

# SIMULADOR PARA COMPENSAÇÃO DE BÚSSOLA NÁUTICA

Adjustment simulator for nautical compass

David Canabarro Savi<sup>1</sup>, Cosme Ferreira da Ponte Neto<sup>2</sup>

**Resumo:** O Simulador é destinado à formação de compensadores de agulha magnética (bússola náutica). A compensação é o procedimento realizado obrigatoriamente nos navios de médio e grande porte por força de lei, para reduzir o desvio da agulha magnética a valores inferiores a 3 (três) graus. O Simulador foi desenvolvido, como Recurso Instrucional para o Curso Expedito de Compensação de Agulhas Magnéticas (C-EXP-AG-MAG), da Marinha do Brasil, e disciplina Compensação de Agulhas Magnéticas do Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais (CAHO), ambos com currículos aprovados pela Diretoria de Ensino da Marinha e ministrados na Diretoria de Hidrografia e Navegação. Do ponto de vista da física teórica, as manobras de compensação resumem-se à variação da orientação do sistema bússola-navio, em seu campo magnético solidário e induzido, em relação ao sistema planetário e seu campo geomagnético, excluindo as anomalias locais do campo crustal. A construção e utilização do equipamento constituem processos de inovação tanto nacional como internacionalmente, referendados pela pesquisa bibliográfica e análise do pedido de patente.

**Palavras-chave:** Simulador. Compensação da Bússola Náutica. Mega-alidade. Formação de Compensadores.

**Abstract:** The Simulator is destined to trainee the process of magnetic compass adjustment held mandatory on vessels of medium and large size according to the law; the adjustment procedure is needed to correct the deviation, whenever the offset reach 3 (three) degrees or more. This simulator was developed as an Instruction Tool to teach the Course Expedited of Magnetic Compass Adjustment (C-EXP-AG-MAG) of the Brazilian Navy, and Magnetic Compass Adjustment Class of the Course in Hydrography for Navy Officers (CAHO), both with curriculum validated by Directorate of Education Navy and ministered at Directorate of Hydrography and Navigation. From the point of view of theoretical physics, maneuvers compensation summarize the variation of the orientation of the system on your boat compass-supportive and induced magnetic field over the planetary system and its geomagnetic field, excluding local anomalies of the crustal field. The construction and use of the equipment are innovation processes both nationally and internationally, countersigned by the literature search and analysis of the patent application.

**Keywords:** Simulator. Adjustment Nautical Compass. Mega-ality. Training Compensators.

## 1. INTRODUÇÃO

Ainda hoje a bússola, ou agulha magnética, é um instrumento de navegação exigido em vários países, tanto para os aviões no tráfego aéreo como para os navios no tráfego marítimo (DPC, 2013). Apesar de inventada e usada há mais de 1.400 anos, poucas alterações ocorreram em seu funcionamento básico; a agulha magnética, por suas características de autonomia, robustez e confiabilidade, segue sendo usada

na era da informação e dos equipamentos eletrônicos; é um instrumento básico e fundamental na navegação marítima, informando a direção da proa do navio, retirado o desvio da agulha, em relação ao Norte Magnético (SPENCER; KUCERA, 1969). Esse instrumento deve ser “compensado” sempre que o desvio da agulha for superior a 3 (três) graus ou estiver vencido o Certificado de Compensação de Agulha, para que funcione de forma regular (OLIVEIRA; SALLES, 2010).

<sup>1</sup>. Capitão de Mar e Guerra (T). MSc, aluno de doutorado em Geofísica pelo Observatório Nacional - Rio de Janeiro, RJ - Brasil. E-mail: david\_canabarro@uol.com.br  
<sup>2</sup>. DSc em Geofísica. Pesquisador Associado do Observatório Nacional - Rio de Janeiro, RJ - Brasil. E-mail: cosme@on.br

A compensação, no Brasil, deve ser feita por peritos reconhecidos pela Marinha do Brasil, especificamente pela Diretoria de Portos e Costas (DPC) (DPC, 2013). A formação técnica desses peritos é responsabilidade da Marinha do Brasil e realizada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). A DHN oferece cursos regulares para a DPC, nos quais são matriculados alunos para atender à demanda de compensadores da Marinha Mercante e navegação civil, enquanto a demanda de compensadores para a Marinha de Guerra é atendida por cursos, da Diretoria, em turmas diferentes e pela formação dos Oficiais Hidrógrafos, que têm uma disciplina no curso de Hidrografia equivalente ao curso de formação de compensadores.

O processo de compensação é um método demorado, uma vez que deve ser realizado com a embarcação em movimento, em uma área afastada de interferências magnéticas. Esse processo dura até três horas, somando o tempo de deslocamento entre o suspender da embarcação até a área de trabalho e ainda o retorno e a atracação desta. Portanto, para a formação de compensadores se faz necessário um grande número de compensações durante os cursos de graduação. Em razão dos elevados custos das compensações e do tempo demandado para sua consecução, foi avaliada a ideia da construção de um equipamento que permitisse aos alunos exercitarem os procedimentos de compensação sem sair da escola de formação, então surgiu o Simulador de Compensação de Agulha Magnética. Evidentemente, as compensações a bordo continuam como requisito e prova final dos cursos, mas pelo uso do Simulador são otimizadas.

O Simulador foi desenvolvido em trabalho realizado no Observatório Nacional, na reciclagem dos instrutores da DHN para reformulação dos cursos de Compensação da Agulha Magnética, introduzindo o estado da arte em pesquisas de Geomagnetismo desenvolvidas no Observatório Nacional e teorizando sobre a parte de magnetizações de navios dos cursos. Se pode ser identificado um problema de pesquisa, este seria a reformulação ou atualização do ensino de compensação, com uma hipótese assumida de levar a cabo a construção de um equipamento de grande porte para facilitar as atividades práticas. O trabalho relata o objetivo geral de desenvolver um simulador para otimizar o processo de ensino de compensação das agulhas magnéticas (ou bússola náutica). Esse Simulador foi utilizado como recurso didático nos cursos da DHN. Como objetivo específico no desenvolvimento do projeto, foi estabelecida a necessidade de patenteamento do Simulador, sendo

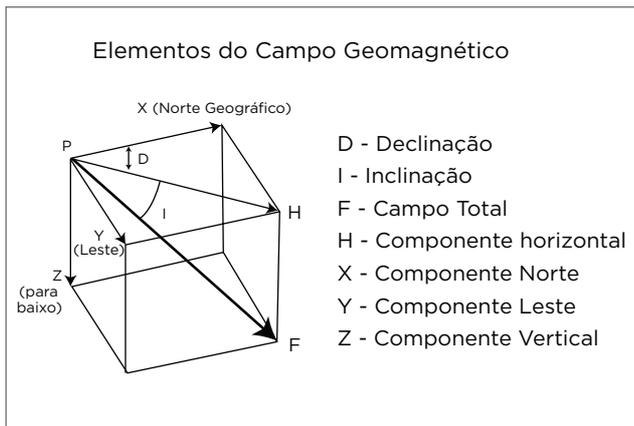
justificativa para sua construção o incremento da prática da compensação sem aumento de custo, por uso de navios.

## 1.1. CONCEITOS PRINCIPAIS - DECLINAÇÃO MAGNÉTICA E COMPENSAÇÃO DA BÚSSOLA

Na navegação, as direções (rumos e marcações) são definidas pela bússola (agulha magnética), pela giroscópica ou por GPS. Trataremos neste trabalho apenas da agulha magnética, a qual é orientada segundo o meridiano magnético, sendo este o plano que contém o vetor principal, sua projeção horizontal  $H$  e a linha de força que conecta os polos magnéticos (OLIVEIRA; SALLES, 2010). A diferença angular entre a direção do meridiano magnético representado por  $H$  e o meridiano geográfico em um determinado lugar é denominada “Declinação Magnética”. A Declinação Magnética ( $D$ ) em um determinado lugar é o ângulo entre a direção do Norte Geográfico e a direção do Norte Magnético no local, sendo a Inclinação Magnética ( $I$ ) o ângulo entre o vetor campo total e sua projeção horizontal. Regiões com alta Inclinação Magnética percebem problemas no funcionamento da agulha magnética, característica comum das altas latitudes magnéticas, acima de  $60^\circ$ . Esses problemas podem ser atenuados com o ajuste do “ímã de balde” e da “barra de Flinders” (SPENCER; KUCERA, 1969). A Declinação Magnética é expressa em graus e minutos, recebendo uma designação Leste (E) ou Oeste (W) para indicar de que lado do meridiano verdadeiro está o meridiano magnético.

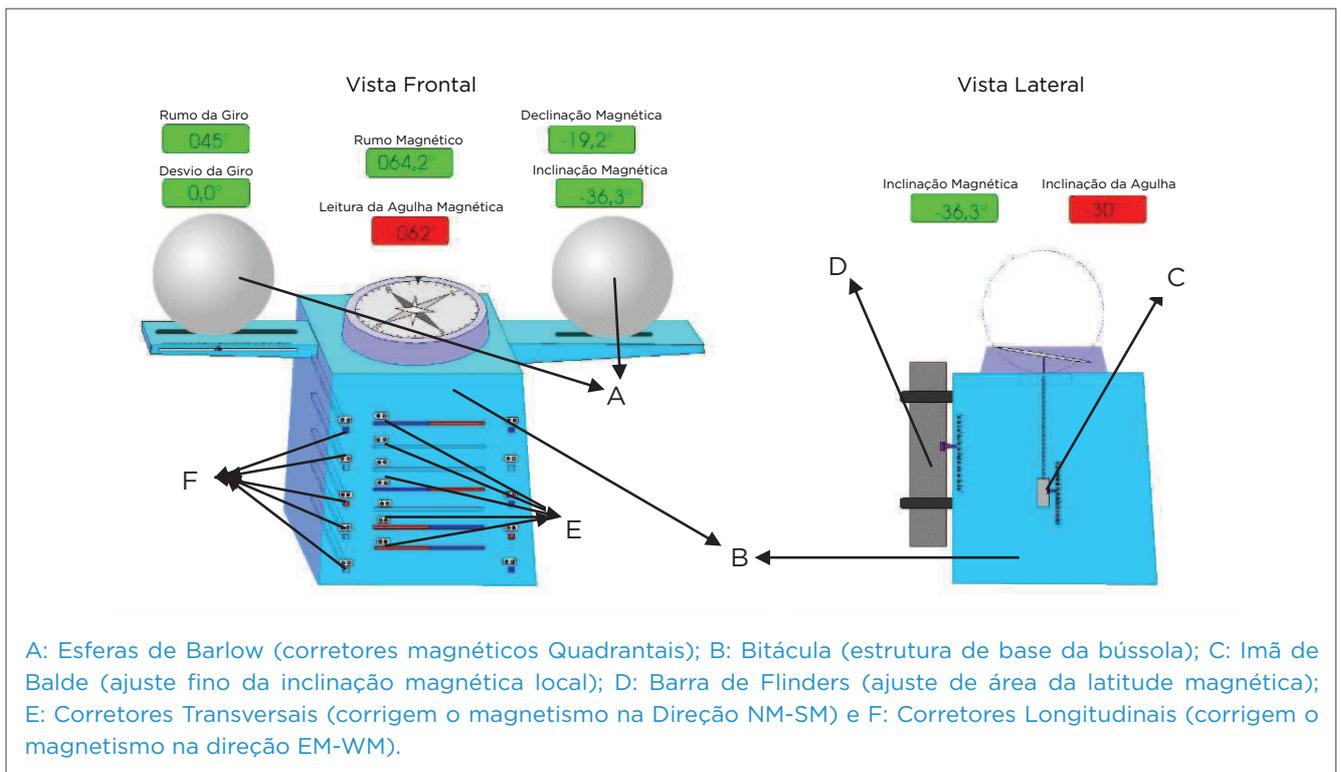
A Declinação Magnética varia na superfície da Terra e ao longo do tempo, suas linhas têm um movimento normalmente para leste, mas as variações e taxas de variações dependem dos movimentos e assimetrias do núcleo externo do planeta. Ademais, enquanto os polos verdadeiros (ou geográficos) são “fixos” (variam poucos metros), os polos magnéticos da Terra variaram muito de posição (dezenas de quilômetros) nos últimos cinco séculos. Dessa forma, a Declinação Magnética de um local também varia ao longo do tempo. As Cartas Náuticas informam ao navegante, para as áreas nelas representadas, o valor da Declinação Magnética e de sua variação anual, nas Rosas de Rumos. Outra maneira de obter os valores é por meio de consulta às Cartas Magnéticas – cartas geradas pelos observatórios magnéticos mundiais, que utilizam o Campo Geomagnético

de Referência. A Figura 1 apresenta os principais conceitos descritos. Uma agulha magnética livremente suspensa, quando situada em terra firme, em local isento de outras influências magnéticas, orienta-se na direção do meridiano magnético (plano de força do campo magnético terrestre correspondendo à extrapolação do plano P - H - F da Figura 1 – compilação do autor).



**Figura 1.** Decomposição do vetor Campo Geomagnético Total.

A bordo de embarcações, porém, existem outros campos magnéticos, provenientes dos ferros e aços de que o navio é construído e dos equipamentos elétricos instalados. Os efeitos desses campos magnéticos podem ser muito atenuados pela compensação da agulha, operação que consiste na colocação de “ímãs corretores” itens E e F (Figura 2), que criam campos magnéticos iguais e opostos aos do navio (MIGUENS, 1996). Entretanto, não é, normalmente, possível anular por completo o campo magnético do navio e, nessas condições, a agulha não se orienta na direção do meridiano magnético, mas segundo outra linha, denominada Norte da Agulha. Assim, o desvio da agulha é definido como o ângulo entre o Norte Magnético e o Norte da Agulha. O desvio da agulha depende dos campos magnéticos do navio, dos corretores instalados na bitácula (compartimento que abriga a bússola e seus corretores) (item B da Figura 2), da orientação daqueles em relação ao campo magnético terrestre e, em menor proporção, da lenta desmagnetização dos próprios corretores (itens E e F da Figura 2), que atuam reduzindo o desvio da agulha (JACKSON, 1998), sendo o objetivo da compensação minimizar esse desvio.



**Figura 2.** Desenho esquemático da bússola náutica.

A compensação propriamente dita é realizada a bordo, de forma dinâmica, iterativamente seguindo oito proas (rumos magnéticos) distintas, posicionando o navio simetricamente às direções geomagnéticas. A Figura 3 mostra essas orientações. A variação da orientação do sistema bússola-navio, em seu campo magnético solidário e induzido, é realizada pelos 360° que percorre o navio na interação das oito diferentes proas dos esquemas da figura abaixo, em relação ao sistema planetário e seu campo geomagnético.

Nos esquemas a seguir, o magnetismo permanente e induzido é decomposto em coeficientes simétricos e assimétricos,

a vante, a boreste, horizontais, sendo ainda considerados o componente vertical que provoca um desvio na agulha com característica semicircular, semelhante ao desvio provocado pela magnetização permanente. Isso ocorre porque a embarcação sempre mantém seu eixo na direção horizontal, de modo que a componente vertical, que atua na agulha, se desloca sempre solidária ao navio de forma semelhante à magnetização permanente.

O coeficiente A diz respeito à variação de posição da agulha em relação ao navio, tem valor fixo de construção pela locação da agulha. O esquema do coeficiente B mostra o desvio da agulha causado pela componente a vante da

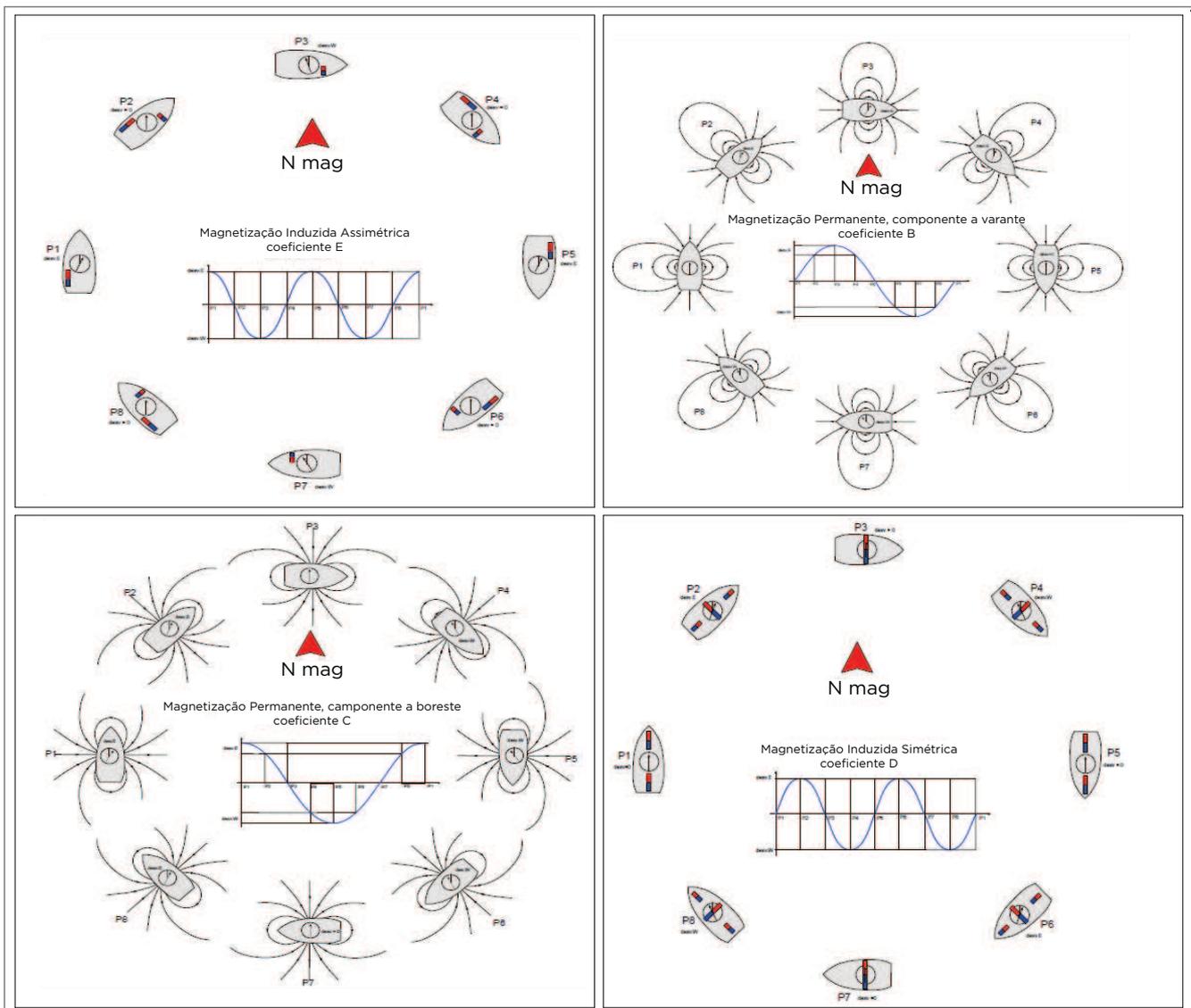


Figura 3. Componentes do desvio da agulha.

magnetização permanente do navio (chamada semicircular). O esquema do coeficiente C mostra o desvio da agulha causado pela componente a boreste da magnetização permanente do navio (também chamada semicircular é defasada em  $90^\circ$  do coeficiente B). Por fim, o coeficiente D mostra o componente horizontal simétrica — nesse caso o desvio tem 2 ciclos completo quando o navio altera seu rumo em  $360^\circ$ , variação a qual é chamada quadrantal. Componente horizontal assimétrica — nesse caso o desvio também tem 2 ciclos completos quando o navio altera seu rumo em  $360^\circ$ . Essa variação também é chamada quadrantal. Note que esse desvio está defasado  $45^\circ$  em relação à componente simétrica. A determinação para que se procurem áreas para compensação não afetadas magnéticamente é para que sejam excluídas as anomalias locais do campo cristal.

## 1.2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O campo magnético gerado por uma barra magnetizada — no Simulador e as interferências magnéticas causadas pelas caixas de interferência, que são barras de ferro magnetizadas pelo campo geomagnético — e pelos campos magnéticos de bobinas percorridas por corrente elétrica podem ser calculados teoricamente conforme será apresentado a seguir. O sistema de unidades utilizado na formulação é o CGS (FARIA; LIMA, 2005).

O Sistema CGS de unidades é um sistema de medidas físicas, ou sistema dimensional, de tipologia LMT (comprimento, massa, tempo), cujas unidades-base são o centímetro para o comprimento, o grama para a massa e o segundo para o tempo. Foi adotado em 1881 no Primeiro Congresso Internacional de Eletricidade, realizado em Paris, França.

CGS é, assim, um acrônimo maiúsculo para centímetro–grama–segundo. É o sistema de unidades físicas primordial que precedeu o Sistema Internacional de Unidades (SI), por este sendo substituído. O SI baseou-se, em essência, no Sistema MKS de unidades, também acrônimo maiúsculo para metro–kg(kilograma)–segundo.

Conquanto haja tendência de unificação internacional por meio do Sistema Internacional de Unidades, o Sistema CGS ainda é bastante usado em várias áreas e há razões de ordem lógica, outras de fundo histórico, outras ainda de respaldo tradicional. Muitas fórmulas do eletromagnetismo são mais simples em unidades CGS.

Considerando uma barra magnetizada de comprimento  $L$ , seção transversal  $a$  e magnetização  $M$ , conforme a Figura 4, o comprimento magnético da barra  $Cm$  é a distância entre os dois polos magnéticos da barra e pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$Cm = 2l = \frac{5L}{6} \quad (1)$$

O campo magnético gerado por cada polo magnético, a uma distância  $d$ , é dado por:

$$H = \frac{M \cdot a}{d^2} \quad (2)$$

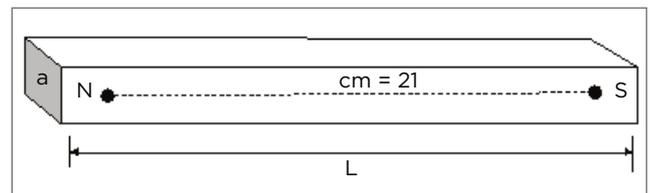
Sendo:

$M$  = magnetização da barra

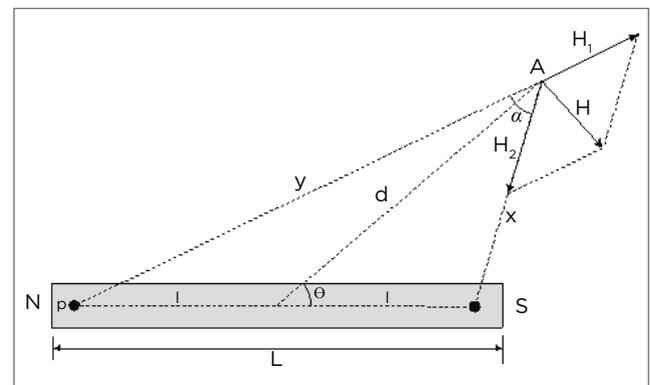
$d$  = distância do polo ao ponto considerado

$a$  = área da seção reta da barra

Podemos calcular o campo magnético  $H$ , gerado pela barra num ponto A do seu entorno, por meio da Equação 3 (BRANDÃO, 1955), conforme a Figura 5.



**Figura 4.** Barra magnetizada e seu “comprimento” magnético.



**Figura 5.** Campo magnético gerado por uma barra magnetizada no ponto A.

$$H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2 - 2H_1H_2 \cos \alpha} \quad (3)$$

Sendo:

$$H_1 = \frac{M.a}{x^2} \quad (4)$$

$$H_2 = \frac{M.a}{y^2} \quad (5)$$

$$\cos \alpha = \frac{4l^2 - x^2 - y^2}{2xy} \quad (6)$$

$$x = \sqrt{d^2 + l^2 - 2ld \cos \Theta} \quad (7)$$

$$y = \sqrt{d^2 + l^2 - 2ld \cos \Theta} \quad (8)$$

## 2. METODOLOGIA DE PESQUISA OU A PROPOSTA DO SIMULADOR

O Simulador foi viabilizado a partir do raciocínio de escala. Se houvesse um guindaste gigante que pudesse erguer um navio, bastaria girar a embarcação em seis posições simétricas relativas ao Campo Geomagnético, mantidas com precisão; ajustar os imãs corretores e minimizar o desvio da agulha em cada uma delas. Depois usar mais duas posições relativas, para verificar a redução do desvio da agulha a limite aceitável, e estaria realizada a compensação da agulha magnética da embarcação. Esse é o pressuposto do Simulador, mas por que não compensar a bússola fora do navio e devolvê-la compensada?

Existem vários requisitos práticos para a compensação da bússola, como:

- a compensação só pode ser feita a bordo, pela interação do campo magnético do navio com a bússola dele;
- deve-se manter com precisão o rumo de uma proa do navio por alguns minutos desenvolvendo velocidade;
- é necessário corrigir para cada proa a assimetria do desvio (corrigindo uma não se corrige todas, portanto há a necessidade de percorrer todas as proas num sentido lógico e interativo);
- a área de corrida das proas deve ser livre de fortes assimetrias magnéticas, caso contrário a compensação não fecha e nas últimas proas voltam os desvios.

O Simulador demonstra as posições relativas do navio quanto ao Campo Geomagnético, quais imãs corretores atuam em cada posição e como devem ser manuseados, fixando o processo da Compensação de forma teórico-prático. O equipamento foi construído em uma plataforma giratória (Figura 6, item A), sobre a qual foi fixada uma embarcação (Figura 6, item B) com uma bitácula completa (base da agulha). Nessa plataforma foi instalada a fonte de interferência (mecanismo que possibilita variar a massa magnética, oferecendo diferentes cenários de gradiente magnéticos). Uma gigantesca “alidade”, circunferência móvel graduada (Figura 6, item C), de oito metros de diâmetro interno, produzida em alumínio e sobre rodas, foi colocada envolvendo a plataforma. Com isso, o aluno pode usar a declinação magnética de qualquer parte do Brasil e do mundo. Quando o aluno gira a circunferência (alidade), é como se girasse os pontos cardinais geográficos.

A fonte de interferência (Figura 7A e B) consiste em seis caixas prismáticas retangulares que envolvem a base da bitácula. Esse conjunto apresenta três caixas (Figura 7A, itens A, B e C) nas direções: proa-popa, bombordo-boreste e vertical, respectivamente, conectadas a uma bateria (Figura 7A, item D), e outro conjunto de caixas iguais sem conexão à fonte (Figura 7A, itens E, F e G). Em todas as caixas existe uma barra cilíndrica de ferro doce com 50 cm de comprimento e 3,5 cm de



A: base giratória, B: embarcação de alumínio tipo Levefort® de 5 m de comprimento, e C: circunferência graduada sobre rodas, Alidade.

**Figura 6.** Instrução de guinada de proa no Simulador.

diâmetro, encamisada por um tubo de PVC. Nas caixas conectadas à bateria as barras são bobinadas, em um tubo de PVC, com 250 voltas de fio de cobre esmaltado 15 AWG. Os dois conjuntos de prismas simulam a ação do campo permanente por meio das bobinas energizadas (Figura 7, itens A, B e C) e do campo induzido não energizado, produzido pelas barras nas caixas (Figura 7, itens E, F e G). Isso simula as componentes magnéticas que atuam sobre a agulha nos navios.

O comando da fonte é executado pelos disjuntores H (Figura 7B) com três posições: desligado, ligado e ligado com reversão de polaridade. Essa estrutura imita a massa férrea do navio, podendo — pela intensidade do campo produzido — simular desde grandes embarcações até pequenos barcos, representando o magnetismo permanente e o induzido que permeariam as embarcações.

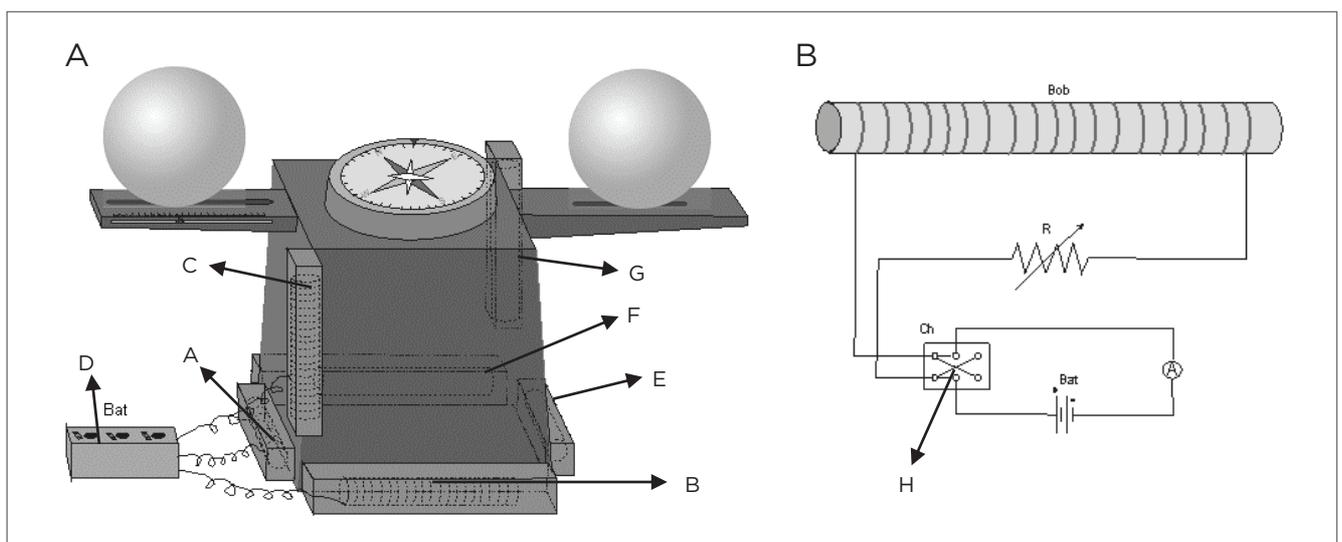
## 2.1. LAYOUT DO EQUIPAMENTO

O Simulador está montado no edifício da Superintendência de Ensino da DHN (Figura 8), onde são ministrados os cursos de formação de oficiais e técnicos da DHN. No entanto, o módulo da fonte de interferência ainda não está acoplado. Nas primeiras medições realizadas foi detectada uma variação entre o Norte Magnético (indicado pela agulha) e o medido por rastreio geodésico (a partir da redução da

declinação magnética indicada na Carta Náutica). Nesse local foi realizado um levantamento magnetométrico e verificado um gradiente de 500 nt (nanotesla) evidenciando uma anomalia magnética do local. A intensidade do campo magnético da superfície da Terra medida no Brasil varia entre 23.000 e 25.000 nt. Embora essa assimetria não seja desejável, ela interfere pouco no objetivo do equipamento que é a instrução.



**Figura 8.** Simulador em uso no vértice do prédio da Superintendência de ensino da Diretoria de Hidrografia e Navegação.



**Figura 7.** (A) Fonte de interferência: bobinas (A, B e C) conectadas a bateria (D) unidas por barras (E, F e G) envolvendo a bitácula. (B) Esquema eletrônico dos disjuntores H.

### 3. RESULTADOS

Este artigo teve como objetivo geral relatar o desenvolvimento de um simulador físico, utilizado como recurso instrucional para o Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais (CAHO) e Curso Expedito de Compensação de Agulhas Magnéticas (C-EXP-AG-MAG), desde sua implantação até os dias atuais, sendo ambos os cursos ministrados na Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

Esse Simulador vem sendo utilizado em módulos desde 2009. As primeiras turmas a utilizarem o Simulador foram o CAHO no final de 2009, com 11 alunos, como ilustra a Figura 9 (sem a alidade, e em modo piloto) e o C-EXP-AG-MAG turma 1 de 2010, com 16 alunos como mostra a Figura 10 (com a alidade), totalizando ambas as turmas 120 horas aula no equipamento.

O objetivo específico de patenteamento do equipamento está em processamento no INPI, porém para a DHN já pode ser considerado satisfatório, dada a sua aplicação instrucional. Os resultados positivos do Simulador são tangíveis na



**Figura 9.** Primeira turma do Curso de Hidrografia para oficiais a usar o Simulador CAHO 2009, na disciplina Compensação de Agulha Magnética sem a mega-alidade, em setembro de 2009, sob dois ângulos diferentes.



**Figura 10.** Primeira turma do Curso Expedito de Compensação de Agulha Magnética na nova formatação, utilizando o Simulador em março de 2010, sob dois ângulos diferentes.

medida em que existe a possibilidade de manutenção deste na grade curricular dos cursos citados. Além disso, há a possibilidade da expansão do seu uso no currículo do Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Praças, e na explicação prática nas disciplinas de navegação do Curso de Especialização em Hidrografia para Praças.

Se considerarmos que cada aluno usou um tempo médio de 15 minutos por compensação, e em média 10 compensações no Simulador, podemos avaliar um uso médio de 415 horas-aula nesses anos de funcionamento. Alunos estrangeiros já utilizaram o equipamento, calibrando-o com a declinação magnética de seus países de origem. Dentre esses, podemos citar venezuelanos, namibianos e uruguaios. Dessa forma, conclui-se que o equipamento, como auxiliar da compreensão do processo de compensação e do entendimento da atuação do campo magnético permanente e induzido sobre as embarcações, é um recurso instrucional de vanguarda para a Hidrografia nacional.

O Simulador de Compensação da Agulha magnética tornou-se recurso instrucional de excepcional desempenho, sendo incluso como recurso nos currículos do CAHO e do

C-EXP-AG-MAG, atingindo diretamente os 166 alunos envolvidos com a compensação da agulha magnética desde setembro de 2009, e, indiretamente, todos os alunos que o utilizaram em aulas de navegação ou em noções de navegação por rumo magnético.

A Tabela 1 abaixo demonstra a demanda efetiva do equipamento desde sua construção:

## 4. DISCUSSÃO

De alguma forma, os antigos instrutores de navegação demonstraram para os alunos, por imagens tridimensionais, ábacos sobrepostos ou bitáculas com rodas, como fazer a compensação da agulha magnética em sala de aula. Mas o desenvolvimento de um equipamento no qual instrutor e aluno pudessem estar simultaneamente em rotação, com agulha magnética solidária ao giro sobre um eixo fixo centrado, foi a proposta pioneira. Além da construção do aparelho e do desenvolvimento de um método de compensação adaptado,

**Tabela 1.** Detalhamento de uso do Simulador, por cursos, desde a invenção.

Turma	Nº de Alunos	Data	Alunos acumulados
Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais CAHO	11	2009	11
Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais CAHO	13	2010	24
Curso Expedito de Compensação de Agulhas Magnéticas C-EXP-AG-MAG	16	Turma 1/2010	40
Curso Expedito de Compensação de Agulhas Magnéticas C-EXP-AG-MAG	10	Turma 2/2010	50
Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais CAHO	15	2011	65
Curso Expedito de Compensação de Agulhas Magnéticas C-EXP-AG-MAG	20	Turma 1/2011	85
Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Sargentos C-AP-HN	18	2011	103
Curso Expedito de Compensação de Agulhas Magnéticas C-EXP-AG-MAG	23	Turma 2/2011	126
Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais CAHO	15	2012	141
Curso Expedito de Compensação de Agulhas Magnéticas C-EXP-AG-MAG	15	Turma 1/2012	156
Curso Expedito de Compensação de Agulhas Magnéticas C-EXP-AG-MAG	10	Turma 2/2012	166

as maiores inovações do equipamento foram a mega-alidade e a fonte de interferência. Em pesquisas na bibliografia de outros países e serviços hidrográficos, não se obteve notícia de equipamento similar nem na pesquisa inicial de estabelecimento de patenteamento. Mesmo usando palavras-chave, foi constatado o ineditismo do equipamento.

O uso do Simulador, na instrução, permite a realização de várias compensações por aluno, visto que a prática realizada é muito cara, a diária de um navio da rede DHN resulta muito onerosa (considerando tempo médio de 2 horas por compensação, pode-se fazer por saída apenas três compensações, com muita sorte, pouco tráfego e boas condições de mar). Portanto, o uso do Simulador significa em um primeiro momento economia de recursos — diante do seu baixo custo de operação e em função do pouco tempo necessário para compensação no Simulador — aliada à robustez e disponibilidade do equipamento, oferecendo a possibilidade de um grande número de compensações por aluno.

Ressalte-se a vanguarda no ensino de compensação de agulhas magnéticas assumida pela escola brasileira de Hidrografia, com o uso do Simulador, que apresenta seus dois principais cursos chancelados pela Organização Hidrográfica Internacional — o CAHO como padrão “A” e o AP-HN como padrão “B” —, demonstrando a excelência no ensino de Hidrografia.

Relevante também é a procura pelo curso de compensação fora do país, evidenciado pela busca de escolas hidrográficas de países vizinhos, sendo solicitado como intercâmbio pela Venezuela e Uruguai.

## 5. CONCLUSÕES

Fortaleceu a prática de compensação dos alunos e possibilitou extenuadamente a repetição do processo antes das práticas a bordo, contribuindo, dessa forma, para a melhor desenvoltura dos novos compensadores. Enquanto persistirem as normas nacionais e internacionais de navegação — mantendo a obrigatoriedade do uso da bússola — o Simulador continuará necessário para o treinamento de novos compensadores.

A inovação na Hidrografia é mais que uma vantagem, é uma necessidade — diante dos constantes avanços tecnológicos na aquisição de dados e das mudanças nas plataformas eletrônicas de navegação — já que as escolas de Hidrografia são impelidas a permanente atualização de currículos e de técnicas. Nessa realidade, a compensação de bússolas estava relativamente paralisada, com técnicas de ensino antigas, excetuando-se os programas de ajuste numérico dos componentes do desvio da agulha ou coeficientes. Portanto, há também um impacto de mudança no ensino da compensação de agulhas magnéticas causado pelo desenvolvimento e uso do Simulador.

Perspectivas para futuros trabalhos: analisar o impacto das inovações nos cursos de compensação da agulha magnética, em relação às demais escolas mundiais e aos antigos compensadores, formados pela antiga escola hidrográfica brasileira; analisar os novos elementos incorporados ao Simulador de compensação de agulhas magnéticas e sua relação com a correção.

## REFERÊNCIAS

BRANDÃO, M.P. *Agulhas Magnéticas*. Rio de Janeiro: Editora DHN Marinha do Brasil, 1955, 89 p.

DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS (DPC). *Normas da autoridade marítima*. NORMAM 14 – Cadastramento de Empresas de Navegação, Peritos e Sociedades Classificadoras. Marinha do Brasil: Diretoria de Portos e Costas, 2003, 12 p.

FARIA, R.N.; LIMA, L.F.C.P. *Introdução ao Magnetismo dos Materiais*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005, p. 106-116.

JACKSON, J.D. *Classical Electrodynamics*. New York: John Wiley & Sons, 1998, 832 p.

MIGUENS, A.P. *Navegação - A ciência e a Arte*. Rio de Janeiro: Diretoria de Hidrografia e Navegação, Marinha do Brasil, 1996, v. 2, p. 539-1220.

OLIVEIRA, S.C. & SALLES S.J. *Curso Expedido de Compensação de Agulha Magnética*. Rio de Janeiro: Diretoria de Hidrografia e Navegação, Marinha do Brasil, 2010, 65 p.

SPENCER, N.S.; KUCERA, G.F. *Handbook of Magnetic Compass Adjustment*. Washington: U.S. Naval Oceanographic Office, 1969.