de **balança de inclinação** para uma distância do centro  $d = 0.9 d$  (ou  $0.8 d$ , se se tratar de uma Agulha instalada dentro de compartimento de aço), sendo  $d$  a distância que fora determinada em terra (ver item 2 - Calibragem em terra da balança de inclinação).
- b. Aproa-se o navio a E ou W magnético. Remove-se a Agulha da bitácula e leva-se a balança, orientada segundo o meridiano magnético e com o pólo vermelho apontado para N, à posição que era ocupada pela Agulha na bitácula.

Geralmente a agulha da balança tomará uma posição inclinada; introduzem-se ou deslocam-se os **ímãs corretores verticais (instalados no balde)** até conseguir que a agulha da balança se mantenha equilibrada na posição horizontal. Esta movimentação do balde poderá ser feita por tentativa. Entretanto, se se desejar uma orientação prévia, pode-se consultar o item 5.4 adiante, onde uma tabela indica a movimentação dos corretores para as situações que podem ocorrer.

Com a agulha da balança de “inclinação horizontalizada, está compensado o **Desvio da Banda**. Retira-se a balança e recoloca-se a cuba em seu lugar.

### 5.2 COMPENSAÇÃO DO DESVIO SEMI-CIRCULAR

**2ª PROA - Vai-se ao Rmg N e com os ímãs transversais** (e somente com eles), anula-se o Desvio (encontrando dificuldades, consulte a tabela do item 5.4 adiante).

**3ª PROA - Vai-se ao Emg (ou Wng) e com os ímãs longitudinais** anula-se o Desvio encontrado (a tabela do item 5.4 também poderia ajudar, se necessário).

**4ª PROA - Vai-se ao Smg e, com os ímãs transversais, tira-se apenas a metade do Desvio.**

**5ª PROA** - Vai-se ao Wng (rumo oposto ao adotado na 3ª PROA) e com os ímãs longitudinais tira-se a metade do Desvio encontrado.

### 5.3 COMPENSAÇÃO DO DESVIO QUADRANTAL

**6ª PROA** - Vai-se a uma proa intercardial (NE, SE, SW ou NW magnético) qualquer e, movimentando-se os corretores do desvio quadrantal (Esferas de Barlow), anula-se o Desvio encontrado.

**7ª PROA** - Vai-se a uma proa intercardial afastada de 90° da anterior, e, por meio ainda dos corretores de desvio quadrantal, tira-se a metade de Desvio.

ESTÁ TERMINADA A COMPENSAÇÃO DA AGULHA.

A Figura A3.2, ao lado, apresenta as partes do modelo DHN 0104 que foram preenchidas nas manobras do navio.

### 5.4 OPERAÇÕES A REALIZAR COM OS CORRETORES DESVIO DE BANDA - 1ª PROA -

BALANÇA DE INCLINAÇÃO COM O EXTREMO VERMELHO	AGULHA SEM CORRETORES	AGULHA COM CORRETORES JÁ COLOCADOS	
	Colocar o pólo vermelho para	Com o vermelho para	Deslocamento a efetuar
ELEVADO	baixo	baixo cima	aproximar afastar
ABAIXADO	cima	baixo cima	afastar aproximar

Se a operação de arriar o balde com os corretores não for suficiente para anular o desvio, este serão total ou parcialmente retirados. Se o desvio ainda subsistir, terão de ser invertidos.

Não é conveniente que o balde fique muito próximo da agulha; é preferível carregá-lo com maior número de corretores, para que seja possível mantê-lo mais afastado.

#### DESVIO SEMI-CIRCULAR – 2ª, 3ª, 4ª e 5ª PROAS

ÍMÃS	PROA (Rmg)	DESVIO OBSERVADO	AGULHA SEM CORRETORES Colocar o pólo vermelho para	AGULHA COM CORRETORES JÁ COLOCADAOS			
				Vermelho para BB	afastar / aproximar		Vermelho para BE
TRANSVERSAIS	N	E	BE		Vermelho para BB	afastar	
		W	BB	aproximar		afastar	
	S	E	BB	aproximar		afastar	
		W	BE	afastar		aproximar	
LONGITUDINAIS	E	E	VANTE	Vermelho para VANTE	aproximar	Vermelho para RÉ	afastar
		W	RÉ		afastar		aproximar
	W	E	RÉ		afastar		aproximar
		W	VANTE		aproximar		afastar

Figura A3-2 - Modelo DHN-0104 - Quadros preenchidos da Manobra do navio e operações da compensação propriamente dita

D H N - 0104

COMPENSAÇÃO DE AGULHA MAGNÉTICA POR COMPARAÇÃO COM A GIRO



NAVIO Itaim  
 DATA 06 / 07 / 93  
 LOCAL Belem

AGULHA  PADRÃO  GOVERNO

MARCA N.S.  
 MODELO 3  
 NÚMERO 0879

DEGAUSSING  LIGADO  
 DESLIGADO

Rmg	RUMOS		DESVIO DE BANDA		COMPENSAÇÃO		TABELA DE DESVIOS				CURVA DE DESVIOS					
	E somar Dec mag W 10 Rv	E subtrair D gi W 1 somar Rgi	BALDE	BANDA	SEMI-CIRCULAR	DESVIO QUADRANTAL	DESVIO E	Rmg	DESVIO W	Rmg > Rmg	DESVIO W	E	Rmg	W		
000	350	351			TRANSVERSAL ANULAR <input checked="" type="checkbox"/> METADE <input type="checkbox"/>		1°	000				045				
045	035	036				ANULAR <input type="checkbox"/> METADE <input checked="" type="checkbox"/>	2°	045				090				
090	080	081		HORIZONTALIZAR A BALANÇA <input checked="" type="checkbox"/>	LONGITUDINAL ANULAR <input checked="" type="checkbox"/> METADE <input type="checkbox"/>		1°	090				135				
135	125	126				ANULAR <input checked="" type="checkbox"/> METADE <input type="checkbox"/>	0	135				180				
180	170	171			TRANSVERSAL ANULAR <input type="checkbox"/> METADE <input checked="" type="checkbox"/>			180	1°			225				
225	215	216				ANULAR <input type="checkbox"/> METADE <input type="checkbox"/>		225	2°			270				
270	260	261		HORIZONTALIZAR A BALANÇA <input type="checkbox"/>	LONGITUDINAL ANULAR <input checked="" type="checkbox"/> METADE <input type="checkbox"/>			270	1°			315				
315	305	306				ANULAR <input type="checkbox"/> METADE <input type="checkbox"/>		315	0							

Se a operação de movimentar os corretores já existentes não for suficiente para anular ou reduzir o desvio, será necessário aumentar ou diminuir o seu número, ou, ainda, inverter a sua posição.

Não é conveniente que os corretores fiquem muito próximos da agulha; é preferível aumentar o seu número para que seja possível mantê-los mais afastados. Não colocá-los a uma distância inferior ao dobro do seu comprimento.

Os irmãos longitudinais são quase sempre instalados em um e outro lados da bitácula, sendo muito conveniente que fiquem simetricamente dispostos.

### DESVIO QUADRANTAL - 6ª e 7ª PROAS

PROAS (Rmg)	DESVIO OBSERVADO	DESLOCAMENTO DOS CORRETORES
NE e SN	E W	aproximar afastar
NW e SE	E W	afastar aproximar

É conveniente que os corretores fiquem o mais afastado possível da agulha, sendo preferível substituí-los por outros de maiores dimensões do que aproximá-los excessivamente.

Por outro lado, se os corretores ao fim da compensação estiverem nas extremidades dos braços, provavelmente na próxima compensação deverão ser substituídos por outros menores.

## 6. CURVA DE DESVIOS RESIDUAIS

Já compensada a agulha, faz-se um giro completo, parando nos Rumos cardeais e intercardeais e, comparando os valores dos Rmg com os Rag, determinam-se os Dag, operação esta denominada Regulamento da Agulha.

Caso o navio possua equipamento Degaussing, faz-se também o regulamento com o Degaussing ligado.

## 7. BARRA DE FLINDERS

O comprimento e a posição da barra de Flinders devem ser determinados por cálculo; para efetuar este cálculo é, porém, necessário que tenha sido possível determinar desvios nas proas E e W magnético em latitudes bastante diferentes.

Este problema afeta principalmente os navios novos, ocasiões em que usa-se o comprimento já obtido por cálculo para outro navio da mesma classe ou, na falta de quaisquer elementos, deixa-se de usar a barra de Flinders até que haja condições de efetuar os cálculos.