MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

OBSERVATÓRIO NACIONAL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOFÍSICA

Construção de Simulador para Compensação de Bússola Náutica

Tese de doutorado apresentada ao curso de Pós-graduação em Geofísica do Observatório Nacional como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Geofísica.

Aluno de doutorado: David Canabarro Savi
Orientador: Cosme Ferreira da Ponte Neto

RIO DE JANEIRO - BRASIL
23 DE ABRIL DE 2013

“Construção de Simulador para Compensação de Bússola Náutica”

DAVID CANABARRO SAVI

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOFÍSICA DO OBSERVATÓRIO NACIONAL COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM GEOFÍSICA.

Aprovada por:

_____

Dr. Cosme Ferreira da Ponte Neto
Orientador, Departamento de Geofísica, ON/MCTI

_____

Dr. Andrés Reinaldo Rodriguez Papa
Departamento de Geofísica, ON/MCTI, e UERJ

_____

Dr. Irineu Figueiredo
Departamento de Geofísica, ON/MCTI

_____

Dr. Alexandre Luiz Coelho
Diretoria de Hidrografia e Navegação, Superintendência de Ensino

_____

Drª. Josefa Varela Guerra
UERJ, Faculdade de Oceanografia

RIO DE JANEIRO - BRASIL
23 DE ABRIL DE 2013

RESUMO

O equipamento em pauta simula o processo de compensação de Agulha Magnética (Bússola Náutica), procedimento realizado obrigatoriamente nos navios de médio e grande porte (NORMAM 14). Tal equipamento foi desenvolvido, como Recurso Instrucional, para o ensino do 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.

O procedimento de compensação é necessário para corrigir o desvio da agulha magnética, e recomendado toda vez que o valor do desvio chegar a três ou mais graus; é compulsório, quando vencida a data de validade do Certificado de Compensação, nesta ocasião o navio deverá ser visitado por compensador qualificado para certificação, sendo uma exigência que impede o navio de trafegar.

ABSTRACT

The equipment in question simulates the process of adjustment of Needle Magnetic (Compass Marine) held mandatory on vessels of medium and large size (NORMAM 14). This equipment was developed as Instruction Tools to teach of the Expedite de Compensação de Agulhas Magnéticas course (C-Exp-Ag-Mag) of Brazilian Navy, and Compensação de Agulhas Magnéticas Class of the Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais Course (CAHO), both with curriculum validated by Diretoria de Ensino da Marinha and ministrated at Diretoria de Hidrografia e Navegação. The adjustment procedure is needed to correct the deviation of the magnetic needle, and recommended whenever the offset reach three or more degrees; it is compulsory when expired the validity date of Compensation Certificate, in this occasion ship must be inspected by qualified compensator to certification, being that one prevents the ship pulling into traffic.

Agradecimentos:

Às mulheres da minha vida: Laís, Diana, Clara, Rosina, Carmem Regina, Magda, Rosana, Juçara, Mariana, Maria, Filoca, Deolinda, Nilce e Horácia...

Olham-me com seus olhos as estrelas maiores.
E como eu as amo, os pinheiros no vento,
querem cantar o seus nomes, com suas folhas de cobre.

(Pablo Neruda)

Ao recente amigo Cosme...

"Acima de tudo, na vida, temos necessidade de alguém que nos obrigue a realizar aquilo de que somos capazes. É este o papel da amizade". (Emerson)

Ao pessoal do NIT por todo o apoio durante um ano e meio de idas e vindas do processo de patente, Gabriela Toledo, Paulo Soler e Abdala; e ao colega ”xxxx” do ON que colaborou nas práticas de laboratório...

"A perseverança não é uma longa corrida; ela é muitas corridas curtas, uma depois da outra."
(Charles W. Elliot)

A toda tripulação da Diretoria de Hidrografia e Navegação, com empenho ao SO-FR Ângelo, ao SC Alan, ao SO-HN-RM1 Sanderson, ao SO-MR Luciano ao 1ºTen RM2 Marcus, Superintendência de Ensino e ainda a Oficina de Agulhas Magnéticas da Base De Hidrografia em Niteroi...

“Restará sempre muito o que fazer!” (Lema da Hidrografia)

Aos amigos de uma vida: Ana Clara Fernandes, Denis Wilson Cardoso, Érica Collischonn, Felipe Lieberman, Ivanise Maria Wolff, Jorge Luis Müler, Marcus Goldnadel, Marcelo Goferman, Orildo Lima e Silva, Neri Sater, Nina Simone Vilaverde, Renato Sue, Sérgio Mendel, Suzana Beatriz de Oliveira...

Por serem os compensadores da minha alma,
corrigindo sempre meu rumo magnético
quando minha moral, induzida pelo mundo,
transgredia a estreita faixa do meu caráter.

(David Canabarro Savi)

Sumário

Resumo..... III
Abstract..... III
Agradecimentos..... IV
Sumário..... V
1.0 - Capítulo 1 – Introdução..... 1
1.1 - Considerações Gerais..... 1
1.2 – Objetivos..... 8
1.2.1 - Objetivos Gerais..... 8
1.2.2 - Objetivos específicos..... 8
1.2.3 - Levantamento magnetométrico da área do simulador..... 8
2.0 - Capítulo 2 – Artigo submetido à revista Pesquisa Naval..... 9
2.1 – Resumo..... 9
2.2 – Abstract..... 9
2.3 – Palavras Chave..... 10
2.4 – Introdução..... 10
2.5 - Metodologia de Pesquisa..... 13
2.5.1 - Layout do equipamento..... 15
2.5.2 - Fundamentação teórica..... 16
2.6 – Resultados..... 18
2.7 – Discussão..... 19
2.8 – Conclusões..... 20
2.9 – Referências..... 21
3.0 - Capítulo 3 – Patenteamento submetido ao INPI..... 22
3.1 - Campo da Invenção..... 22
3.2 - Descrição do Estado da Técnica..... 22
3.3 - Fundamentos da Invenção..... 22
3.4. - Objetivos da Invenção..... 23
3.5 - Descrição dos Desenhos..... 23
3.6 - Descrição Detalhada da Invenção..... 24
3.7 – Figuras..... 27
4.0 - Capítulo 4 – Conclusão..... 30
4.1 - Considerações Finais..... 30
4.2 – Referências..... 31

Capítulo 1

Introdução

1.1 Considerações Gerais

O presente trabalho é apresentado em três capítulos. O primeiro é uma introdução no assunto remetendo as histórias institucionais e demonstrando como surgiu a ideia. No segundo capítulo é apresentado o artigo que foi submetido à Revista Pesquisa Naval, que explica a construção do simulador em pormenores. O terceiro capítulo trata do depósito de patente, nos moldes exigidos pelo Instituto Nacional de Propriedade Intelectual, realizado com intervenção do Núcleo de Inovação Tecnológica do ON/MCT. Esta Tese segue a configuração da modalidade alternativa, prevista na norma Estrutura, Formatação e Apresentação de Teses e Dissertações, Geofísica CPG-ON-MCT Comissão de Pós-Graduação atualizada em 11 de dezembro de 2007. O corpo da tese foi formado por dois trabalhos enviados para submissão, tendo sido considerado pelo Programa de Pós Graduação o depósito da Patente como equivalente a publicação de artigo. Por esta razão, a leitura do trabalho acaba sendo de certo modo repetitiva, para evitar esta configuração usamos figuras e fotos diferentes para explicações similares em todos os capítulos.

Não se conhece completamente uma ciência enquanto não se souber da sua história. (*A. Comte*).

A história da Compensação da Bússola Náutica no país entremeia as histórias do Observatório Nacional – ON e da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN, sendo instrumento essencial para a navegação nos séculos XIX e XX, seus parâmetros de correção ora foram produzidos por uma, ora por outra Instituição.

O Observatório Nacional teve sua origem a partir de um decreto, oriundo do Paço Imperial em outubro de 1827, que criava um observatório astronômico que após sucessivas transformações resultaria no atual ON.

"No começo do século findo (XIX) esta cidade do Rio de Janeiro, com o influxo da independência, havia tomado um grande desenvolvimento comercial e seu porto era um dos mais frequentados por numerosas embarcações, cujos capitães tinham necessidade de

conhecer a declinação magnética, assim como a hora média, e a longitude para regular os cronômetros, a fim de poder empreender com segurança a viagem de retorno ou de continuá-la ao redor do mundo" (Henrique Morize, Relatório do 1º Centenário do ON).

Entre as quatro tarefas estabelecidas por decreto em 1846 ao então Imperial Observatório do Rio de Janeiro destacamos as seguintes:

"1º- Fazer todas as observações astronômicas e meteorológicas úteis às ciências em geral, e ao Brasil em particular."

3º- Formar os alunos da escola militar na prática das observações astronômicas aplicáveis à Grande Geodésia, particularmente sobre a determinação da latitude e longitude, sobre cálculo de azimutes, de declinação da agulha magnética e de nivelamentos astronômicos e barométricos.

4º- Adestrar os alunos da Academia da Marinha na prática das observações astronômicas necessárias e aplicáveis a Navegação e, especialmente no uso dos instrumentos de reflexão, agulhas azimutais e de marear e nos respectivos cálculos para deduzir latitudes, longitudes, variações de agulha, e ângulo horário a fim de regular os cronômetros."

A Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) foi criada a partir do decreto do Governo Imperial no ano de 1876, no dia 2 de fevereiro, quando foi criada a Repartição Hidrográfica, que teve como primeiro Diretor o Capitão de Fragata ***Antonio Luiz Von Hoonholtz – Barão de Tefé***.

Em 1931, a 26 de junho, é criada a especialidade de Hidrografia para oficiais e, mais tarde (1933), o respectivo curso para formação desses especialistas – Curso de Navegação e Hidrografia. Em cumprimento ao programa do Ano Geofísico Internacional, a Diretoria ocupa a Ilha da Trindade para a instalação de um posto oceanográfico. Durante o ano de 1969, o nome da Diretoria é mudado para Diretoria de Hidrografia e Navegação é fixada na Ilha Fiscal, figura 1 e são publicadas, pela Diretoria, as Tábuas de Marés, calculadas pelo computador da Diretoria de Intendência da Marinha. Em 1983 muda-se para a Ponta da Armação, figura 2 onde se mantém até hoje.

Figura 1- Ilha Fiscal (fonte DHN)

Figura 2- Vista parcial das instalações da DHN na Ponta da Armação (fonte DHN)

Ainda em 2002, é obtida, a renovação do currículo do Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais (CAHO) junto à Federação Internacional de Topógrafos (FIG), órgão filiado à Organização Hidrográfica Internacional (OHI), reconhecido como categoria "Alfa", o que atesta a excelente qualidade do curso ministrado e permite aferir, dentro dos padrões internacionais, a formação acadêmica do Oficial Hidrógrafo. Durante a comissão OCEANO NORTE II, entre 6 de outubro e 20 de dezembro de 2005, o Navio Oceanográfico "Antares" realizou atividades de complementação ao LEPLAC – Levantamento da Plataforma Continental / LEPLAC XIII, realizando o levantamento de dados geofísicos de 13 linhas sísmicas, perfazendo 1.450 milhas náuticas de dados. Tal levantamento visa a assegurar o pleito na Comissão de Limites da Organização das Nações Unidas (ONU) de extensão da Plataforma Continental brasileira em 953.000 km2, cerca de 18% do continente.

Em 08 de novembro de 2007 foi incorporado à Marinha do Brasil, o Navio Hidroceanográfico "CRUZEIRO DO SUL" (figura 3), foi convertido, em 1991, em navio de pesquisas sísmicas, o mesmo foi adquirido por meio do Convênio assinado em 2006 entre a MB e a Financiadora

de Estudos e Projetos (FINEP), empresa pública vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), com a finalidade de atender à comunidade científica brasileira para a concretização do Projeto Laboratório Nacional Embarcado – LNE. Esse projeto tem como propósito dotar o Brasil de mais uma plataforma de coleta de dados oceanográficos, incrementando o embarque de pesquisadores, professores e alunos, de forma sistemática e contínua, realizando atividades de pesquisa e desenvolvimento no ambiente marinho, contempladas no Plano Setorial para Recursos do Mar (PSRM), da Comissão Interministerial para Recursos do Mar (CIRM).

Figura 3- Incorporação do Navio Hidroceanográfico "**CRUZEIRO DO SUL**"

Pelo histórico acima se verifica que as duas Instituições centenárias alternaram a instrução dos conhecimentos que hoje constituem a moderna Hidrografia como: navegação astronômica, declinação da agulha magnética, meteorologia, geofísica marinha, previsão da maré astronômica e geodésia. Ainda tiveram uma missão comum, definição de fronteiras do Brasil em terra ON pela Geodésia astronômica; na água DHN pelo Levantamento da Plataforma Continental e construção das Cartas Náuticas Limítrofes, estabelecendo fronteiras molhadas (rios, lagoas e oceano). Participaram também em inúmeras cooperações como: o Observatório Sismológico da Ilha da Trindade, as comemorações dos anos geofísicos internacionais, subsídio para carta náutica da variação anual da declinação magnética, observações magnetométricas realizadas no Observatório Magnético de Vassouras por Oficiais Hidrógrafos, e finalmente o atual Plano de Capacitação e Qualificação de Docentes da DHN, que em sua etapa desenvolvida com o ON reformulou o ensino de compensação da agulha magnética, tanto nos currículos do Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais (CAHO) como no Curso Expedito de Compensação da Agulha Magnética (C-Exp-

Ag-Mag), com reflexos na própria legislação nacional sobre o tema Compensação, na Marinha Mercante (NORMAM-14) e na Marinha de Guerra (NAVEMARINST 10-05). Da interação das Instituições no tema Agulha Magnética resultou o presente trabalho, mas ressalte-se a não casualidade do trabalho, mas sim seu retrospecto cronológico, sendo dessa forma um resgate histórico da cooperação em atividades científicas desenvolvidas pelo ON e pela DHN.

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, esta é orientada segundo o meridiano magnético (figura 4, esq.), sendo este meridiano o plano que contém o vetor principal, sua projeção horizontal H e a linha de força que conecta os polos magnéticos (Brandão, 1955). A diferença angular entre a direção do meridiano magnético representado por H e o meridiano geográfico em um determinado lugar é denominada **Declinação Magnética**. Declinação Magnética em um determinado lugar é o ângulo entre a direção do Norte Geográfico (X) e a direção do Norte Magnético (H) no local, sendo inclinação magnética o ângulo (η) entre o vetor campo total (F) e sua projeção horizontal (H). Regiões com alta inclinação magnética, causam problemas no funcionamento da agulha magnética, característica comum das altas latitudes Magnéticas acima de 60º, estes problemas podem ser atenuados com o ajuste do "imã de balde" e da "barra de Flinders" (SPENCER 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 (figura 4 mostra uma declinação para oeste).

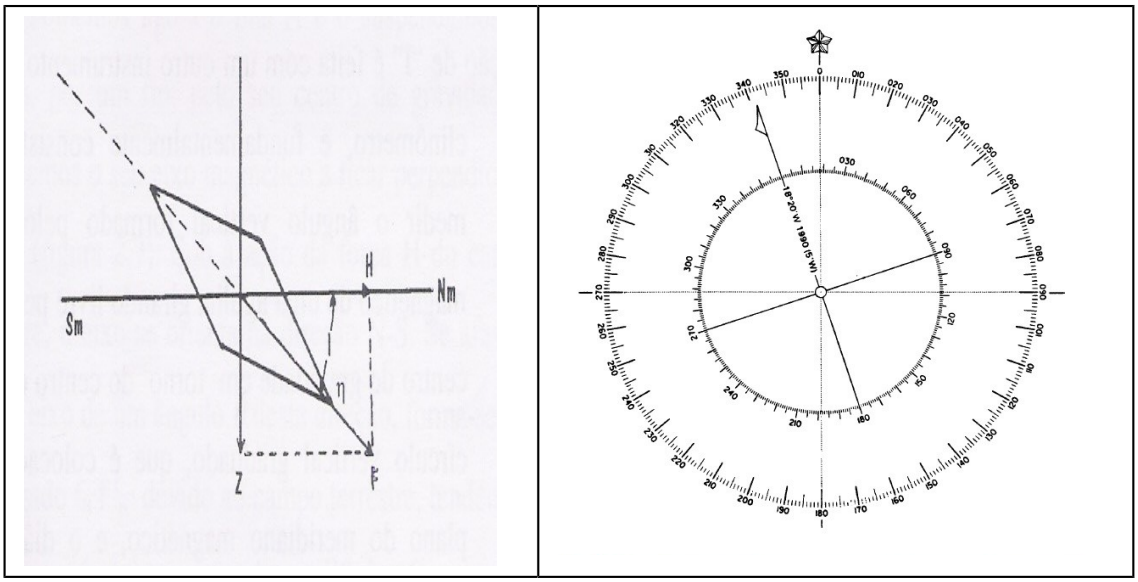

Figura 4- Esquerda decomposição do campo magnético; Direita, Declinação Magnética e sua Variação Anual

A Declinação Magnética varia na superfície da Terra e ao longo do tempo, suas linhas tem 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, os Polos 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 nelas representadas, o valor da Declinação Magnética e de sua Variação Anual, nas Rosas de Rumos (figura 4, direita), ou através de Cartas Magnéticas (figura 5) onde as linhas Isogônicas são linhas de mesma Declinação e Agônicas linhas que unem pontos onde a Declinação Magnética é nula.

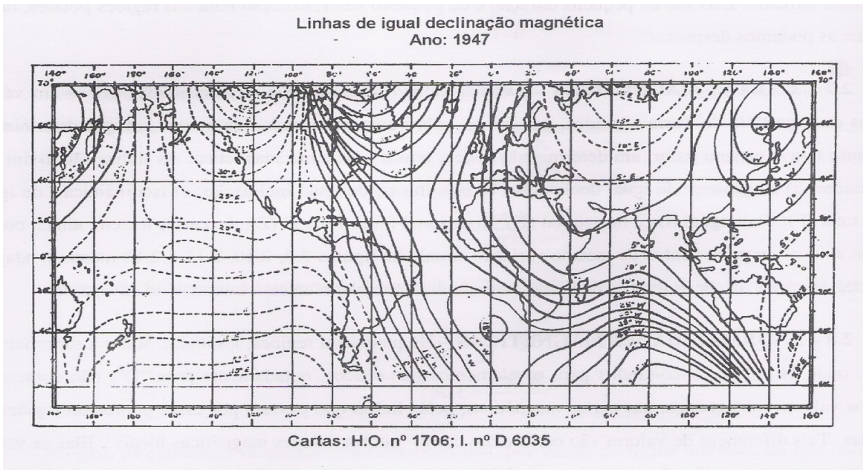

Figura 5. Carta de declinação magnética

Uma Agulha Magnética livremente suspensa, quando situada em Terra, em local isento de outras influências magnéticas, orienta-se 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. Os efeitos desses campos magnéticos podem ser muito atenuados pela compensação da Agulha (operação que consiste na colocação de “ímãs corretores”, e ajuste das "massas de ferro doce (esferas de Barlow)"). 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 uma outra linha, denominada Norte da Agulha (Miguens, 1996). Assim, o Desvio da Agulha é definido como o ângulo entre o Norte Magnético e o Norte da Agulha, conforme mostrado na figura 6, sendo Nv = Norte verdadeiro, Nm = Norte magnético, Dm = Declinação Magnética, Na = Norte da agulha, da =

Desvio da agulha, Ra = Rumo da agulha, Rv = Rumo verdadeiro e B = direção da proa do navio. O Desvio da Agulha, que depende dos campos magnéticos do navio, dos corretores instalados na bitácula e, também, da orientação daqueles em relação ao campo magnético terrestre, é variável com o rumo do navio e pode ser obtido da Curva ou Tabela de Desvios da Agulha, em função do rumo em que se navega.

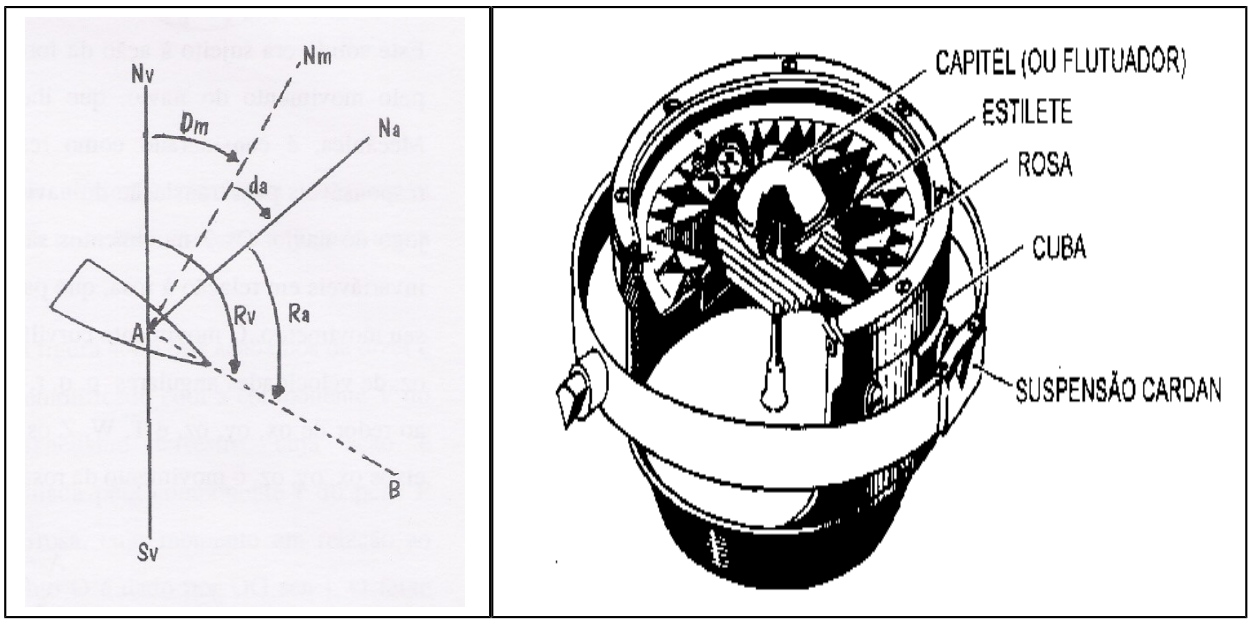

Figura 6 – Esquerda, elementos do desvio da agulha; direita, componentes da cuba da agulha magnética

A agulha magnética é um instrumento básico e fundamental na navegação formado pela sua cuba, ou agulha propriamente dita (figura 6 direita) e por seu suporte, a bitácula, sua função é mostrar a direção da proa do navio em relação ao Norte Magnético, isto é, o Rumo Magnético. Dada a sua importância, esse instrumento deve ser "compensado" periodicamente para que funcione de forma satisfatória, isto é permita a verificação do Rumo Verdadeiro. A compensação consta de minimizar a interferência dos corpos magnéticos presentes na embarcação, que interferem no funcionamento da agulha, causando desvios excessivos.

A compensação é um procedimento dispendioso, uma vez que deve ser realizado com a embarcação em movimento, em uma área afastada de interferências magnéticas. Além disso, durante o processo a embarcação deve se deslocar por vários rumos diferentes (no mínimo sete) para que o azimute magnético da agulha seja comparado com o azimute de um padrão de calibração, que pode ser uma agulha giroscópica ou alinhamentos notáveis pré-determinados. Após a comparação é feita a correção para cada um dos rumos. Este processo é longo, dura aproximadamente 3 horas, envolve a participação direta de uma equipe (governo do navio – compensador) e de pelo menos uma pessoa altamente especializada, e durante a compensação

as atividades da embarcação ficam dedicada a este procedimento. A compensação só pode ser feita por oficiais da Marinha do Brasil, Hidrógrafos formados na DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) ou peritos reconhecidos pela Diretoria de Portos e Costas – DPC (NORMAM 14). A compensação deve ser feita em todas as embarcações em operação no litoral e nos rios do território nacional sempre que a embarcação passar por grandes reparos ou alterações na sua estrutura, o desvio da agulha for superior a 3 graus ou estiver para vencer o Certificado de Compensação.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Este estudo teve como objetivo desenvolver um simulador físico para otimizar o processo de ensino de compensação das agulhas magnéticas (ou bússola náutica). Este simulador foi utilizado como recurso didático nos Cursos de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais - CAHO, e na formação de compensadores do Curso Expedito de Compensação de Agulha Magnética C-EXP-AG-MAG, o Curso e Disciplina citados são ministrados na Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN, diretoria especializada da Marinha de Guerra do Brasil.

1.2.2 Objetivo Específico no desenvolvimento do projeto foi estabelecida a necessidade de patenteamento do simulador físico, este procedimento foi referendado por ocasião da apresentação do projeto no 1º Seminário em 2010.

1.2.3 Levantamento magnetométrico da área do simulador

A área onde foi estabelecido o simulador Físico era a que havia disponível. Esta área era de interesse pela praticidade logística, desta forma após a instalação do equipamento, orientamos por coordenadas adquiridas por rastreio GPS, de 4 horas (GPS Geodésico), a rosa dos ventos cardinal, e a partir desta aplicamos a declinação magnética da Cidade para chegarmos a rosa dos ventos magnética, materializada pelas esferas azul -NMg e vermelha - SMg (SPENCER, et al 1969).

Ocorre que a agulha apresentava desvio em relação ao norte magnético estabelecido geodesicamente, o que nos levou a fazer um levantamento magnetométrico expresso na figura 7 esq., com gradiômetro mostrado na figura 7 dir., em malha de 9 por 13 metros, com

medidas a cada metro. Então foi verificada grande assimetria magnética no local, com gradiente vertical do campo total de até 500 nanotesla/metro, distinta do esperado em função, provavelmente, da proximidade da fundação do prédio. Abaixo estão os resultados do levantamento.

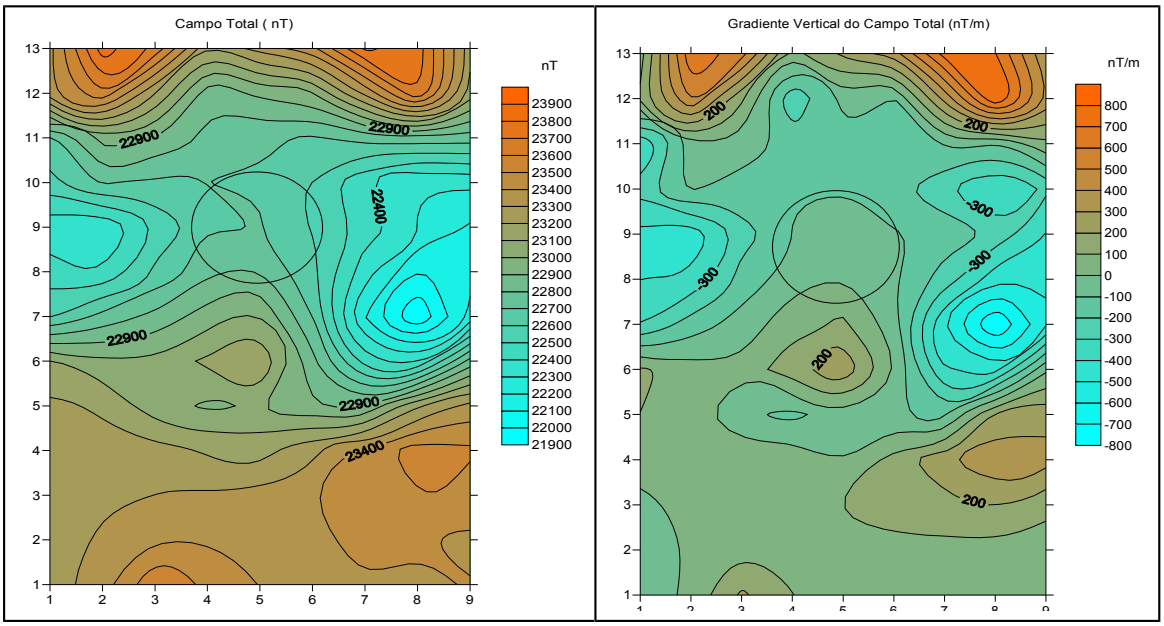

Figura 7- esquerda, campo magnético total; direita, gradiente vertical do campo magnético total, coordenadas cartesianas em metros. Os círculos indicam o local onde o simulador foi montado.

Apesar da anomalia magnética presente no local, o funcionamento do simulador não ficou comprometido. Isso se deve ao fato dos campos magnéticos gerados pelo simulador serem muito mais intensos que as anomalias locais. Esse fato permite a montagem do simulador em locais próximos a edificações, sem a exigência de localidades livres de anomalias magnéticas.

Capítulo 2

"Invenção de Simulador para Compensação de Bússola Náutica"

"Invention of Adjustment Simulator for Nautical Compass"

David Canabarro Savi, Capitão de Mar e Guerra(T), MSc em Geociências, Aluno de doutorado em Geofísica do Observatório Nacional, Rio de Janeiro RJ, Brasil, david_canabarro@uol.com.br & **Cosme Ferreira da Ponte Neto,** DSc em Geofísica, Pesquisador Associado do Observatório Nacional, Rio de Janeiro RJ, Brasil, cosme@on.br

RESUMO

O equipamento em pauta simula o processo de compensação de Agulha Magnética (Bússola Náutica), procedimento realizado obrigatoriamente nos navios de médio e grande porte (NORMAM 14). Tal equipamento foi desenvolvido, como Recurso Instrucional, para o ensino do 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. O procedimento de compensação é necessário para corrigir o desvio da agulha magnética, e recomendado toda vez que o valor do desvio chegar a três ou mais graus; é compulsório, quando vencida a data de validade do Certificado de Compensação, nesta ocasião o navio deverá ser visitado por compensador qualificado para certificação, sendo uma exigência que impede o navio de trafegar.

ABSTRACT

The equipment in question simulates the process of adjustment of Needle Magnetic (Compass Marine) held mandatory on vessels of medium and large size (NORMAM 14). This equipment was developed as Instruction Tools to teach of the Expedito de Compensação de Agulhas Magnéticas course (C-Exp-Ag-Mag) of Brazilian Navy, and Compensação de Agulhas Magnéticas Class of the Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais Course (CAHO), both with curriculum validated by Diretoria de Ensino da Marinha and ministrated at Diretoria de Hidrografia e Navegação. The adjustment procedure is needed to correct the deviation of the magnetic needle, and recommended whenever the offset reach three or more degrees; it is compulsory when expired the validity date of Compensation Certificate, in this occasion ship must be inspected by qualified compensator to certification, being that one prevents the ship pulling into traffic.

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

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

7-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 (NORMAM - 14). Apesar de inventada e usada há mais de 1400 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 três graus ou estiver vencido o Certificado de Compensação de Agulha, para que funcione de forma regular.

Sobre seu funcionamento podemos dizer que a agulha materializa a projeção horizontal do campo magnético terrestre, que está orientado em direção pouco diferente ao do norte geográfico, denominada a esta diferença declinação magnética do local (BRANDÃO, 1955), conforme apresentado na figura 1.

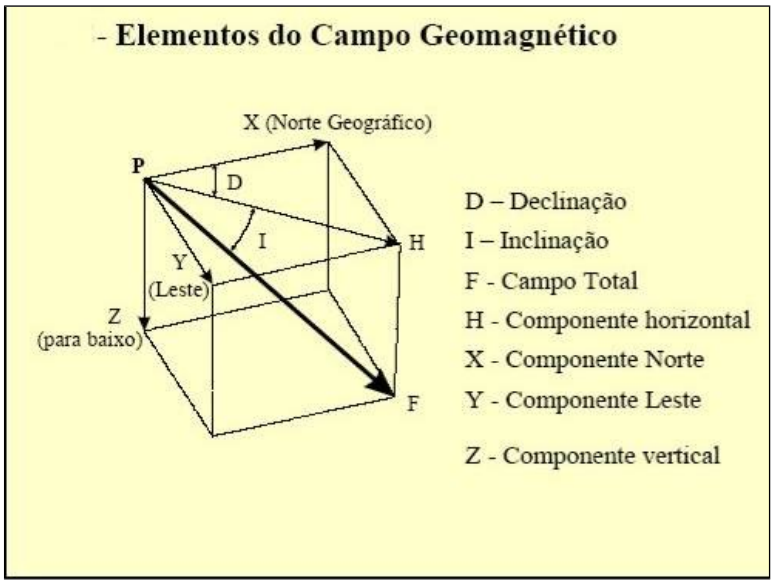

Figura 1 - Decomposição do vetor Campo Geomagnético Total

Uma Agulha Magnética livremente suspensa, quando situada em Terra, 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). 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" da 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 uma 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, pela lenta desimantação dos próprios corretores, itens "E" e "F" da figura 2, que atuam reduzindo o desvio da agulha (JACKSON, 1998), sendo o objetivo da Compensação à minimização deste desvio.

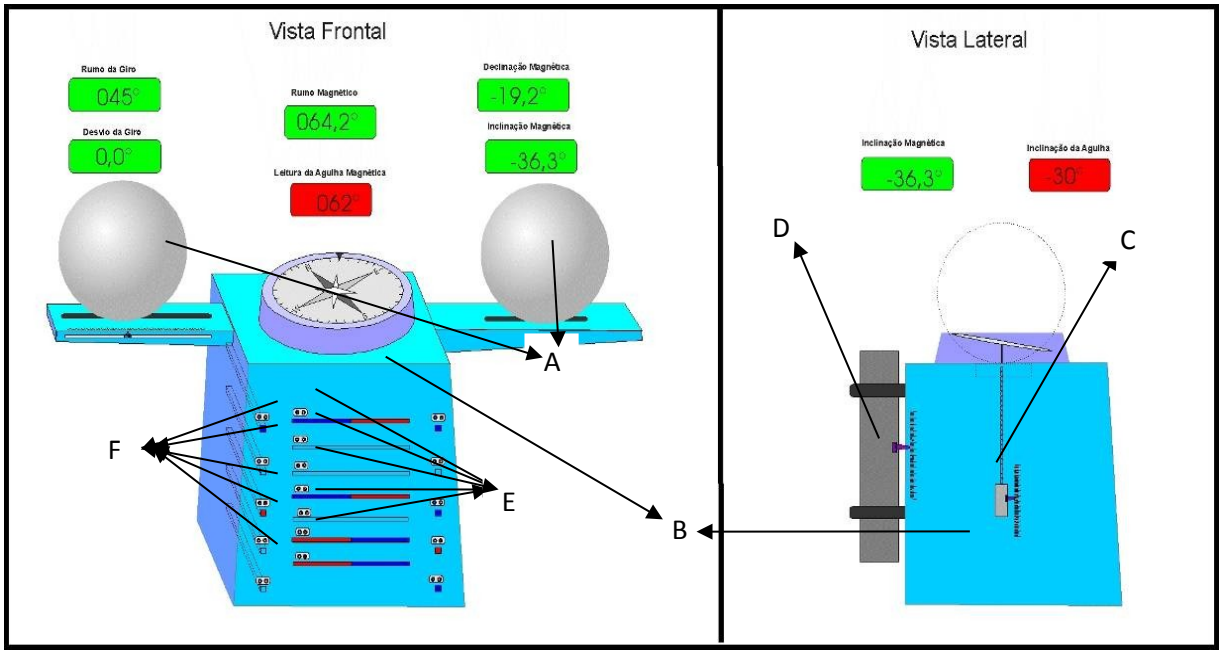

Figura 2. Desenho esquemático para familiarização com os componentes da bússola náutica: A- Esferas de Barlow (corretores magnéticos Quadrantais); B- Bitácula (estrutura de base da bússola); C- Imã de Balde (ajuste fino da inclinação magnética local); D- Barra de Flinders (ajuste de área da latitude magnética); E-

Corretores Transversais (corrigem o magnetismo na Direção NM-SM) e F- Corretores Longitudinais (corrigem o magnetismo na direção EM-WM).

O processo de compensação é precedido de uma série de testes realizados na agulha magnética, findos os testes a compensação propriamente dita é realizada à bordo, de forma dinâmica, iterativamente seguindo oito proas (rumos) distintas, posicionando o navio simetricamente às direções Geomagnéticas e minimiza, pelo uso dos corretores, o desvio da agulha em cada posição relativa do navio. Tal método motivou a construção do Simulador, pois o processo de compensação é um procedimento demorado, uma vez que deve ser realizado com a embarcação em movimento, em uma área afastada de interferências magnéticas. Este processo dura aproximadamente três horas, somando o tempo de deslocamento entre o suspender até a área de trabalho e ainda o retorno e a atracação da embarcação. Entretanto para a graduação dos compensadores se faz necessário um grande número de compensações durante os cursos de formação, e devido aos elevados custos das mesmas e do tempo despendido para sua consecução é que 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 à bordo continuam como requisito e prova final dos cursos, mas pelo uso do simulador são otimizadas.

A compensação, no Brasil, deve ser feita por peritos reconhecidos pela Marinha do Brasil, especificamente pela Diretoria de Portos e Costas – DPC (NORMAM - 14). A formação técnica destes peritos é responsabilidade da Marinha do Brasil, e realizada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

O Simulador foi desenvolvido em trabalho realizado no Observatório Nacional, quando da 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 em profundidade sobre a parte de magnetizações de navios dos cursos, a partir deste trabalho houve a interação entre os autores deste artigo, resultando na construção do Simulador e o posterior doutoramento do primeiro autor com a finalização do equipamento.

Este artigo tem como objetivo 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.

8-Metodologia de Pesquisa

O simulador foi viabilizado a partir do raciocínio de escala, se houvesse um guindaste gigante que pudesse erguer litostaticamente 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 à limite aceitável e estaria realizada a compensação da agulha magnética da embarcação. Este é o pressuposto do simulador, mas porque não compensar a bússola fora do navio e devolvê-la compensada?

Existem vários requisitos práticos para a compensação, como: 1º a compensação só pode ser feita a bordo, pela interação do campo magnético do navio com a bússola do mesmo; 2º para manter com precisão o rumo de uma proa, e ser realizada a correção, é necessário que o navio mantenha segmento por alguns minutos desenvolvendo velocidade; 3º para cada proa há possibilidade de assimetria do desvio, corrigindo uma não se corrige todas, portanto há a necessidade de percorrer todas as proas num sentido lógico e interativo; 4º a área de corrida das proas deve ser livre de fortes assimetrias magnéticas, caso contrário a compensação não fecha, nas últimas proas voltam os desvios.

Pelos fatores acima foi levado a cabo a ideia de um simulador, que demonstrasse aos alunos compensadores as posições relativas do navio quanto ao Campo Geomagnético, quais imãs corretores atuavam em cada posição e como deveriam ser manuseados, fixando o processo da Compensação de forma teórico-prático. Planejou-se o equipamento construído em uma plataforma giratória (figura 3, item A), sobre a qual foi fixada uma embarcação (figura 3, item B) com uma bitácula completa (base da agulha) (figura 2, item B). Nesta plataforma seria 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 3, item C), de oito metros de diâmetro interno, produzida em alumínio e sobre rodas, foi colocada envolvendo a plataforma; com isto 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, como o campo magnético permanece na posição, temos a variação da declinação com o giro, seja para leste ou para oeste.

Figura 3 - Instrução de guinada de proa no Simulador. A – base giratória, B – embarcação de alumínio tipo levefort® de 5m de comprimento, e C- circunferência graduada sobre rodas (Alidade).

A fonte de interferência (figura 4a e 4b) consiste em seis caixas prismáticas retangulares que envolvem a base da bitácula. Este conjunto apresenta três caixas (figura 4a, itens A, B e C) nas direções: proa-popa, bombordo-boreste e Vertical, respectivamente, conectadas a uma bateria (figura 4a, item D), e outro conjunto de caixas iguais sem conexão à fonte (figura 4a, itens E, F e G). Em todas as caixas existe uma barra cilíndrica de 50 centímetros de comprimento e 3,5 centímetros de diâmetro, de ferro doce encamisada por um tubo de PVC; nas caixas conectadas a bateria as barras são bobinadas, em um tubo de PVC, com 250 voltas de fio de cobre esmaltado 15 AWG.

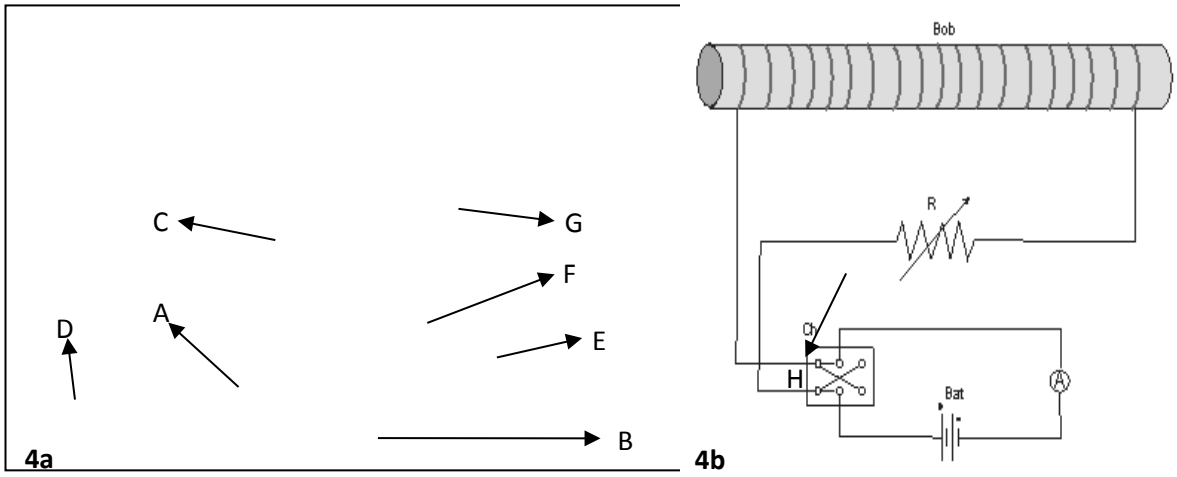

Figura 4 – 4a. Fonte de interferência: bobinas (A, B e C) conectadas a bateria (D) unidas por barras (E, F e G) envolvendo a bitácula. 4b. esquema eletrônico dos disjuntores H.

Os dois conjuntos de prismas simulam a ação do campo permanente por meio das bobinas energizadas (figura 4, itens A, B e C) e do campo induzido não energizados produzido pelas barras nas caixas (figura 4, itens E, F e G). Desta forma, são simuladas, razoavelmente, as componentes magnéticas que atuam sobre a agulha nos navios.

O Comando da fonte é executado pelos disjuntores H (figura 4b) com três posições: desligado, ligado e ligado com reversão de polaridade. Esta estrutura imita a massa férrica do navio, podendo pela intensidade do campo produzido simular desde grandes embarcações até pequenos barcos, representando o magnetismo permanente e o induzido que permeiam as embarcações.

8.1-Layout do Equipamento:

O simulador está montado junto ao edifício da Superintendência de Ensino da DHN (figura 5), onde são ministrados os cursos de formação de oficiais e técnicos da DHN, mas o módulo da fonte de interferência ainda não está acoplado. Nas primeiras medições realizadas no local 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. Neste local foi realizado um levantamento magnetométrico e verificado um gradiente de 500 nano tesla (anomalia magnética do local). A intensidade do campo magnético da superfície da Terra medida no Brasil varia entre 23000 a 25000 nano tesla. Embora esta assimetria não seja desejável, ela interfere pouco no objetivo do equipamento que é a instrução.

Figura 5 - Simulador em uso no vértice do prédio da Superintendência de ensino da DHN.

8.2- Fundamentação teórica:

Campo magnético gerado por uma barra magnetizada - no simulador 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 calculador teoricamente conforme será apresentado abaixo. O sistema de unidades utilizado na formulação é o CGS (FARIA e LIMA, 2005, p. 106-116).

Considere uma barra magnetizada de comprimento *L*, seção transversal *a* e magnetização *M*, conforme a figura 6.

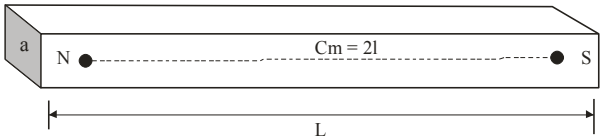

Figura 6. Barra magnetizada e seu comprimento magnético

O comprimento magnético da barra *Cm* é a distância entre os dois polos magnéticos da barra e pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$Cm = 2l = \frac{5L}{6}$$

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

$$H = \frac{M.a}{d^2}$$

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, através da equação 1 (BRANDÃO, 1955, p. 9), conforme a figura 7.

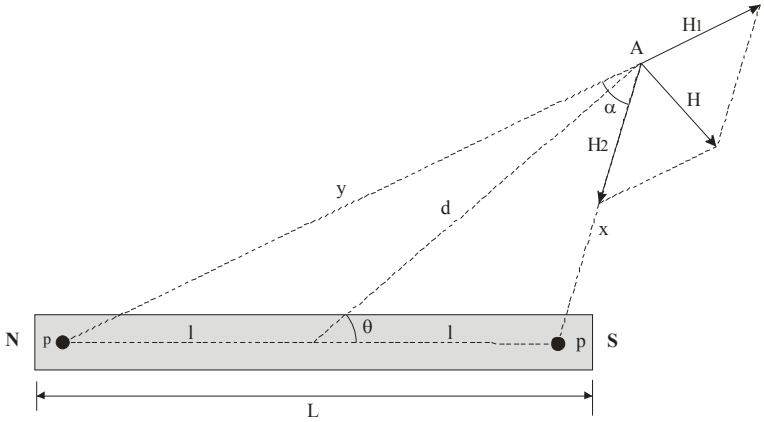

Figura 7. Campo magnético gerado por uma barra magnetizada no ponto A.

$$H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2 - 2H_1H_2\cos\alpha}$$ (equação 1)

Sendo:

$$H_1 = \frac{M.a}{x^2}$$

$$H_2 = \frac{M.a}{y^2}$$

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

$$x = \sqrt{d^2 + l^2 - 2ld\cos\theta}$$

$$y = \sqrt{d^2 + l^2 + 2ld\cos\theta}$$

9-Resultados

Este 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 8 (sem a alidade, e em modo piloto) e o C-EXP-AG-MAG turma 1 de 2010, com 16 alunos como mostra a figura 9 (com a alidade), totalizando ambas as turmas 120 horas aula no equipamento.

Figura 8 - 1ª 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 9 - 1ª Turma do Curso Expedito de Compensação de Agulha Magnética na nova formatação, utilizando o Simulador em março de 2010, sob dois ângulos diferentes.

Apesar de sua recente implantação, o uso do simulador no ensino de compensação de agulha magnética já pode ser considerado um sucesso, seja pelos questionários pedagógicos dos alunos, ou principalmente pelo melhor desempenho destas turmas na parte prática final, à bordo dos navios, esta indispensável à formação dos compensadores. A tabela1 abaixo demonstra a demanda efetiva do equipamento desde sua construção:

Tabela 1 – Detalhamento de uso do Simulador, por Cursos, desde a invenção.

Turma	N		
Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais CAHO			
Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais CAHO			
Curso Expedito de Compensação de Agulhas Magnéticas C-EXP-AG-MAG			
Curso Expedito de Compensação de			

De alguma forma, os antigos instrutores de navegação, rumos magnéticos ou compensação da agulha magnética, 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 de porte onde instrutor e aluno pudessem estar simultaneamente em rotação, com agulha magnética solidária ao giro e sobre um eixo fixo centrado só foi realizado agora. Além da intenção de construir o aparelho a partir da teoria e desenvolver um método de compensação adaptado, 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, mais ainda, na pesquisa inicial de estabelecimento de patenteamento, mesmo usando palavras chave foi constatado o ineditismo do equipamento.

O uso do simulador, na instrução, garante 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 para 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, face ao seu baixo custo de operação, e em função do pouco tempo necessário para compensação no simulador, aliado a robustez e disponibilidade do equipamento, oferece a possibilidade de um grande número de compensações por aluno.

11-Conclusões

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.

Fortaleceu a prática de compensação dos alunos, e possibilitou extenuadamente a repetição do processo antes das práticas a bordo, contribuindo desta forma para a melhor desenvoltura dos novos compensadores.

Se considerarmos que cada aluno usou um tempo médio de 15 minutos por compensação, e em média 10 compensações no Simulador, significa avaliar um uso médio de 415 horas aula nestes anos de funcionamento. Alunos estrangeiros já utilizaram o equipamento calibrando-o com a declinação magnética de seus países de origem, podemos citar venezuelanos, namibianos e uruguaios. Desta 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.

12-Referências

BRANDÃO, Manoel Palumbo. **Agulhas Magnéticas**. Rio de Janeiro: DHN Marinha do Brasil, 1955, 89p.

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

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

MIGUENS, Altineu Pires. Editoria: DHN Marinha do Brasil. **Navegação – A ciência e a Arte**. Niterói, v. 2, p. 539-1220, 1996.

NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA PARA CADASTRAMENTO DE EMPRESAS DE NAVEGAÇÃO, PERITOS E SOCIEDADES CLASSIFICADORAS – NORMAM – 14 - Diretoria de Portos e Costas.

SPENCER, Nye S; KUCERA, George F. Editorials: U.S. Naval Oceanographic Office. **Handbook of magnetic compass adjustment**. Washington, v. 88, n. 226, p. 1-88, 1969.

Capítulo 3

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "DISPOSITIVO E MÉTODO PARA SIMULAR A COMPENSAÇÃO DE BÚSSOLA NÁUTICA."

TERMO DE CESSÃO

Declaração do Inventor

Título do Pedido de Patente:

"**DISPOSITIVO E MÉTODO PARA SIMULAR A COMPENSAÇÃO DE BÚSSOLA NÁUTICA**"

O inventor abaixo assinado, David Canabarro Savi, brasileiro, militar, casado, residente e domiciliado à Rua Senador Tarso Dutra nº 3299, bairro Jardim do Sol, CEP 96216-010, Rio Grande, RS, portador da identidade nº 515.912-1, expedida pela Marinha do Brasil, inscrito no CPF sob o nº 375.372.290-15, tendo conhecimento do pedido de Patente, a ser feito em nome do Observatório Nacional - ON, Instituição de Ensino e Pesquisa, integrante da estrutura do Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação – MCTI, CNPJ nº 04.053.755/0001-05, com sede na Rua General José Cristino, nº 77, São Cristóvão, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20921-400, aqui representado por seu Diretor Sérgio Luiz Fontes, brasileiro, casado, pesquisador, portador da identidade nº 02.906.645-3, expedida pelo DETRAN - RJ, inscrito no CPF sob o nº 369.636.157-72, nomeado pela Portaria 249, em 16 de abril de 2009, publicada no DOU em 17 de abril de 2009, DECLARA que nada tem a opor e dá pleno consentimento a que o Observatório Nacional – ON seja titular de tal privilégio.

Rio de Janeiro, 29 de fevereiro de 2012.

Inventor: David Canabarro Savi

BANCO DO BRASIL | 001-9 | RECIBO DO SACADO

Local de Pagamento: Pagável em qualquer Banco	Vencimento: Contra-apresentação
Cedente: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial	Agência/Código Cedente: 2234-9/333.028-1
Data do Documento: 27/02/2012 · Nº. documento: 1201185461 · Espécie doc.: RC · Aceite: N · Data Proces.: 27/02/2012	Nosso Número: 00.000.2.2.12.0118546.1
Uso Banco · Carteira: 18/027 · Espécie: R$ · Quantidade · Valor	(=)Valor Documento: R$ 95,00
Número: · NN Complementar: · Peticionamento: Papel Natureza: 10 - Patente de Cod · Serviço · Petição Vinculada RPI · Valor 200 - Depósito de pedido nacional de invenção (PI), Depósito de pedido nacional de modelo de utilidade (MU), Depósito de pedido nacional de certificado de adição de invenção (C) e Entrada na fase nacional do PCT · - · - · R$ 95,00	(-)Desconto/Abatimento (-) Outras deduções (+)Mora/Multa (+)Outros Acréscimos
OAB: 128720 · Procurador: Gabriela Toledo de Campos Governo Federal - Guia de Recolhimento da União. GRU - Cobrança	(=)Valor Cobrado: R$ 95,00
Sacado: OBSERVATÓRIO NACIONAL-MCT Rua General José Cristino, 77 - Bairro São Cristóvão, Rio de Janeiro, BR/RJ, 20921-400 Sacador/Avalista	
Corte na linha pontilhada	Autenticação mecânica - Controle Cedente

BANCO DO BRASIL | 001-9 | 00199.53637 10000.022128 01185.461215 1 00000000009500

Local de Pagamento: Pagável em qualquer Banco	Vencimento: Contra-apresentação
Cedente: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial	Agência/Código Cedente: 2234-9/333.028-1
Data do Documento: 27/02/2012 · Nº. documento: 1201185461 · Espécie doc.: RC · Aceite: N · Data Proces.: 27/02/2012	Nosso Número: 00.000.2.2.12.0118546.1
Uso Banco · Carteira: 18/027 · Espécie: R$ · Quantidade · Valor	(=)Valor Documento: R$ 95,00
Instruções: 1. Valores expressos em reais. 2. Pagamento em cheque, anotar no verso o 'Nosso Número'. 3. Pagamento via SIAFI(OB-FATURA): Identificar na 'ob' o 'Nosso Número'. 4. Vencimento contra apresentação.	(-)Desconto/Abatimento (-) Outras deduções (+)Mora/Multa (+)Outros Acréscimos
OAB: 128720 · Procurador: Gabriela Toledo de Campos Governo Federal - Guia de Recolhimento da União. GRU - Cobrança	(=)Valor Cobrado: R$ 95,00
Sacado: OBSERVATÓRIO NACIONAL-MCT Rua General José Cristino, 77 - Bairro São Cristóvão, Rio de Janeiro, BR/RJ, 20921-400 Sacador/Avalista	
Corte na linha pontilhada	Autenticação mecânica - Ficha de Compensação

- GRU ÚNICA: a GRU apresentada ao INPI, como comprovante da retribuição, deve ser única. Não utilize cópias desta GRU para outro pagamento.- PAGAMENTO: o pagamento da GRU deve ser providenciado no PRAZO ADMINISTRATIVO, regulamentado em lei ou Ato Normativo próprio.

3.1Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a um dispositivo para simular a compensação de bússola náutica.

.3.2 Descrição do Estado da Técnica

O procedimento de compensação é necessário para corrigir o desvio da agulha magnética, e recomendado toda vez que o valor do desvio chegar a três ou mais graus; é compulsório em intervalos de doze meses, quando o navio deverá ser visitado por compensador qualificado para certificação, sendo exigência que impede o navio de trafegar.

O processo de compensação de Agulha Magnética (Bússola Náutica), realizado obrigatoriamente nos navios de médio e grande porte, demanda que as embarcações estejam em área tranquila para manobra e utilizem pelo menos oito rumos de modo a executar um giro completo. Tal procedimento consome aproximadamente três horas para ida e volta à local propício e execução das manobras com as proas (rumos) estabilizadas. É relevante citar que o custo para utilizar uma embarcação de porte para a compensação equivaleria a US$ 40.000,00 por dia, avaliando que se utilizada somente para o treinamento e qualificação de compensadores teria aproximadamente um máximo de três compensações no período.

3.3 Fundamentos da Invenção.

Para atender a demanda de ensino à formação de profissionais, ditos "Compensadores de Agulhas Magnéticas" foi desenvolvido o dispositivo e método adaptado, objeto do presente pedido de patente, o qual simula as condições a bordo dos navios, reduzindo a operação de compensação completa para quinze minutos, obtendo dessa forma grande economia de tempo, uma compensação a bordo equivaleria a correspondente economia de recursos.

É importante esclarecer que as compensações a bordo de embarcações continuam necessárias para a formação dos compensadores, entretanto a utilização do dispositivo do presente pedido de patente confere a possibilidade de que o aluno chegue ao navio com pelo menos duas dezenas de compensações realizadas no equipamento em terra, reduzindo expressivamente sua passagem pelo navio e o custo das aulas práticas, reduzindo os dias de aluguel de embarcação. Vale dizer que, enquanto toda a tripulação do navio alugado está comprometida com a compensação, o simulador utiliza apenas duas pessoas o aluno compensador e o "timoneiro", sendo que nos momentos de avaliação o procedimento é acompanhado pelo instrutor ou professor.

3.4 Objetivos da Invenção

É objetivo da presente invenção revelar um dispositivo e adaptação de método que permitem simular as manobras de compensação de uma bússola náutica para embarcações de médio e grande porte.

3.5 Descrição dos Desenhos

A Figura 1 mostra o conjunto de componentes de uma bussola náutica completa: bitácula (1) onde ficam os imãs corretores transversais, longitudinais além do imã de balde; cuba (2) contendo o disco imantado em um mecanismo cardan, as esferas de Barlow (3), que são os corretores quadrantais, e um cilindro (4) atrás da agulha que contem a Barra de flinders, um corretor de inclinação, ou latitude magnética.

A Figura 2 mostra a Base da agulha, que possibilita giro completo da estrutura, que é constituída por dois discos de metal unidos por estrutura hiperbólica, tendo o disco da base (5) diâmetro de 210 centímetros, e o disco superior (6), com diâmetro de 150 centímetros, no qual o barco de duralumínio tipo "leve e forte" (7) é apoiado. A estrutura possibilita um giro completo e suporta 0,5 tonelada.

A Figura 3 mostra a Trava da Base (8), estrutura que permite travar o giro da base, após a rotação realizada estar com a proa alinhada.

A Figura 4 mostra a Mega alidade, constituída por um disco graduado (9), com 8 metros de diâmetro interno e 30 centímetros de largura, e orientada por dois marcos esféricos (10) com diâmetro de 50 centímetros um representando o Norte Magnético outro a 180º representando o Sul Magnético, e dois marcos prismáticos (11) de base quadrada representando o Leste e Oeste Magnéticos com 10 cm de lado, materializando a direção perpendicular a primeira. Na Figura 4 também estão mostrados o barco de duralumínio tipo "leve e forte" (7) apoiado no disco da base (6).

A Figura 5a mostra a Fonte de interferência, composta por seis caixas prismáticas retangulares que envolvem a base da bitácula (1). Este conjunto representa três caixas nas direções proa-popa, bombordo-boreste e Vertical, conectadas a uma bateria de 12 Volts 150 AH (13), e outro conjunto de caixas iguais não conectados (14). Em todas as caixas existe uma barra de cilíndrica de 50 centímetros de comprimento e 3,5 centímetros de diâmetro, de ferro doce encamisada por um tubo de PVC (15). Nas caixas conectadas a bateria as barras são bobinadas, em um tubo de PVC, 250 voltas de fio de cobre esmaltado 15 AWG,

definidas como bobinas (12A), (12B) e (12C). As barras cilíndricas que não dispõe de bobinas, são definidas como bobinas (14).

A Figura 5b mostra o esquema do circuito elétrico, constituído por uma bateria (Bat), um amperímetro (A), uma chave (17), um resistor variável (R), conectado a uma bobina equivalente (Bob) as três bobinas apresentadas na Figura 5a. Este circuito elétrico permite a geração de campos magnéticos com variação da intensidade, por meio do resistor variável (R) e possibilidade de inversão de polaridade, por meio da chave (17), com isto pode ser simulado as massas férricas de navios de diferentes tamanhos e com diferentes assimetrias magnéticas.

Os dois conjuntos de prismas simulam a ação do campo permanente por meio das bobinas energizadas (12) e do campo induzido não energizados produzido pelas caixas (14). Desta forma, são simulados razoavelmente as componentes magnéticas que atuam sobre a agulha nos navios.

3.6 Descrição Detalhada da Invenção

O dispositivo e método, objetos da presente invenção, simulam o processo de compensação de Agulha Magnética (Bússola Náutica). O método apresentado é realizado por dois operadores, o compensador e o timoneiro, em que são necessárias as seguintes etapas:

a) Registrar a declinação magnética do local que se pretende operar (o simulador foi desenvolvido para possibilitar operação em qualquer local do mundo variando a declinação), girando a mega alidade em relação ao marco norte, desloca-se o zero em relação ao marco, que representa o Norte magnético, do mesmo valor da declinação em graus em sentido oposto ao da declinação. Por exemplo, para simular o próprio local (Rio de Janeiro) utiliza-se a declinação de 23º W, gira-se a alidade 23º em direção ao leste, então estará materializado o norte geográfico no zero da alidade.

b) Ligar as bobinas (12A, 12B e 12C) da fonte de interferência (16), ajustando entre 8 a 15 graus a deflexão total, nos três eixos da agulha, na proa em que foram acionadas as bobinas (12), caso não seja obtido este valor proceder a inversão da polaridade por meio da chave (17), que atua como disjuntor de cada uma das bobinas (12A), (12B) e (12C), e ainda possui a possibilidade de inverter a polaridade de cada uma; utilizar o amperímetro (A) para manter o campo dentro da limitação de 10A. As barras de ferro doce (14), não energizadas, constituem o mecanismo de simulação do magnetismo induzido.

c) Utilizando o modelo de compensação com as proas já demarcadas parte para a primeira proa na direção do norte magnético, considerando que o procedimento para a retirada de "banda" (desvio de nível lateral) já foi realizado utilizando a balança de inclinação e ajustando o nível de ímã de balde (procedimentos de regulação, da Bussola Náutica, anteriores a compensação, que consiste em colocar um instrumento para ajuste do desvio de banda do navio, e regular a altura do imã de balde que ajustar-se a força de inclinação magnética à que está submetido o navio); após comandar (falar em voz alta) a primeira proa (rumo verdadeiro) o compensador (indivíduo que está dentro do barco efetivamente realizando a compensação) aguarda enquanto o barco é girado em relação à alidade pelo timoneiro (indivíduo que está fora do barco realizando as guinadas ordenadas pelo compensador, equivaleria ao timoneiro do passadiço do navio, que comandaria a proa da embarcação na situação real), a alidade agora representa a rosa dos ventos geográfica. Após a linha de fé estar aproada no rumo pedido e estabilizada a posição, o compensador verifica a coincidência com o marco (Norte Magnético) e valida ou não sua planilha. Se validada, executa através da inserção dos imãs corretores transversais, a correção total do desvio, alinhando a agulha com o norte magnético (estes imãs são peças internas da bussola náutica, e variam de posição, cor, tamanho, e momento magnético conforme o fabricante e o modelo da bússola).

d) Compensada a primeira proa o compensador comanda a nova proa girando no mesmo sentido da primeira guinada para posicionar-se ortogonalmente a primeira proa, devendo após a conclusão da manobra, estar aproado com um dos marcos para validação de sua proa. Nesta posição o compensador novamente corrige todo o desvio da agulha magnética aplicando os ímãs corretores longitudinais até anular o desvio, posicionando a agulha magnética perpendicular a proa alinhada.

e) Compensada a segunda proa, o compensador comanda a terceira proa, guinando no mesmo sentido da primeira para posicionar-se diametralmente oposto a primeira proa, portanto deverá estar com sua linha de fé aproada com o marco sul (Sul magnético). Nesta posição, utilizando os ímãs corretores transversais, o compensador retira somente a metade do desvio da agulha.

f) Compensada a terceira proa, o compensador comanda a direção da quarta proa, guinando 90° no mesmo sentido da primeira guinada. Estabilizada a manobra, a linha de fé deverá estar aproada com o marco oeste, que materializa direção perpendicular ao eixo magnético. Nesta posição, utilizando os ímãs corretores longitudinais, o compensador deverá retirar metade do desvio.

g) Compensada a quarta proa, o compensador comanda a direção da quinta proa guinando 45° no mesmo sentido da primeira guinada. Após estabilizada a manobra, o compensador corrige todo o desvio da agulha magnética movimentando simetricamente os corretores quadrantais (15 esferas de Barlow) aproximando-as ou afastando-as até anulação total do desvio.

h) Compensada a quinta proa, o compensador comanda uma guinada de 90° no mesmo sentido da primeira guinada. Estabilizada a manobra, o compensador tira apenas a metade do desvio da agulha utilizando somente os corretores quadrantais, aproximando ou afastando as esferas de Barlow (15).

i) Compensada a sexta proa, o compensador comanda novamente a primeira proa e avalia o resultado da compensação, que deverá ter reduzido o desvio a menos dois graus, caso contrário inicia-se o procedimento.

j) Neste momento o instrutor solicita ao aluno (que é o "compensador") a sua curva de desvios compensados e valida a compensação.

k) Desliga-se primeiro o disjuntor da bobina do magnetismo permanente, que representa uma magnetização longitudinal (12 B), paralela a linha de fé do navio e avalia o comportamento da agulha.

l) O instrutor ou timoneiro desliga a bobina do magnetismo permanente, que representa o magnetismo transversal (12A) do navio e avalia o desvio.

m) Finalmente o instrutor ou timoneiro desliga a bobina vertical (12C) que representa os desvios de inclinação magnética causado pelas estruturas verticais do navio. O conjunto das três bobinas combinado com as três não alimentadas e a bateria cercando a bússola constitue o conjunto "Fonte de Interferência" (16), realizando efeito semelhante a um degausiing (equipamento que tenta anular o magnetismo do casco do navio de guerra para evitar minas magnéticas e detecção por magnetômetros). O aluno (compensador) então quantifica a diferença e refaz a curva de desvios concluindo a compensação, é interessante observar que na prática normalmente a função de timoneiro é realizada por outro aluno, que de maneira direta também absorve os conhecimentos do processo da compensação.

Enquanto a concretização particular da presente invenção tenha sido aqui descrita, esta não deve ser considerada limitada a tal descrição. Deve ser aparente que mudanças e modificações podem ser incorporadas e concretizadas como parte da invenção e, ainda assim, estando dentro do escopo das reivindicações que se seguem.

3.7 Figuras da Invenção

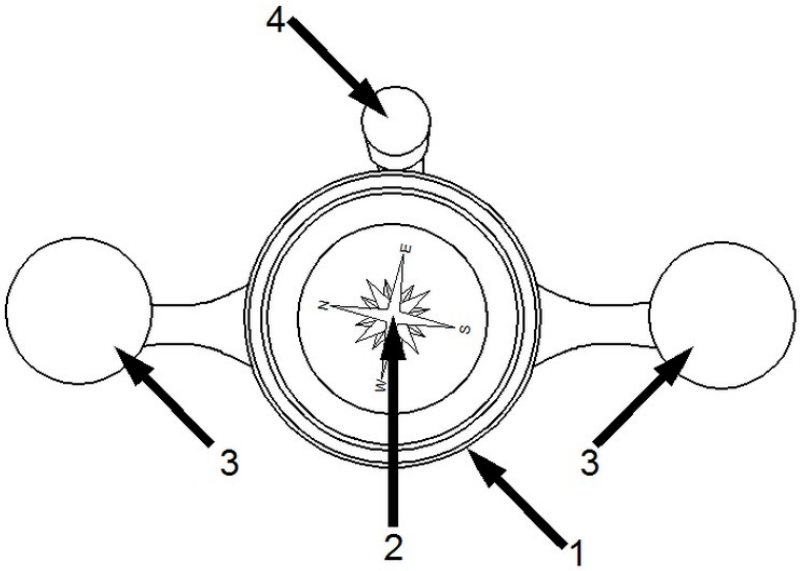

Figura1

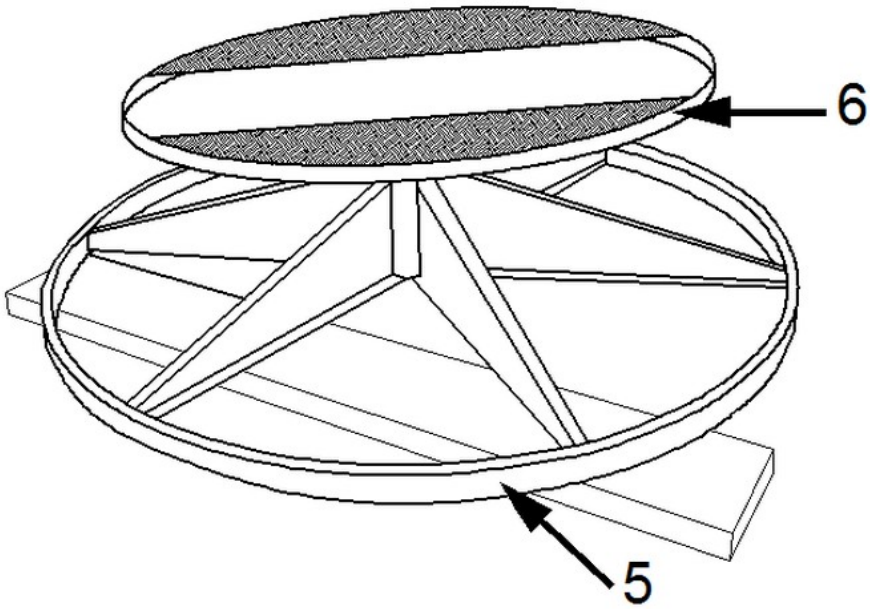

Figura 2

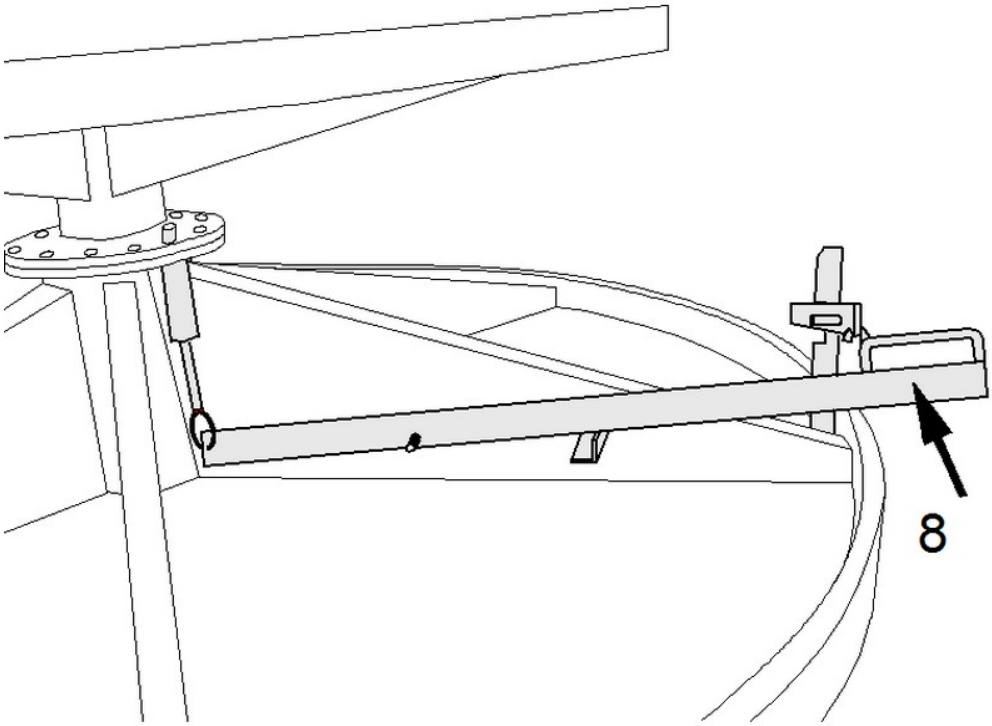

Figura 3

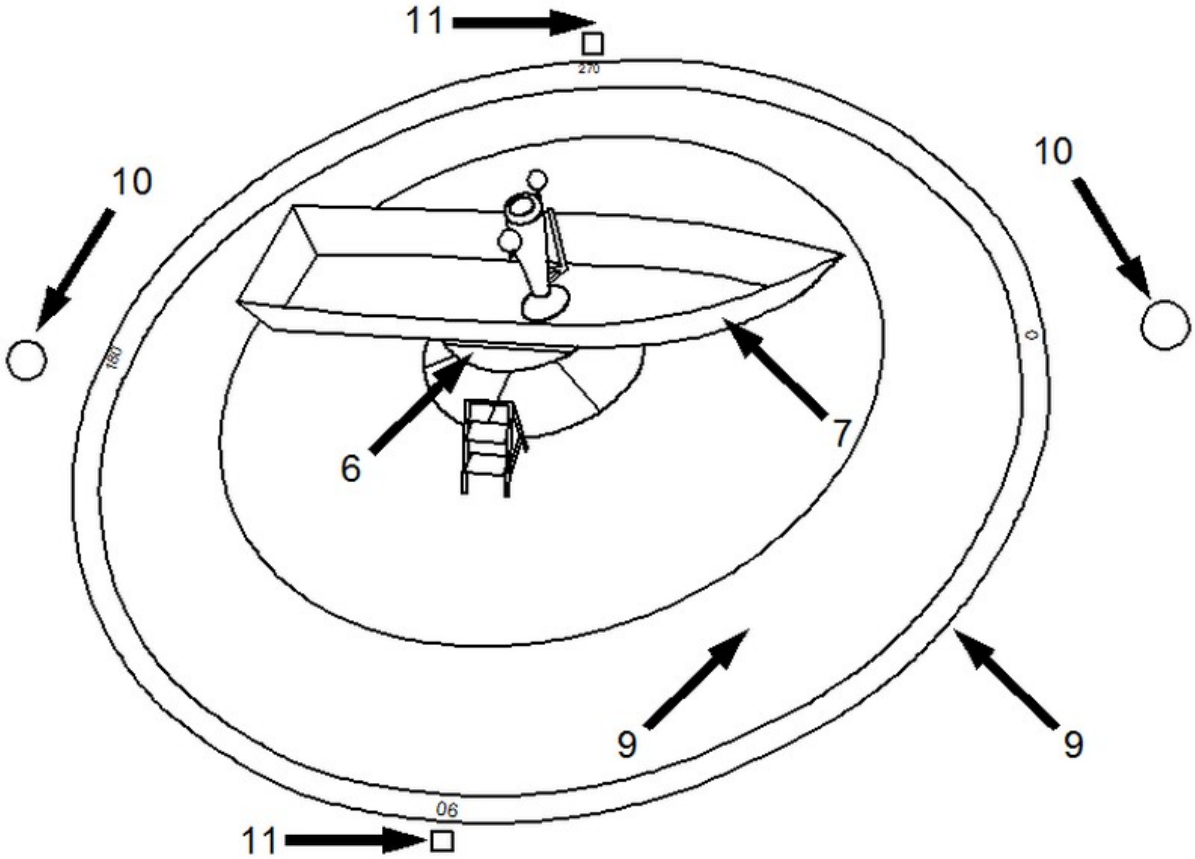

Figura 4

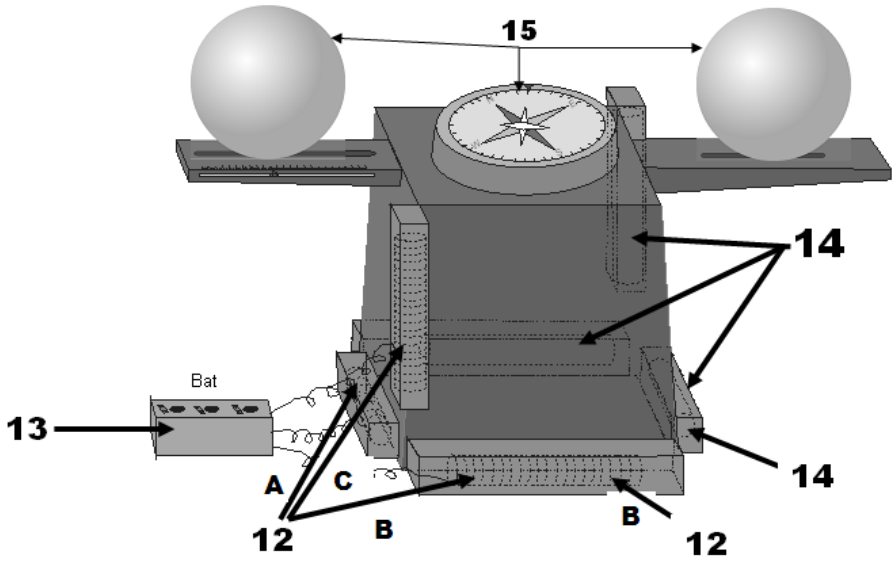

Figura 5a

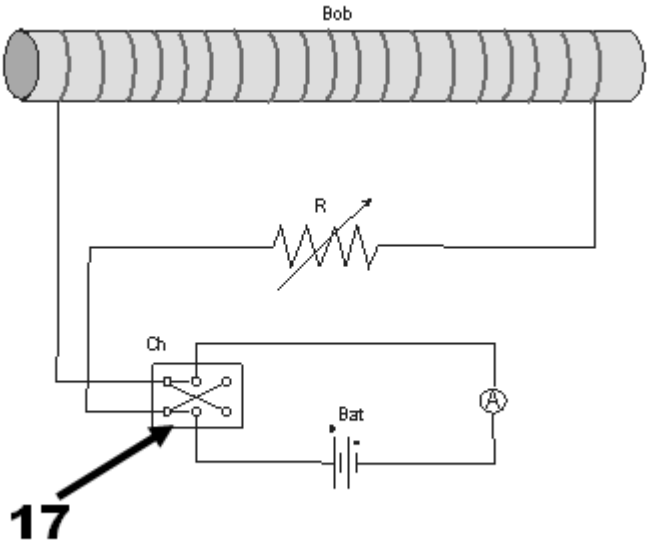

Figura 5b

Capítulo 4

Conclusão:

Considerações finais -

A realização de um projeto finalizado pela construção de um equipamento é um feito memorável, mas a lembrança de todos os percalços, contratempos, falta de recursos, discussões sobre como fazer uma peça que não existe, e finalmente a conclusão de um protótipo funcional, sem precedentes, tornam esta realização o triunfo da teoria aplicada e solidificam a essência de um doutorado, seja pelo ineditismo, pela aplicação diuturna do equipamento desde que foi entregue ao ensino ou mesmo pelo patenteamento requerido da ideia agora materializada no protótipo.

Toda a teorização foi experimentada com a prática nos tijupás (convés mais elevado, onde frequentemente é fixada a agulha magnética) dos navios da DHN (figura 1), com várias horas de treinamento e repetição.

Figura 1 - Tijupá do Navio Oceanográfico Antares

O Simulador de Compensação da Agulha magnética é hoje uma inovação enquanto recurso instrucional, foi consolidado nos currículos do CAHO e do C-Exp-Ag-Mag, atingiu diretamente mais de 170 alunos, desde setembro de 2009, tornou-se a principal ferramenta de apoio no Curso de Compensação de Agulhas.

CÓPIA

INPI INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL PROTOCOLO GERAL
brd 020120020276
09/03/2012 15:44 NPRJ
BR 10 2012 005316 0

< Uso exclusivo do INPI >

Espaço reservado ao protocolo

Espaço para etiqueta

DEPÓSITO DE PEDIDO DE PATENTE OU DE CERTIFICADO DE ADIÇÃO

Ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial:
O requerente solicita a concessão de um privilégio na natureza e nas condições abaixo indicadas

1. Depositante (71):

1.1 Nome: Observatório Nacional - ON

1.2 Qualificação: Unidade de Pesquisa do Min. da Ciência, Tecnologia e Inovação

1.3 CNPJ/CPF: 04.053.755/000105

1.4 Endereço Completo: Rua General José Cristino, nº 77, São Cristóvão, Rio de janeiro/RJ

1.5 CEP: 20921-400 1.6 Telefone: (21) 35049250 1.7 Fax: (21) 3504 9180

1.8 E-mail: nitrio@nitrio.org.br

☐ continua em folha anexa

2. Natureza: ◉ Invenção ○ Modelo de Utilidade ○ Certificado de Adição

Escreva, obrigatoriamente, e por extenso, a Natureza desejada: Patente de Invenção

3. Título da Invenção ou Modelo de Utilidade ou Certificado de Adição(54):
DISPOSITIVO E MÉTODO PARA SIMULAR A COMPENSAÇÃO DE BÚSSOLA NÁUTICA

☐ continua em folha anexa

4. Pedido de Divisão: do pedido Nº Data de Depósito:

5. Prioridade: ☐ interna ☐ unionista

O depositante reivindica a(s) seguinte(s):

País ou organização de origem	Número de depósito	Data do depósito

6. Inventor (72):

☐ Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)

6.1 Nome: Cosme Ferreira da Ponte Neto

6.2 Qualificação: Servidor público 6.3 CPF: 046.652.338-61

6.4 Endereço completo: Rua Pereira de Almeida, nº07, apto.1206 Praça da Bandeira Rio de Janeiro RJ BR

6.5 CEP: 20260-100 6.6 Telefone: 6.7 Fax:

6.8 E-Mail:

☒ continua em folha anexa

7. Declaração na forma do item 3.2 do Ato Normativo nº 127/97:

☐ 7.1 Declaro que os dados fornecidos no presente formulário são idênticos ao da certidão de depósito ou documento equivalente do pedido cuja prioridade está sendo reivindicada.

☐ em anexo

8. Declaração de divulgação anterior não prejudicial: (Período de Graça):
(art. 12 da LPI e item 2 do AN nº 127/97)

☐ em anexo

9. Procurador (74)

9.1 Nome: Gabriela Toledo de Campos

9.2 CNPJ/CPF: 086.954.477-23 9.3 API/OAB: 128.720

9.4 Endereço completo: Rua Lauro Müller, nº 455, sl. 300 - Urca, Rio de Janeiro/RJ - Brasil

9.5 CEP: 22290160 9.6 Telefone: (21) 2141-7277 9.7 Fax: (21) 2141-7277

9.8 E-Mail: gabriela@nitrio.org.br

10. Listagem de sequências Biológicas (documentos anexados) (se houver):

☐ Listagem de sequências em arquivo eletrônico: nº de CDs ou DVDs (original e cópia).

☐ Código de controle alfanumérico no formato de código de barras: fl.

☐ Listagem de sequências em formato impresso: fls.

☐ Declaração de acordo com o artigo da Resolução INPI nº 228/09: fls.

11. Documentos anexados (assinale e indique também o número de folhas):
(Deverá ser indicado o nº total de somente uma das vias de cada documento)

☒	11.1 Guia de Recolhimento	02 fls.	☒	11.5 Relatório descritivo	07 fls.
☒	11.2 Procuração	01 fls.	☒	11.6 Reivindicações	04 fls.
☐	11.3 Documentos de Prioridade	fls.	☒	11.7 Desenhos	03 fls.
☐	11.4 Doc. de contrato de trabalho	fls.	☒	11.8 Resumo	01 fls.
☒	11.9 Outros que não aqueles definidos no campo 11 (especificar) -Termo de Cesão dos inventores -D.O.U de nom. do Dir. ON				03 fls.

12. Total de folhas anexadas (referentes aos campos 10 e 11): 21 fls.

13. Declaro, sob penas da Lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

Rio de Janeiro, 09/03/2012
Local e Data

Assinatura e Carimbo

Referências:

BRANDÃO, Manoel Palumbo. **Agulhas Magnéticas**. Rio de Janeiro: DHN Marinha do Brasil, 1955, 89p.

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

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

MIGUENS, Altineu Pires. Editoria: DHN Marinha do Brasil. **Navegação – A ciência e a Arte**. Niterói, v. 2, p. 539-1220, 1996.

NAVEMARINST Nº 10-05, Instruções de Navegação da Marinha de Guerra do Brasil, DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO**,** NITERÓI,RJ. Em 31 de agosto de 1998. Assunto**:** Agulhas Magnéticas.

NORMAM-14, NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA PARA CADASTRAMENTO DE EMPRESAS DE NAVEGAÇÃO, PERITOS E SOCIEDADES CLASSIFICADORAS – Diretoria de Portos e Costas.

SPENCER, Nye S; KUCERA, George F. Editorials: U.S. Naval Oceanographic Office. **Handbook of magnetic compass adjustment**. Washington, v. 88, n. 226, p. 1-88, 1969.