

Kátia Alves Arraes

**Uma Ferramenta para Visualização e Simulação de
Exercícios Navais em Cenários Marítimos Reais**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal Fluminense.

Orientadora: Aura Conci

Niterói, 02 de junho de 2006

*Para o meu marido Paim que me apoiou nas horas difíceis dividindo
comigo as tarefas de cuidar de nossa filhinha Victória.*

*Para minha bonequinha Victória por ser tão pequenina e tão
companheira, minha fonte de inspiração para enfrentar as adversidades
com mais garra.*

*Enfim, para os meus queridos pais e minha família pelo grande apoio e
incentivo na condução desse trabalho.*

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela benção que ele me proporcionou de poder cursar o mestrado e poder acompanhar os primeiros aninhos de minha filhinha Victória, conciliando os estudos e o papel de mãe. Tenho certeza que Deus esteve comigo nas horas difíceis me apoiando e incentivando para ir adiante.

Agradeço ao meu marido pelo companheirismo, carinho e paciência comigo durante esta jornada.

Agradeço aos meus queridos pais pelo constante incentivo e apoio nos meus estudos.

Agradeço a professora Aura, orientadora e amiga, que me fez crescer através das críticas e elogios. Por ter sido amiga nas horas difíceis, e professora na condução eficiente às pesquisas e por estar orientando esta Dissertação de Mestrado.

Agradeço ao colega Mozart Batista do CASNAV pelo grande apoio no esclarecimento de dúvidas referentes às bibliotecas em C++.

Agradeço à Marinha do Brasil pela grande oportunidade a mim proporcionada.

Agradeço ao Comandante Cleber Almeida do CASOP pelo fundamental apoio no direcionamento de minha tese, ao Tenente Kouzmine e Analista Hélio do CASOP pelo grande apoio prestado e a todos que me incentivaram todo o tempo e comemoram comigo o cumprimento de mais uma etapa de minha vida.

Resumo

Arraes, Kátia Alves. **Uma Ferramenta para Visualização e Simulação de Exercícios Navais em Cenários Marítimos Reais**. Rio de Janeiro, 2006. 76p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Computação, Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal Fluminense.

Este trabalho tem como objetivo construir uma ferramenta para Visualização e Simulação de Exercícios Navais em Cenários Marítimos Reais. Esta ferramenta foi desenvolvida considerando como a Marinha Brasileira controla e analisa seus exercícios. O Cenário Marítimo Real é descrito principalmente pelo uso de um arquivo de imagem no formato BSB (*Maptech*), formato este adotado para reprodução de Cartas Náuticas utilizado por vários Institutos Hidrográficos no mundo como: Argentina, Brasil, Canadá, Estados Unidos, México e outros. Este formato permite usar imagens de grandes resoluções georeferenciadas a partir de funções polinomiais, especifica o *datum* geodésico de origem da carta em uso, descreve paletas de cores alternativas para observação da carta e usa uma forma de compressão e descompressão própria dos dados. Por isso, um estudo detalhado deste tipo de formato é também descrito neste trabalho, que se concentra nos aspectos de compressão de dados, formas de armazenamento, descrição de cores e utilização das coordenadas geográficas. O Cenário Marítimo Real é usado como fundo, onde os exercícios são visualizados, através da introdução do perfil dos navios baseado nos símbolos adotados pela Marinha Brasileira, nas suas coordenadas geográficas reais definidas pelo *Global Position System* (GPS). Os pontos do posicionamento e as linhas que descrevem as rotas são elementos vetoriais que são incluídos na carta *raster*. O estudo apresenta também uma breve revisão do processo de evolução da navegação do passado até as cartas eletrônicas atuais.

Palavras-chave

Simulação de Exercícios; Formato BSB; Cartas Eletrônicas; GPS; *Datum* Geodésico.

Abstract

Arraes, Kátia Alves. **Uma Ferramenta para Visualização e Simulação de Exercícios Navais em Cenários Marítimos Reais**. Rio de Janeiro, 2006. 76p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Computação, Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal Fluminense.

This work has as objective builds a tool for Visualization and Simulation of Naval Exercises in Real Marine Sceneries. This tool was developed considering as the Brazilian Navy controls and it analyzes their exercises. The Real Marine Scenery is described mainly by the use of an image file in the format BSB (Maptech), format this adopted for reproduction of Nautical Chart and used by several Institutes Hydrographic in the world, as: Argentina, Brazil, Canada, Mexico, United States and other. This format allows the use of images great resolution, that are geographic referred, that specifies the geodesic datum source of the chart, that describes palettes of alternative colors for observation of the chart and it uses a compression form and own decompression of the data. For that, a detailed study of this format type is also described in this work, that concentrates on the aspects of data compression, storage forms, color description and geographical coordinates. The Real Marine Scenery is used as background, where the exercises are visualized through the introduction of the ship profiles based in the symbols adopted by the Brazilian Navy, considering the real geographical coordinates defined by Global System Position (GPS). The positioned points and the lines that describe the routes are vectorial elements that are included in the raster chart. The study also presents an abbreviation revision of the process of evolution of the navigation from the past to the Electronic Chart at present time.

Keywords

Exercise Simulation; BSB Format; Electronic Chart; GPS; Geodesic Datum.

LISTA DE ABREVIATURAS

ACI	Associação Cartográfica Internacional
API	Application Program Interface
CHS	Canadian Hydrographic Service
CASOP	Centro de Apoio a Sistemas Operativos
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DGPS	Differential Global Position System
DIB	Device Independent Bitmap
DDB	Device Dependent Bitmap
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
GPS	Global Positioning System
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library
IMO	International Maritime Organization
IHO	International Hydrographic Organization
ComenCh	Comandante-em-Chefe da Esquadra
MEO	Medidas de Eficácia Operacional
MFC	Microsoft Foundation Class
NIMA	National Imagery and Mapping Agency
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (USA)
NOS	National Ocean Service (USA)
NAVSTAR	Navigation Satellite with Time and Ranging
RLE	Run Length Encoded
RCDIS	Raster Chart Display and Information System
SAR	Search and Rescue
SAETE	Sistema de Análise de Exercícios Táticos da Esquadra
SIF	Intergraph's Standard Interchange
UNESCO	United Nations Educational Scientific and Cultural Organization
WGS84	World Geodetic System 1984

LISTA DE DEFINIÇÕES ELUCIDATIVAS

Azimute – ângulo medido entre o horizonte e um objeto.

Amazônia Azul – O território marítimo brasileiro tem cerca de 3,6 milhões de km². O Brasil está pleiteando, junto a ONU, um acréscimo de 900 mil km² a essa área, em pontos onde a Plataforma Continental vai além das 200 milhas náuticas (370 km).

Caso aceita a proposta brasileira, as águas jurisdicionais brasileiras somarão quase 4,5 milhões de km².

Uma área maior do que a Amazônia verde.

Uma Amazônia em pleno mar.

Direção – a direção do deslocamento, medida em graus, baseada na convenção que considera o operador/receptor no centro de um círculo imaginário, estando o Norte a 0°/360° e o Sul a 180°.

Comissão – operação militar realizada em período e local predeterminados envolvendo vários meios da Esquadra como: navios, aeronaves, alvos aéreos e outros para realização de diversos tipos de exercícios no mar.

Curso – É a direção do destino, medida em graus.

Coordenadas – Descrição única de uma posição geográfica, usando caracteres numéricos ou alfanuméricos.

Calado – Distância da quilha do navio (fundo) até a linha d'água.

Derrota - É um conjunto ordenado de *waypoints*. O primeiro *waypoint* representa o ponto de partida da rota. O último *waypoint* representa o ponto de chegada. Entre o *waypoint* de partida e o *waypoint* de chegada pode-se ter vários *waypoints* intermediários.

Declinação Magnética – A diferença, em graus, entre o norte magnético e o verdadeiro.

Latitude - Uma das coordenadas de posição sobre o globo terrestre. Distância angular a norte ou sul do equador. Pontos sobre o equador têm latitude de 0°; sobre os pólos, latitude de 90°. A latitude é sempre qualificada de Norte ou Sul, por exemplo, o Rio de Janeiro está à latitude de 22° 55'S.

Longitude – é a distância ao meridiano de Greenwich medida ao longo do Equador, cuja unidade mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 180° para Este ou para Oeste, por exemplo, o Rio de Janeiro está à longitude de 34° 53' W.

Loxodromia - direção na qual a proa do navio intercepta todos os meridianos sob um mesmo ângulo, através de uma linha reta.

Norte verdadeiro – representa a direção do Pólo Norte geográfico.

Norte magnético – especifica a direção apontada pela agulha da bússola magnética (fica próximo ao Pólo Sul geográfico).

Ortodromia - É o arco de círculo máximo que representa a menor distância entre dois pontos na superfície da Terra (considerada esférica para os fins comuns da navegação). A navegação sobre uma ortodromia exige constantes mudanças de rumo, pois os arcos de círculo máximo formam ângulos variáveis com os meridianos.

Posição – uma localização geográfica na superfície da Terra.

Rumo – a direção pretendida de movimento.

Rota – um curso planejado de viagem definido por uma seqüência de pontos.

Perna – Distância de um ponto de uma referência

Pé de Piloto – é a distância mínima entre a quilha, ou a parte mais imersa do casco e respectivos acessórios, e o leito do mar ou fundo, que o navegante deseja manter ao longo das suas navegações, sendo por ele fixado de acordo com o seu critério de avaliação para as diferentes situações. Para assegurar o Pé-de-Piloto estabelecido, o navegante deve delimitar as zonas em que pode navegar em função dos fundos indicados na carta de navegação (sonda reduzida).

Quilha - Peça disposta em todo o comprimento do casco no plano diametral e na parte mais baixa do navio: constitui a "espinha dorsal" e é a parte mais importante do navio, qualquer que seja o seu tipo; nas docagens e nos encalhes, por exemplo, é a quilha que suporta os maiores esforços.

1 INTRODUÇÃO

1.1. Visão Geral

Os Institutos Hidrográficos de cada país são os responsáveis pela reprodução oficial de suas Cartas Náuticas, documento náutico utilizado para auxiliar a navegação marítima. No Brasil essa responsabilidade é da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil.

Estes institutos, com o avanço da utilização de cartas eletrônicas na navegação marítima, a fim de tornar a navegação marítima mais segura e eficaz, estabeleceram resoluções e normas, enquadrando e regulamentando a equivalência das cartas eletrônicas com as cartas de papel.

As cartas eletrônicas devem traduzir reproduções idênticas das Cartas Náuticas em papel produzidas por órgãos oficiais.

O foco deste trabalho é na utilização do formato BSB para compor o Cenário Marítimo integrado ao *Global Positioning System* (GPS) visando retratar um ambiente real navegado com possibilidade de reconstruir os exercícios realizados pela Marinha do Brasil no mar, através de sua visualização gráfica. O objetivo desta visualização é o monitoramento e posteriores avaliações de desempenho dos exercícios navais.

A utilização do formato BSB deve-se ao fato de ser um formato de imagens digitais de alta resolução georeferenciadas. O BSB satisfaz às exigências da navegação marítima conforme regulamentação da *International Maritime Organization* (IMO), e fornece uma síntese gráfica das informações necessárias para efetuar operações como: posicionar navio, delimitar zonas a evitar e determinar a rota a seguir.

1.2. Objetivos

Essa dissertação tem como objetivo propor uma ferramenta de ambiente integrado, que permita visualizar a posição de um navio fornecida pelo GPS em uma carta *raster* que represente a região real de navegação. Para isso as metas deste trabalho são:

- Implementar um sistema de leitura da carta *raster* no formato BSB;
- Fazer com que o sistema seja possível de representar o perfil dos navios participantes de um determinado exercício na carta *raster* posicionados adequadamente;
- Visualizar no sistema implementado, derrotas dos navios de acordo com o planejamento dos exercícios, através da introdução de elementos vetoriais na carta *raster* e;
- Possibilitar a análise e a avaliação do cenário tático de acordo com as demandas de cada exercício.

1.3. Estrutura da Tese

Seguindo a proposta de trabalho, no Capítulo 2 é realizado um breve histórico da navegação do passado até o presente. No Capítulo 3 é abordado de forma objetiva os elementos teóricos para uma melhor compreensão de alguns termos e assuntos sobre cartografia, necessários para a compreensão posterior do formato BSB. No Capítulo 4 é descrita a utilização de cartas eletrônicas. No Capítulo 5 é abordado um estudo detalhado sobre o formato BSB. No Capítulo 6 são mencionadas informações básicas para o entendimento acerca dos exercícios navais realizados pela Marinha do Brasil. O Capítulo 7 apresenta aspectos referentes ao desenvolvimento da ferramenta utilizada para visualização gráfica dos exercícios. Finalmente no Capítulo 8 são mencionadas sugestões para trabalhos futuros e a conclusão geral deste trabalho.

2 NAVEGAÇÃO

2.1. Histórico

"Navegação é a ciência e a arte de conduzir, com segurança, um navio (ou embarcação) de um ponto a outro da superfície da Terra" [MIG96]. A história das viagens marítimas é realmente muito antiga. Durante milênios, a aquisição de conhecimentos sobre técnicas de navegação foi um processo penoso, fruto de uma lenta acumulação de experiências em viagens e de muito sofrimento, até o desenvolvimento dos avanços tecnológicos utilizados na navegação no mundo atual.

Há evidências de que no passado os marinheiros só navegavam mantendo terra firme à vista. Eles temiam cair da borda da Terra se rumassem para mar aberto, pois acreditavam que a terra era uma superfície plana. À medida que novas explorações e conhecimentos surgiam esses temores foram deixados para trás e os marinheiros partiram para o mar aberto. Diversas formas de navegação foram surgindo como: por estima, astronômica e por ventos.

2.1.1. Navegação por Estima

Os navegadores antigos se orientavam no mar utilizando a chamada "navegação por estima", conforme Figura 1. O que exigia que o navegador estivesse a par de três informações: o ponto de partida do navio, a sua velocidade e o seu rumo (direção do movimento).

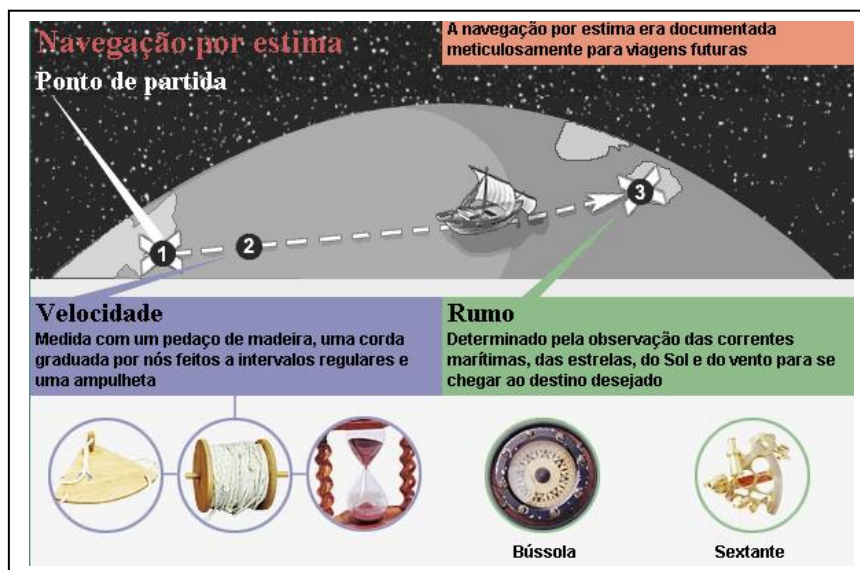


Figura 1 – Navegação por Estima

As bússolas só se tornaram disponíveis na Europa no século 12 DC. Antes da existência da bússola, os navegadores consultavam o Sol e as estrelas. Quando nuvens ocultavam a visão, os marinheiros orientavam-se pelas correntes oceânicas longas e regulares produzidas por ventos constantes. Eles prestavam atenção à posição do nascente e do poente do Sol e das estrelas em relação a essas vagas (intervalo entre duas ondas). Cristóvão Colombo usou uma bússola para verificar seu rumo na viagem de descoberta da América, segundo historiadores.

A velocidade era estimada a partir de um pedaço de madeira amarrado a uma corda graduada por nós, feitos a intervalos regulares, solta no mar. Sabendo a velocidade, o navegador poderia calcular a distância percorrida pelo navio em um dia. Em uma Carta Náutica (mapa do mar), era traçada uma linha para indicar os avanços ao longo do rumo escolhido. As correntes marinhas e os ventos laterais podiam desviar o navio do curso. Por isso, o navegador calculava e anotava periodicamente as correções de rumo necessárias para manter o navio na direção certa. Foi navegando por estima que Colombo fez o trajeto de ida e volta entre a Espanha e a América do Norte há mais de 500 anos. Suas cartas, cuidadosamente traçadas, tornam possível que navegantes atuais refaçam sua viagem memorável.

2.1.2. Navegação Astronômica

Os antigos navegadores também usavam os corpos celestes para guiar suas embarcações. À direção do Sol nascente e o poente indicavam o leste e o oeste. Ao amanhecer, os marinheiros podiam perceber o aparente desvio do Sol em relação ao dia anterior, comparando a localização do nascente com as estrelas que se desvaneciam. À noite, podiam determinar sua posição observando a Estrela Polar, que parece ficar quase que diretamente acima do Pólo Norte após o anoitecer. No Hemisfério Sul, uma constelação brilhante conhecida como Cruzeiro do Sul ajudava-os a localizar o Pólo Sul. De modo que, numa noite de céu limpo, navegante de todos os mares podia verificar seu rumo usando pelo menos um ponto de referência no céu.

2.1.3. Navegação por Ventos

Os navios à vela ficavam à mercê dos ventos. Uma brisa vinda de trás movia o barco muito bem, mas um vento desfavorável atrasava consideravelmente a viagem. Quando não havia vento, como nas freqüentes calmarias equatoriais, o navio não avançava. Com o tempo, os marinheiros descobriram ventos oceânicos predominantes que os ajudaram a estabelecer vias expressas para navios à vela em alto-mar. Os navegadores aproveitavam bem esses ventos.

2.1.4. Processo Evolutivo

Com o passar do tempo, a arte de navegar tomou novos rumos. Instrumentos mecânicos começaram a tornar os navegadores menos dependentes das observações a olho nu e conjecturas. O astrolábio (instrumento muito antigo para medir ângulos e que serve, para medir a altura dos astros acima do horizonte), e depois o sextante mais preciso media a elevação do Sol ou de uma Estrela acima do horizonte e permitiam que os marinheiros achassem sua latitude ao norte ou ao sul do Equador.

O cronômetro marítimo (um relógio confiável, próprio para a navegação) deu-lhes condições de determinar a longitude, sua posição ao leste ou ao oeste de Greenwich. Tais instrumentos possibilitavam uma orientação muito mais exata do que a navegação por estima.

Hoje em dia, bússolas giroscópicas indicam o norte sem uma agulha magnética. O Sistema de Posicionamento Global (GPS) fornece a localização desejada através de coordenadas geográficas (latitude e longitude). As cartas eletrônicas muitas vezes substituem Cartas Náuticas de papel. Como se pode ver, a navegação tornou-se uma ciência.

3 CARTOGRAFIA

3.1. Definição

Segundo [MAG98] o vocábulo CARTOGRAFIA significa descrição de cartas. Esse termo foi empregado pela primeira vez, por Manoel Francisco de Barros e Souza de Mesquita de Macedo Leitão (1791 - 1856). Esse historiador português, que também era 2º Visconde de Santarém usou esse termo em uma carta datada de 8 de dezembro de 1839, enviada de Paris para o historiador brasileiro Francisco Adolfo de Varnhagen. Depois disso passou a ser consagrado pelo uso dessa palavra. Apesar de seu significado etimológico, a sua concepção inicial continha a idéia do traçado de mapas. No primeiro estágio da evolução o vocábulo passou a significar a arte do traçado de mapas, para em seguida, englobar a ciência, a técnica e a arte de representar a superfície terrestre.

Em 1949 a Organização das Nações Unidas já reconhecia a importância da Cartografia através da seguinte assertiva, lavrada em Atas e Anais: "CARTOGRAFIA, no sentido lato da palavra não é apenas uma das ferramentas básicas do desenvolvimento econômico, mas é a primeira ferramenta a ser usada antes que outras ferramentas possam ser postas em trabalho".⁽¹⁾

O conceito da Cartografia, hoje aceita sem maiores contestações, foi estabelecido em 1966 pela Associação Cartográfica Internacional (ACI), e posteriormente, ratificado pela UNESCO, no mesmo ano: "A Cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, se voltam para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e sócio-econômicos, bem como a sua utilização".

⁽¹⁾ ONU, Department of Social Affairs. MODERN CARTOGRAPHY – BASE MAPS FOR WORLDS NEEDS.

3.2. Conceitos Básicos

3.2.1. Forma da Terra

Inicialmente imaginava-se que a Terra era uma superfície plana, circundada pelos mares. Com o decorrer dos tempos, surgiram as primeiras teorias e experimentos sobre a representação geométrica da Terra como esférica com extremidades opostas (pólos) mais achatadas, porém, esta superfície era de difícil desenvolvimento matemático.

Visando contornar o problema da falta de representação matemática para a superfície da Terra, foi criado o conceito de geóide que corresponde à superfície do nível médio dos mares supostamente prolongado por sob continentes como mostrado na Figura 2 [MIG96].

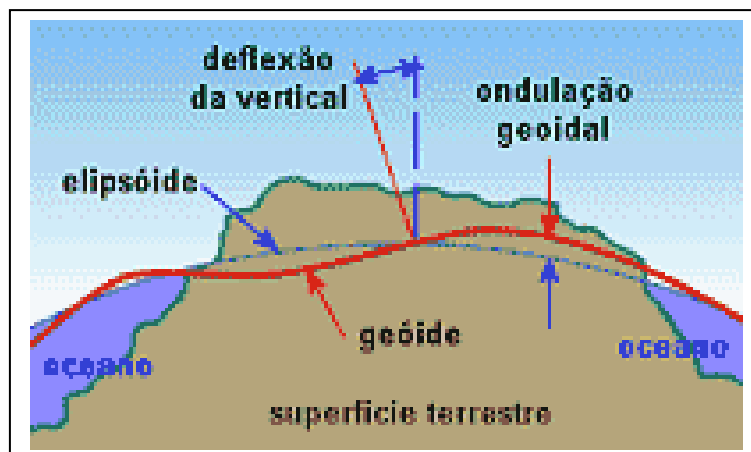


Figura 2 – Ondulação Geoidal

O geóide é uma superfície ao longo da qual a força de gravidade é igual em todos os pontos e a direção da força de gravidade sempre é perpendicular. Por isto instrumentos de medição que possuem dispositivos niveladores são comumente usados em medidas geodésicas. Quando corretamente nivelado, o eixo vertical do instrumento coincide com a direção de gravidade e é perpendicular ao geóide. Entretanto, este modelo apresenta alta complexidade devido à dependência de características gravimétricas, logo, um modelo mais simples para representar nosso planeta foi adotado, usando uma elipse que ao girar em torno de seu eixo menor forma um volume, o elipsóide de revolução. Esta forma é apresentada na

Figura 3 tendo o formato achatado nos pólos. Então, o elipsóide passou a ser a superfície de referência utilizada nos cálculos que fornecem subsídios para a elaboração de uma representação cartográfica.

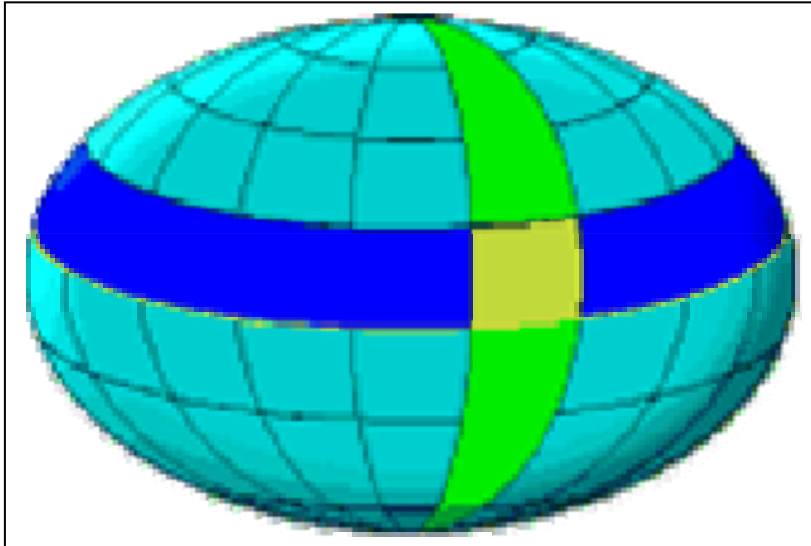


Figura 3 – Elipsóide de Revolução

3.2.2. Representação Cartográfica por Traço

3.2.2.1. Globo

É a representação cartográfica sobre uma superfície esférica, em escala pequena. Ela é usada para aspectos naturais e artificiais de uma figura planetária, com finalidade cultural e didática.

3.2.2.2. Mapa

É a representação no plano, normalmente em escala pequena, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de uma área tomada na superfície de uma figura planetária. Ela é usada delimitada por elementos físicos, político administrativo, destinado aos mais variados usos, temáticos, culturais e ilustrativos.

3.2.2.3. Carta

É a representação no plano, em escala média ou grande, dos aspectos artificiais e naturais de uma área tomada de uma superfície planetária, subdividida em folhas delimitadas por linhas convencionais - paralelos e meridianos - com a finalidade de possibilitar a avaliação de pormenores (de direções, distâncias e localização de pontos, áreas e detalhes), com grau de precisão compatível com a escala.

3.2.3. Escala

A escala descreve a proporção entre um valor gráfico, na carta, e o valor real correspondente, na superfície da Terra. A escala, normalmente em forma numérica, deve ser indicada na carta a fim de esclarecer o tamanho real dos objetos representados nela.

A escala numérica é representada por uma fração ordinária conforme a relação a seguir:

$$E = \frac{d}{D}$$

Onde:

E indica a escala, **d** é a distância medida na carta e **D** corresponde a distância real (no terreno).

Quanto menor for o denominador maior será a redução da escala.

As escalas mais comuns têm como numerador a unidade e como denominador, um múltiplo de 10:

$$E = \frac{1}{10X}$$

Ex:

$$E = \frac{1}{1.000.000} \quad \text{ou} \quad E = 1:1.000.000$$

Isto significa que, 1 centímetro lido na carta equivale a 1.000.000 de centímetros (10 km) na realidade.

Em Cartografia, utiliza-se a escala de projeção menor, utilizada para reduções, cujas dimensões do desenho são menores que as naturais.

3.2.4. Projeção Cartográfica

É a forma de representar a superfície da Terra (ou elipsóide) sobre uma superfície plana, denominada carta, de modo que cada ponto da superfície terrestre corresponda a um ponto da carta e vice-versa.

O grande problema da construção de mapas planos é o aparecimento de deformações inevitáveis. Tal como ao calcar uma casca de laranja sobre uma mesa, esta se fratura e deforma, assim os cartógrafos têm de deformar a geometria do globo para reproduzir no plano uma superfície esférica. As deformações não são graves quando se trata de áreas reduzidas. Mas o mundo tinha-se tornado maior com as viagens dos descobrimentos e começavam a fazer-se mapas de continentes e oceanos, que eram necessários para as navegações.

Sob o aspecto da navegação, a forma de representar a superfície da Terra através de globos tridimensionais se torna inviável. Um dos problemas é a representação da estima (seção 2.1.1) ou a necessidade de representar a linha de rumo ou loxodromia. Pois é necessário o conhecimento das posições relativas de todos os pontos e as representações de dimensões apresentadas em escala única.

Para representar as exigências da navegação seria necessário um globo de proporções exageradas (em um globo de 1,28m de diâmetro, por exemplo, a escala é de aproximadamente 1/10.000.000, não sendo possível a representação de detalhes inferiores a 2Km) [MIG96]. Também haveria dificuldades para traçar a derrota ou plotar pontos a bordo. Portanto, a confecção de uma carta requer a seleção de um sistema de projeção que apresente características que satisfaçam às finalidades propostas para sua utilização.

Diferentes sistemas de projeções podem ser empregados em cartografia náutica como, por exemplo, Mercator, Gnomônica, Estereográfica, Ortográfica, Azimutal Equidistante e Projeção Cônica. Este estudo enfatiza a construção de Cartas Náuticas usando a projeção de Mercator.

3.2.4.1. Projeção de Mercator

A projeção de Mercator, [MIG96] sob o ponto de vista da navegação, resolve graficamente os problemas da estima, por permitir representar a linha de rumo (ou loxodromia – conceito descoberto pelo cosmógrafo Pedro Nunes (1502-1579) e que está na base do sistema de projeção dos mapas de Mercator), através de uma linha reta indicada pela agulha, na qual a direção da proa do navio intercepta todos os meridianos sob um mesmo ângulo. Embora a menor distância entre dois pontos na superfície da Terra seja uma ortodromia, isto é, o arco de círculo máximo que representa a menor distância entre dois pontos na superfície da Terra (considerada esférica para os fins comuns da navegação).

A navegação sobre uma ortodromia exige constantes mudanças de rumo, pois os arcos de círculo máximo formam ângulos variáveis com os meridianos. Com exceção de rumos sobre o equador ou sobre um meridiano, seguir uma direção cardinal constante, tal como teoricamente indicada pela agulha náutica, obriga os navegantes a percorrer, entre dois pontos na superfície da Terra, não a menor distância entre eles, mas uma linha que faz um ângulo constante com os sucessivos meridianos, igual ao seu azimute. Esta linha é o rumo, a loxodromia ou curva loxodrómica, mostrada na Figura 4.

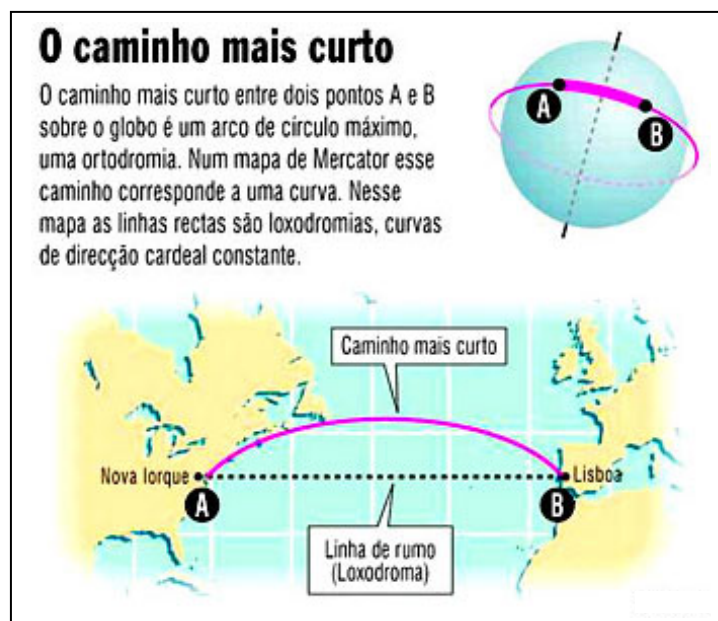


Figura 4 – Loxodromia [PED05]

A projeção de Mercator classifica-se em uma Projeção Cilíndrica Equatorial Conforme, como apresentada na Figura 5.

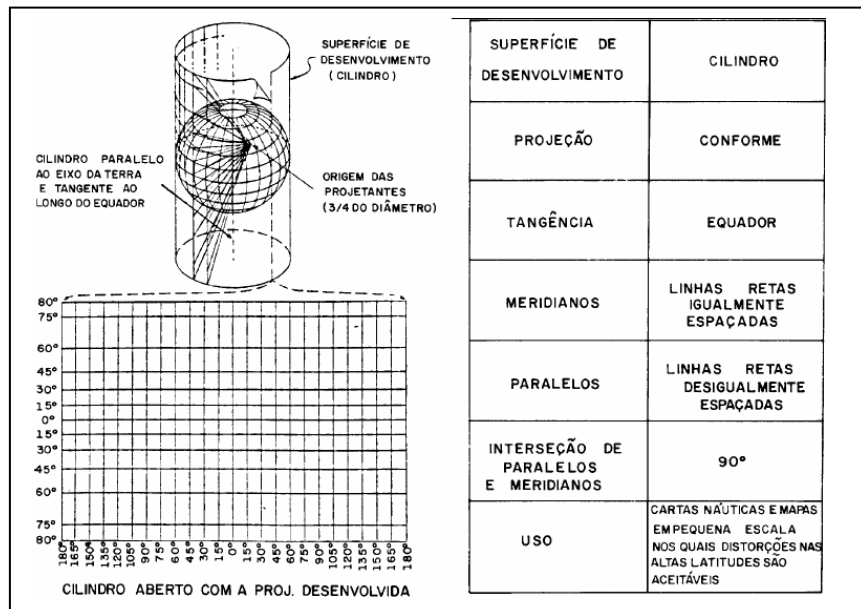


Figura 5 - Características da Projeção de Mercator [MIG96]

A Projeção de Mercator chama-se conforme por preservar a direção entre quaisquer dois pontos do globo. Esta projeção tem a vantagem de facilitar a identificação dos pontos cardeais na carta, assim como, determinar as coordenadas geográficas (latitude e longitude) de qualquer ponto representado. Ela também mantém o paralelismo entre as linhas de latitude e longitude.

Uma limitação apresentada pela projeção de Mercator consiste na deformação vertical excessiva nas altas latitudes, ou seja, à medida que se aproximam dos pólos da Terra, as distâncias entre pontos são expandidas. Nesse mapa, a Groenlândia parece enorme, maior que a América do Sul (Figura 6).

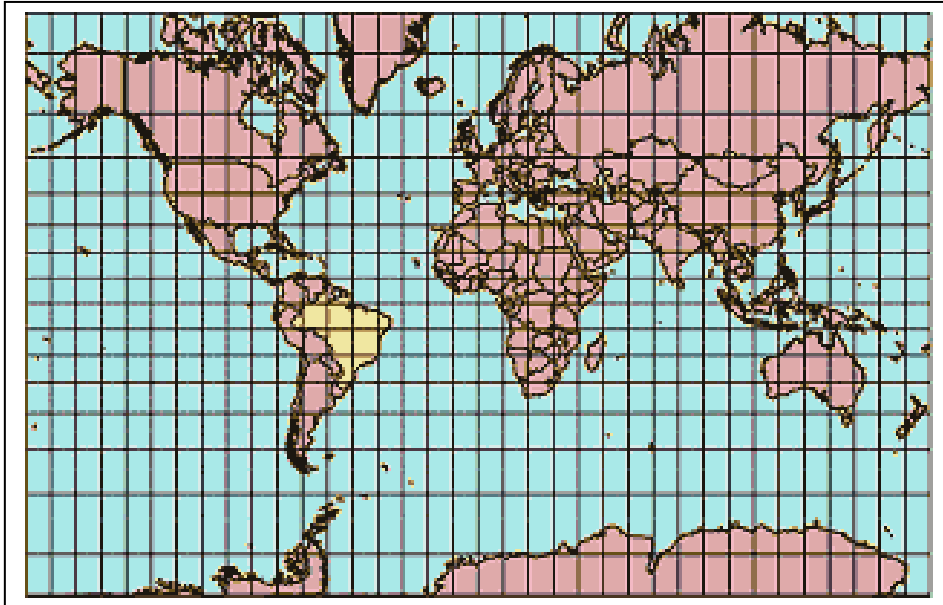


Figura 6 - Projeção de Mercator

Para evitar isto, a escala da carta pode variar com a latitude e, desta forma, as distâncias serão verdadeiras somente se, forem lidas na direção horizontal devido às latitudes crescidas que ocorrem longe do Equador. Este é um fator extremamente importante que deve ser observado na utilização de uma Carta Náutica na projeção de Mercator.

3.2.5. Sistema de Coordenadas Geográficas

O Sistema de Coordenadas Geográficas consiste na determinação de coordenadas ou na localização de pontos na superfície terrestre, vinculados à carta em uso. Um ponto na superfície terrestre (interseção de um paralelo e de um meridiano) será definido em coordenadas geográficas pela latitude do paralelo e pela longitude do semimeridiano que passam por esse ponto.

3.2.5.1. Latitude

A Latitude é a distância ao Equador medida ao longo do meridiano de Greenwich. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 90° para Norte ou para Sul. Por exemplo, o Rio de Janeiro está à latitude de $22^{\circ} 55' S$ e Lisboa à latitude de $38^{\circ} 4' N$.

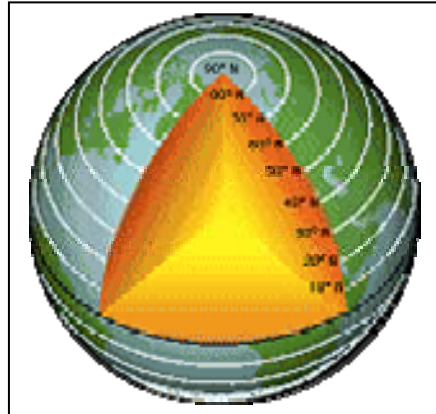


Figura 7 – Latitude

3.2.5.2. Longitude

A Longitude é a distância ao meridiano de Greenwich medida ao longo do Equador. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 180° para Leste ou para Oeste. Por exemplo, o Rio de Janeiro está à longitude de $34^\circ 53' W$ e Lisboa à longitude de $9^\circ 8' W$.

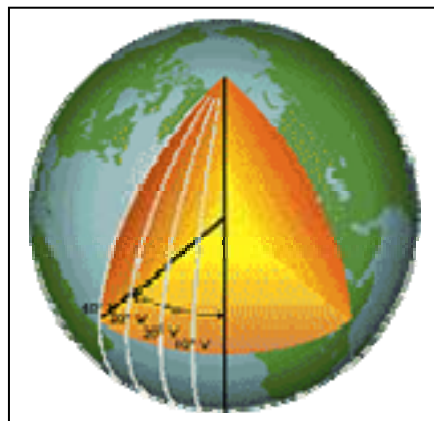


Figura 8 - Longitude

3.2.6. Datum

As cartas são confeccionadas de forma que todos os pontos estão a determinada distância de um ponto de referência padrão chamado *datum*.

A referência das coordenadas geodésicas para o *datum* errado pode resultar em erros de posição de centenas de metros.

Datum é um ponto onde a superfície do elipsóide de referência toca a Terra, sendo caracterizado a partir de uma superfície de referência (*datum* horizontal) e de uma superfície de nível (*datum* vertical). O *datum* atual utilizado pelo GPS é o *World Geodetic System* (WGS84).

Diversos países utilizam *datums* diferentes como base para sistemas de coordenadas usadas para identificar posições em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sistemas de posicionamento precisos, e sistemas de navegação. A diversidade de *datums* em uso atual requer cuidadosa seleção de *datum* e conversão entre coordenadas de *datums* diferentes.

3.2.7. GPS

O Sistema de Posicionamento Global concebido pelo Departamento de Defesa dos EUA no início da década de 1960, sob o nome de *Navigation Sattelite with Time and Ranging* (NAVSTAR) foi desenvolvido para ser utilizado com fins civis e militares, com a finalidade de referenciar uma posição na Terra.

O Sistema consiste de 24 satélites que dão uma volta na Terra em cada 12 horas por dia a 20.200 km e emitem simultaneamente sinais de rádio codificados. As órbitas dos satélites foram escolhidas de modo que de qualquer ponto da Terra se possam ver entre 5 e 8 satélites. Para calcular com precisão a nossa posição, expressa em latitude, longitude e altitude, basta receber o sinal de apenas quatro destes satélites, através do receptor GPS.

A tecnologia atual com a utilização de GPS foi um avanço significativo na navegação.

3.2.8. Sistemas de Informação Geográfica

São sistemas de informação construídos especialmente para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente e indispensável para tratá-los. Dados geográficos são coletados a partir de diversas fontes e armazenados normalmente nos chamados bancos de dados geográficos.

3.3. Cartografia Náutica

A Carta Náutica é hoje um dos documentos náuticos de maior divulgação e cuja produção cabe aos Institutos Hidrográficos oficiais de cada país, no Brasil, este órgão é a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, incumbido de executar e controlar todo e qualquer levantamento hidrográfico em águas interiores ou em águas jurisdicionais brasileiras.

O processo de produção de uma Carta Náutica é bastante rigoroso e tem como objetivo evitar situações de risco próprio dos ambientes marítimos. Contrariamente ao que se passa em terra, o fundo do mar não pode ser observado a olho nu pelo navegante e a este não resta outra opção senão confiar na informação constante nestes documentos de forma a escolher a rota mais segura entre dois pontos.

A Carta Náutica fornece ao navegante uma síntese gráfica das informações necessárias para efetuar operações como: posicionar o navio, delimitar zonas a evitar e determinar a rota a seguir, propiciando ao navegante um acompanhamento geral de sua navegação de forma detalhada e precisa.

3.3.1. Utilização e Interpretação

A Carta Náutica é o "mapa da estrada" do marinheiro, fornecendo informações sobre profundidades, perigos à navegação (bancos de areia, pedras submersas, cascos soçobrados ou outros obstáculos à navegação), natureza do fundo, auxílios à navegação (faróis, faroletes, bóias, balizas, radiofaróis, etc.), altitudes e pontos notáveis aos navegantes, linha de costa, corrente e magnetismo e outros fatores necessários à segurança da navegação e do ambiente.

A Carta Náutica, traçada para fins de navegação, tem por objetivo além da possibilidade de consultas possibilitar também a realização de tarefas sobre a mesma, na resolução de problemas gráficos, cujos elementos principais serão ângulos e distâncias, assim como na obtenção da posição em coordenadas geográficas (latitude e longitude). Ao longo dos meridianos extremos da carta está representada a escala de latitudes (onde devem ser sempre medidas as distâncias).

Os elementos principais representados em uma Carta Náutica são:

- Reticulado – é denominado o conjunto dos meridianos e paralelos em uma carta de Mercator;

- Escala – é a relação entre um valor gráfico, na carta, e o valor real correspondente, na superfície da Terra;
- Título da carta;
- Notas de precaução e explanatórias;
- Informações sobre marés e correntes;
- Rosa dos ventos ou Rosa de rumos;
- Auxílios à navegação (faróis, faroletes, bóias, balizas, luzes de alinhamento, radiofaróis e etc);
- Demais elementos representados na parte terrestre da Carta Náutica e;
- Principais elementos representados na parte marítima (aquática) de uma Carta Náutica.

Uma Carta Náutica pode representar elementos da parte terrestre e da parte marítima. Sobre a parte terrestre de uma carta são representados o contorno da linha da costa, ilhas, altitudes, acidentes naturais e artificiais, instalações portuárias e outras informações de interesse para navegação, enquanto a parte marítima, que é a mais importante pode representar as seguintes informações:

- Profundidades;
- Linhas isobatimétricas (ou isobáticas);
- Perigos à navegação (bancos, recifes, pedras submersas, cascos soçobrados, obstruções ou qualquer outro obstáculo à navegação);
- Natureza do fundo (qualidade do fundo);
- Balizamento (bóias, balizas, luzes de alinhamento, sinais de nevoeiro ou especiais, etc.);
- Fundeadouros e áreas de fundeio;
- Derrotas aconselhadas e esquemas de separação de tráfego;
- Áreas de arrebentações;
- Limites de gelo;
- Indicações de correntes e;
- Cabos, dutos e canalizações submarinas.

3.3.2. Precisão da Carta Náutica

A precisão da tecnologia das Cartas Náuticas brasileiras editadas pela DHN é reconhecida pelos serviços hidrográficos de todo o mundo e pela Organização Hidrográfica Internacional. Porém, convém ressaltar que mesmo assim, o navegante deve evitar confiar cegamente na carta e ser capaz de avaliar a confiança que ela pode inspirar. O valor de uma carta depende, principalmente, da precisão do levantamento em que é baseada, sendo esse fato tanto mais sensível quanto maior for a escala da carta. A data do levantamento, que é sempre encontrada no título da carta, é um bom guia para se estimar essa precisão.

4 CARTAS ELETRÔNICAS

A partir da década de 80 surgem as cartas eletrônicas, que são uma reprodução fiel de uma Carta Náutica tradicional (papel) obtida sob forma vetorial ou *raster* (matricial). Através do uso de computador é possível visualizar simultaneamente em monitores a posição de um navio fornecida por um equipamento de radioposicionamento. Essas cartas digitais também permitem a interação de dados e a conexão com sistemas computacionais. As técnicas de navegação tiveram necessidade de aperfeiçoamentos devido a diversos fatores, dentre eles podemos destacar os seguintes:

- Aumento considerável do tráfego marítimo;
- Generalização e aumento da precisão dos sistemas eletrônicos de posicionamento, como o GPS e mais recentemente DGPS;
- Crescimento exponencial do trânsito de cargas perigosas para o ambiente;
- Aumento do calado dos navios, o que faz com que, em certas zonas, se navegasse com um pé de piloto extremamente reduzido;
- O aumento crescente de custos e das conseqüências humanas, ecológicas e econômicas em virtude de acidentes marítimos e;
- A redução de efetivos a bordo (que implicam um aumento de dificuldades na atualização permanente dos documentos náuticos a bordo).

4.1. Propósito

O propósito das cartas eletrônicas é: apresentar funcionalidades, como interface com sistemas de radar e alarmes; substituir cartas em papel; facilitar o planejamento da derrota liberando o navegador de tarefas mecânicas; obtenção da posição do navio diretamente do equipamento GPS; visualização de posicionamento em tempo real sobre a carta no monitor, proporcionando um

planejamento da rota rápido; agregação a outros documentos (como tábuas de marés, roteiro e etc), os quais dependerão do sistema que as utilizará.

4.2. Representação Vetorial e *Raster* (ou matricial)

Há duas formas de representação das cartas eletrônicas: a forma vetorial e a forma *raster* (ou matricial). Essas formas armazenam informações sobre os objetos geográficos do mundo real e se expressam na forma de pontos, linhas ou áreas que no caso da forma vetorial (os pontos, linhas e áreas) são associados a pontos, linhas e polígonos descritos por pares de coordenadas em um sistema de coordenadas espaciais e, no caso da forma matricial, a posição da representação cartográfica é associada à posição das células na matriz (linha, coluna), da imagem matricial.

4.2.1. Carta Vetorial

Uma Carta Vetorial é formada por camadas de objetos que podem ser manipulados individualmente como uma entidade. Estas camadas podem ser habilitadas ou não, o que permite controlar melhor a apresentação de apenas as camadas relevantes para um determinado fim e reduzir a poluição visual da carta. A Carta Vetorial também possibilita que cada elemento possa ser consultado individualmente, sendo possível gerar alarmes automaticamente, mas sua produção é mais cara e demorada. Alguns desses formatos vetoriais são: o S-57 – Padrão de Transferência para Dados Hidrográficos Digitais aprovados pela *Organization Maritime International* (OMI), o TX97 (Transas Marine) e o CM93 (C-Map).

As cartas no formato oficial S57, apresentado na Figura 9, são as mais avançadas Cartas Náuticas existentes. São Cartas Vetoriais, produzidas pelos serviços hidrográficos competentes que fornecem a mais completa informação de uma forma simples e global.

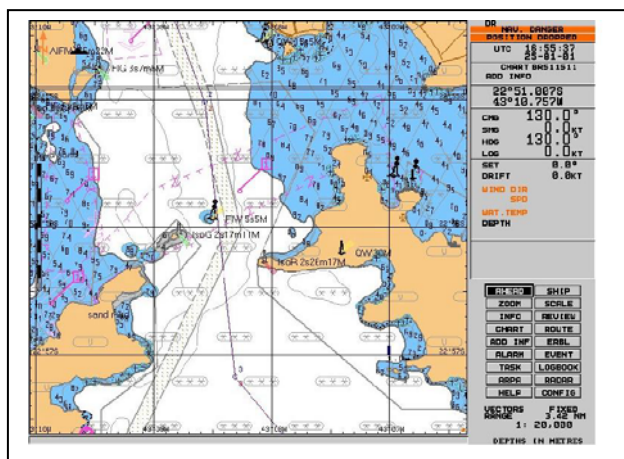


Figura 9 – Exemplo de um ECDIS usando formato S57

4.2.2. Carta *Raster* (ou Matricial)

É uma imagem digitalizada, como mostrada na Figura 10, ou seja, é um *bitmap* de uma Carta Náutica, armazenada em um formato padronizado.

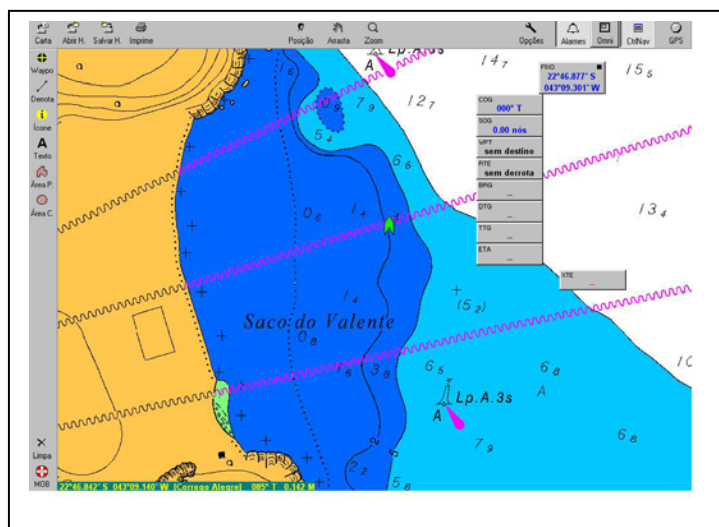


Figura 10 – Exemplo de um RCDIS usando Formato BSB

A Carta *Raster* apresenta como características: simulação e modelagem mais fáceis; análise geográfica rápida; é adequada para pequenas escalas; permite associações com outras mídias (fotos, vídeo, etc), porém apresenta como

limitações: espaço de armazenamento utilizado que requer esquema de compressão eficiente e, possível perda da resolução.

Neste trabalho iremos utilizar uma Carta *Raster* no formato padrão NOAA/BSB (*Maptech*), que embora não permita a individualização e identificação automática dos objetos, é uma forma de produção rápida e barata de representação disponibilizada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação.

Este formato é discutido em detalhes no próximo capítulo.

5 FORMATO BSB/NOAA

5.1. Definição

O formato padrão BSB/NOAA é um formato utilizado para reproduções de mapas topográficos e Cartas Náuticas. O formato de arquivos BSB criado pela BSB Cartas Eletrônicas – empresa que mantém a licença exclusiva da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) para desenvolver e autorizar versões eletrônicas de Cartas Náuticas. Atualmente a *Maptech* mantém esta licença e se refere às cartas BSB como um conjunto de formatos de cartas. As cartas BSB são um formato proprietário.

Dentre as cartas que atualmente utilizam o formato de arquivos BSB podemos citar a NOAA, NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), CHS (*Canadian Hydrographic Service*) e cartas produzidas por outros Serviços Hidrográficos.

5.2. Características

O formato de arquivos BSB consiste de três arquivos principais de cartas: o Arquivo de Documentação (.BSB), o Arquivo de Imagem (.KAP) e o Arquivo de Correções e Atualizações (.PTC). Este formato foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- Ser abrangente e, contudo, tão simples quanto possível;
- Evoluir à medida que novas necessidades surgirem;
- Permitir uma compressão eficaz de imagens obtidas de fontes cartográficas a partir do esquema patenteado de compressão NOS (*National Ocean Service*);
- Suportar o armazenamento de parâmetros de georeferenciamento, permitindo uma conversão eficaz do sistema de coordenadas da imagem para coordenadas geográficas e vice-versa;
- Permitir o armazenamento de faixas de dados de identificação (*Strip Offset Tag*) que referenciam dados da imagem binária, através de

navegação eficiente no arquivo de imagem binária em uma forma comprimida e;

Facilitar a conversão para outros formatos de padrão nacional ou internacional.

5.3. Arquivo de Documentação

O Arquivo de Documentação possui extensão .BSB, cujo código em ASCII acompanha o(s) arquivo(s) de dados da imagem *raster* para cada carta. Ele contém dados sobre a carta de papel, e dados que são os resultados do processo de produção de cartas.

Muitas cartas são compostas por uma ou mais cartas como mostrado na Figura 11. É denominado *base* a carta principal. É denominado *inset* a região em escala maior da área da *base*, que proporciona uma cobertura mais detalhada de um porto ou alguma área de interesse. É denominado *extension* a cobertura de características (como rios) que se estende além da área coberta pelo corpo principal da carta principal. Todos os três: *base*, *inset* e *extension* são do tipo KAPPs.

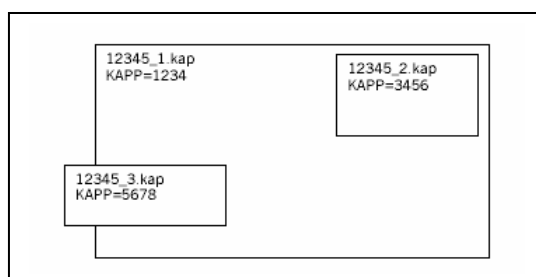


Figura 11 – Esquema de numeração KAPP [MAP00]

O Arquivo de Documentação tem um ou mais registros específicos KAPP, dependendo do número de *inset* e *extension* que compõem a carta. Cada registro aponta para o Arquivo de Imagem KAPP associado, onde cada KAPP tem um número de identificação único. A Figura 11 mostra o esquema de numeração KAPP para a carta hipotética de número 12345.

A carta 12345 tem três seções, logo tem três números KAPP associados a ela. O número KAPP 1234 é usado para o quadro principal (*base*) da carta, e os números de KAPP 3456 e 5678 designam as seções *inset* e *extension*. Estas seções

também podem ser referenciadas por seus nomes. A carta principal (*base*) é designada por “_1”. Os *inset* e *extension* são designadas de “_2”, “_3”, “_4”, etc. Na Figura 11, 12345_1 é a *base*, 12345_2 é um *inset*, e 12345_3 é uma *extension*. Se não existir *inset* ou *extension*, o Arquivo de Documentação tem apenas um Arquivo de Imagem correspondente.

5.3.1. Estrutura dos Registros do Arquivo de Documentação

O formato do registro do Arquivo de Documentação é modelado depois pelo formato neutro *Intergraph's Standard Interchange* (SIF), visando facilitar a troca de dados. O formato do registro do Arquivo de Documentação consiste de uma série de registros em código ASCII que podem ser lidos como um arquivo texto. Cada tipo de registro é diferenciado por um trígama (três caracteres) que aparece nas três primeiras colunas, com a exceção de registros de comentários que começam com o caractere [!] (ponto de exclamação) na primeira coluna. Cada trígama é seguido por um caractere [/]. Cada tipo de registro contém campos separados por vírgulas.

Os campos do registro são identificados por dois caracteres seguidos pelo caractere [=] e o valor do campo. Tipos de registros que requerem só um valor de campo não requerem o identificador de campo de dois caracteres. Cada linha tem um comprimento máximo de 80 caracteres. Os registros podem continuar na próxima linha, sempre deixando os primeiros quatro caracteres da próxima linha em branco. As linhas são terminadas com um EOL ou um <CR><LF> se o registro continuar na próxima linha. As vírgulas podem aparecer dentro de alguns campos (por exemplo, um nome de carta).

A ordem dos registros dentro de um Arquivo de Documentação e a ordem de campos dentro de um registro pode não ser coincidente de arquivo para arquivo. Do mesmo modo que nem todos os registros e nem todos os campos estão necessariamente presentes dentro do Arquivo de Documentação. Também, se um valor particular é desconhecido, então a declaração de campo do dado correspondente pode ser omitida completamente, ou pode ser incluída com um argumento vazio (por exemplo, “SP =”). Estas inconsistências surgem devido às modificações nos tipos de cartas e mapas que podem ser providos em formato de arquivos BSB. Também note que, enquanto os nomes de registros e nomes de

campos estão sempre em letras maiúsculas, múltiplas opções de escolha (por exemplo, formato da carta) podem estar em minúsculas, maiúsculas, ou misturadas.

5.3.2.Exemplo do Arquivo de Documentação

Um exemplo do Arquivo de Documentação é detalhado a seguir: A tabela 1 caracteriza o que são os parâmetros que aparecem no arquivo.

!Copyright 1999, Maptech, Inc. All Rights Reserved.

VER/3.00

CRR/ELECTRONIC NAVIGATION CERTIFICATE OF AUTHENTICITY

This electronic chart was produced under the authority of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). NOAA is the hydrographic office for the United States of America. The digital data provided by NOAA from which this electronic chart was produced has been certified by NOAA for navigation. "NOAA" and the NOAA emblem are registered trademarks of the National Oceanic and Atmospheric Administration. "Maptech" and the Maptech emblem are registered trademarks of Maptech, Inc. Copyright 1999 Maptech Inc. All rights reserved.

PTC/Maptech KAPLib V1.0 02/23/1999

CHT/NA=INTRACOASTAL WATERWAY MATECUMBE TO GRASSY KEY,NU=11449

CHF/SMALL CRAFT ROUTE, IWW ROUTE CHART

CED/SE=14,RE=03,ED=01/16/1993

NTM/NE=14.06,ND=02/16/1999,BF=ON,BD=06/01/98

CHK/2,324,325

CGD/7

ORG/USA-NOAA/NOS

MFR/MAPTECH

RGN/6,7

K01/NA=INTRACOASTAL WATERWAY MATECUMBE TO GRASSY

KEY,NU=324

TY=BASE,FN=11449_1.KAP

K02/NA=INTRACOASTAL WATERWAY GRASSY KEY TO BAHIA HONDA

KEY,NU=325

TY=BASE,FN=11449_2.KAP

N003240001/RT=N,KN=11449_1,CA=CHART,DE=POTOMAC RV FISH COMM

P1=6141,1949,P2=5739,1949,P3=5739,2819,P4=6141,2819

N003240002/RT=N,KN=11449_1,CA=CAUTION,DE=FISH TRAP AREAS AND STRUCTURES

P1=6139,3128,P2=5560,3128,P3=5560,4379,P4=6139,4379

N003240003/RT=N,KN=11449_1,CA=GENERAL,DE=NOTICE TO MARINER DATES

P1=527,1489,P2=491,1489,P3=491,1762,P4=527,1762

N003240004/RT=N,KN=11449_1,CA=LETTER,DE=NOTE A

P1=1054,2956,P2=721,2956,P3=721,180,P4=1054,180

N003240005/RT=N,KN=11449_1,CA=CAUTION,DE=RIP RAP

P1=1003,664,P2=836,664,P3=836,1178,P4=1003,1178

N003240006/RT=N,KN=11449_1,CA=CAUTION,DE=IMPROVED CHANNELS-SHOALING
P1=824,670,**P2**=679,670,**P3**=679,1206,**P4**=824,1206
 N003240007/RT=N,KN=11449_1,CA=LETTER,DE=NOTE C
P1=1193,1441,**P2**=1022,1441,**P3**=1022,1965,**P4**=1193,1965
 N003240008/RT=N,KN=11449_1,CA=CAUTION,DE=TEMPORARY CHANGES TO AIDS
P1=1010,1422,**P2**=755,1422,**P3**=755,1975,**P4**=1010,1975
 N003240009/RT=N,KN=11449_1,CA=GENERAL,DE=RADAR REFLECTORS
P1=739,1540,**P2**=572,1540,**P3**=572,2107,**P4**=739,2107
 N003240010/RT=N,KN=11449_1,CA=CHART,DE=COURSES
P1=3136,816,**P2**=2968,816,**P3**=2968,1434,**P4**=3136,1434
 N003240011/RT=N,KN=11449_1,CA=GENERAL,DE=POLLUTION REPORTS
P1=4075,1080,**P2**=3879,1080,**P3**=3879,1627,**P4**=4075,1627
 N003240012/RT=N,KN=11449_1,CA=GENERAL,DE=AIDS TO NAVIGATION
P1=731,1723,**P2**=633,1723,**P3**=633,2489,**P4**=731,2489
 N003240013/
 N003240014/RT=L,KN=11449_1,LK=N003240004,DE=NOTE A
P1=4020,1331
 N003240015/RT=L,KN=11449_1,LK=N003240004,DE=SEE NOTE A
P1=3739,472
 N003240016/RT=L,KN=11449_2,LK=N003240004,DE=SEE NOTE A
P1=2207,1107
 N003240017/RT=L,KN=11449_2,LK=N003240004,DE=SEE NOTE A
P1=1984,1935
 N003240018/RT=L,KN=11449_1,LK=N003240007,DE=SEE NOTE C
P1=2267,2317

Tabela 1 - Parâmetros do Arquivo de Documentação

REGISTRO	CAMPO	NOME	VER 1.x	VER 2.x	VER 3.x
VER		Versão do formato - define o número da versão do formato do arquivo BSB para qual o arquivo corresponde.	na	R	R
DSC		Flag para cartas descontinuadas	na	na	O
CRR		Copyright Record	na	na	O
CHT		Parametros gerais	R	R	R
	NA	Nome da carta	R	R	R
	NU	Numero da carta	R	R	R

CHF		Formato da carta	R	R	R
CED		Edição dos parâmetros	R	R	R
	SE	Edição de origem	R	R	R
	RE	Edição da Raster	R	R	R
	ED	Data de edição	R	R	R
NTM		Define parâmetros adicionais sobre as versões das cartas e informações e correções relativas ao Aviso aos Navegantes.	na	na	O
	NE	Número de edição NTM	na	na	O
	ND	Data NTM	na	na	O
	BF	Flag para Base	na	na	O
	BD	Data da Base	na	na	O
PTC		Patch Record	na	na	O
CHK		Numero de KAPPs	R	R	R
CGD		Distrito	R	R	O
ORG		Origem da carta	R	R	R
MFR		Define o fabricante da carta.	na	R	R
RGN		Define a região ou nome do fabricante da carta.	na	na	O
Knn		Registro Knn	R	R	R
	NA	Nome Kapp	R	R	R
	NU	Número Kapp	R	R	R
	TY	Tipo Kapp	R	R	R
	FN	Nome do arquivo Kapp	R	R	R

Nkkkkknnn n		Registro de nota	na	na	O
	RT	Tipo de Registro	na	na	O
	KN	Nome do arquivo imagem	na	na	O
	LK	ID Linha de registro	na	na	O
	CA	Categoria	na	na	O
	DE	Descrição	na	na	O
	Pn	Endereço do pixel n	na	na	O

5.4. Arquivo de Imagem

O Arquivo de Imagem possui extensão .KAP, que representa cada seção (um KAP) dentro de uma carta e que descreve um arquivo de imagem binária distinta, como mostrado na Figura 11 da seção 5.3, o esquema para a carta hipotética de número 12345.

Um Arquivo de Imagem BSB consiste de três seções principais: o cabeçalho, os dados da imagem binária e uma faixa de dados de identificação. O formato do Arquivo de Imagem BSB compreende uma imagem retangular armazenada da esquerda para direita e de cima para baixo.

O formato do Arquivo de Imagem BSB adota um esquema de compressão patenteado pelo NOS, que descreve uma técnica eficiente de compressão de dados para cartas cartográficas ou imagens de mapa, onde os valores de cores da imagem apresentam comprimentos executáveis grandes.

5.4.1. A Seção de Cabeçalho

Os registros do cabeçalho do Arquivo de Imagem são codificados de modo semelhante aos registros do Arquivo de Documentação, apenas com a seguinte diferença. Cada registro do cabeçalho, em código ASCII é terminado com um *carriage return* <CR> e *line feed* <FL>.

A seção de cabeçalho é terminada por dois valores binários: (1A)_H indicando o caractere de fim de arquivo (EOF) e o valor binário 0 para separar

seções do arquivo de imagem. Conseqüentemente um valor binário 0 aparece depois do término da seção de cabeçalho.

5.4.1.1.Exemplo do Cabeçalho do Arquivo

Um exemplo do cabeçalho da imagem da carta 11449_1.KAP é descrito a seguir:

!Copyright 1999, Maptech Inc. All Rights Reserved.

VER/3.0

CRR/ELECTRONIC NAVIGATION CERTIFICATE OF AUTHENTICITY

This electronic chart was produced under the authority of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). NOAA is the hydrographic office for the United States of America. The digital data provided by NOAA from which this electronic chart was produced has been certified by NOAA for navigation. "NOAA" and the NOAA emblem are registered trademarks of the National Oceanic and Atmospheric Administration. "Maptech" and the Maptech emblem are registered trademarks of Maptech, Inc. Copyright 1999 Maptech Inc. All rights reserved.

PTC/Maptech KAPLib V1.0 02/23/1999

ECR/1287905694650978234

RPR/CD

RPR/DVD

BSB/NA=INTRACOASTAL WATERWAY MATECUMBE TO GRASSY KEY

NU=324,RA=10096,6595,DU=254

KNP/SC=40000,GD=NAD83,PR=MERCATOR,PP=24.83,PI=2.000,SP=

SK=32.0400000,TA=122.0400000,UN=FEET

SD=MEAN LOWER LOW WATER,DX=4.00,DY=4.00

KNQ/EC=RF,GD=NARC,VC=MSL,SC=MLLW,PC=MC,P1=UNKNOWN,P2=24.83

P3=NOT_APPLICABLE,P4=NOT_APPLICABLE,GC=NOT_APPLICABLE

RM=POLYNOMIAL

CED/SE=14,RE=03,ED=01/16/1993

NTM/NE=14.06,ND=02/16/1999,BF=ON,BD=06/01/98

OST/1

IFM/4

RGB/1,0,0,0

RGB/2,255,255,255

RGB/3,209,221,239

RGB/4,221,234,247

RGB/5,244,232,193

BSB File Format Version 3.0 BSB Image File Format • 28

31-Jan-00, © Maptech, Inc. CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY

RGB/6,214,219,201

RGB/7,170,216,229

RGB/8,150,175,155

RGB/9,94,153,193

RGB/10,219,73,150

NGT/1,0,0,0

NGT/2,255,255,255

NGT/3,209,221,239

NGT/4,221,234,247
NGT/5,244,232,193
NGT/6,214,219,201
NGT/7,170,216,229
NGT/8,150,175,155
NGT/9,94,153,193
NGT/10,219,73,150
REF/1,2492,1171,24.8666666667,-80.9333333333
REF/2,5509,6083,24.7666666667,-80.7333333333
REF/3,6882,3679,24.8666666667,-80.7333333333
REF/4,1118,3576,24.7666666667,-80.9333333333
REF/5,3225,1589,24.8666666667,-80.9000000000
REF/6,5418,2843,24.8666666667,-80.8000000000
REF/7,1576,2774,24.8000000000,-80.9333333333
REF/8,3040,3610,24.8000000000,-80.8666666667
REF/9,4503,4446,24.8000000000,-80.8000000000
REF/10,5966,5282,24.8000000000,-80.7333333333
REF/11,935,5596,24.7000000000,-80.9000000000
REF/12,2856,5631,24.7333333333,-80.8333333333
REF/13,8619,5734,24.8333333333,-80.6333333333
REF/14,8804,3712,24.9000000000,-80.6666666667
REF/15,8987,1689,24.9666666667,-80.7000000000
REF/16,6336,1238,24.9333333333,-80.8000000000
REF/17,262,977,24.8328277778,-81.0137611111
REF/18,9724,978,25.0020833333,-80.6887083333
REF/19,9724,6187,24.8389444444,-80.5864861111
REF/20,260,6184,24.6694722222,-80.9116138889
PLY/1,24.6694720000,-80.9116139000
PLY/2,24.8328277778,-81.0137611111
PLY/3,25.0020833333,-80.6887083333
PLY/4,24.8389444444,-80.5864861111
DTM/0.0,0.0
CPH/0.0000000000
WPX/3,677287.0544,17694.53358,98069.97985,-48.43997274,73.97524994
-3456.084079,1.405822473,15.57432427,47.92629289,99.42749595
WPY/5,826488.1635,-7658.562251,26459.24726,-221.0537291,242.4804981
-2511.666383,-1.774738351,-8.114781224,-31.38157255
-12.53641649,2.219149103,-0.04831708894
PWX/3,-81.04201506,3.432536097e-005,1.975345674e-005,5.026743503e-012
3.980675628e-013,-3.881722751e-011,-2.229576163e-016,-1.966806679e-016
1.056897211e-016,3.383836745e-015
PWY/5,24.85880897,1.789097841e-005,-3.145320312e-005,8.116402338e-013
4.413352004e-012,8.558959521e-011,-1.385517662e-016,1.814239107e-016
-2.056955696e-016,-3.012408098e-014,4.482008773e-018,-2.427222438e-022
ERR/1,0.5781271041,0.05374628928,1.180196865e-005,3.15670713e-005
ERR/2,0.1211646551,0.3283088569,1.648386163e-005,1.613029937e-005
ERR/3,0.020645004,0.5374320117,1.492501149e-005,1.253689048e-005
ERR/4,0.1749640636,0.1445512726,7.955055032e-006,1.065233604e-006
ERR/5,0.842979457,0.08728983073,1.066393225e-005,3.248861829e-005
ERR/6,0.8635985821,0.4068050262,2.263366806e-005,1.072324181e-005
ERR/7,0.1631263262,0.4508099289,1.460436811e-005,2.061034195e-006
ERR/8,0.3927071323,0.2003370574,1.201516089e-005,6.191766104e-006
ERR/9,0.02257926785,0.02320962294,4.653754921e-006,1.279014162e-005
ERR/10,0.4114825707,0.08372871915,1.140519667e-005,1.845647097e-005
ERR/11,0.5002519784,0.03380010417,8.04545645e-006,5.335359347e-006

ERR/12,0.06462147483,0.2623285288,9.281658723e-006,6.791717198e-007
ERR/13,0.05788994115,0.2465184399,9.469348992e-006,6.927888776e-006
ERR/14,0.961440129,0.2912481803,2.514820823e-005,2.184811183e-005
ERR/15,1.298211857,0.3271869867,1.232583764e-005,3.780521294e-005
ERR/16,0.5063821143,0.2086542688,1.663211018e-005,1.15929581e-005
ERR/17,0.04112631804,0.141737284,2.534936087e-006,4.980590603e-006
ERR/18,0.5075013519,0.2509772245,3.473220644e-008,1.488786847e-005
ERR/19,0.1647318846,0.2337724423,1.123873852e-005,4.515189431e-007
ERR/20,0.3398878963,0.01519739861,4.341353243e-006,3.465476567e-006

A tabela abaixo mostra um resumo dos parâmetros do cabeçalho do Arquivo de Imagem aplicáveis ao formato de arquivo BSB da *Maptech*.

Tabela 2 - Parâmetros do Cabeçalho do Arquivo de Imagem

REGISTRO	CAMPO	NOME
VER		Versão do formato - define o número da versão do formato do arquivo BSB para qual o arquivo corresponde.
DSC		Flag para cartas descontinuadas
CRR		Copyright Record
BSB		Define os parâmetros do arquivo de imagem
	NA	Nome da carta
	NU	Numero da carta
	RA	Formato da carta
	DU	Especifica o tamanho do Arquivo de Imagem em unidades de <i>pixels</i> por polegadas.
KNP		Especifica parâmetros para a seção KAPP
	SC	Especifica a escala
	GD	Especifica o nome do <i>datum</i> geodésico de origem do mapa (por exemplo: NAD83, WGS84, ETC)
	PR	Especifica o nome da projeção (MERCATOR, UTM, LAMBERT e etc)
	PP	Parâmetro de projeção (por exemplo: Latitude central em graus decimais se projeção for Mercator)

	PI	Intervalo de Projeção – especifica a distância de espaçamento nas linhas de grade entre o círculo de latitude e o círculo de longitude na imagem da carta <i>raster</i> - em minutos.
	SP	Especifica o sistema de coordenadas no plano e o intervalo em pés.
	SK	<p>Ângulo de distorção – especifica o ângulo de distorção no sentido horário do lado esquerdo da carta do arquivo de imagem (coluna 1) para um cruzamento de linha de longitude como vetor direcionado para o norte ($0 \leq SK < 360$).</p> <p>Para cartas Mercator o SK é calculado usando valores REF diretamente. Para cartas Policônicas e cartas <i>Lambert Conformal Cônica</i>, SK é calculado usando uma linha de longitude no ou próximo do centro da carta da imagem.</p>
	TA	Ângulo texto – especifica o ângulo à direita do lado esquerdo da carta do arquivo de imagem (coluna 1) para um vetor aproximadamente paralelo à direção predominante do texto na carta. O valor de TA seria 90 graus para uma carta originalmente traçada como norte para cima (SK=0).
	UN	Especifica unidades de profundidade (mar) da seção KAPP (por exemplo: pés).
	SD	Especifica o <i>datum</i> sonoro (por exemplo: <i>MEAN LOW WATER</i>).
	DX	Resolução em X – Especifica os metros de X aproximados por <i>pixel</i> .
	DY	Resolução em Y – Especifica os metros de Y aproximados por <i>pixel</i> .

KNQ		Este registro é uma extensão do registro KNQ que especifica campos adicionais necessários para definir muitas projeções e <i>datums</i> em cartas internacionais. Caso o registro Knn apresente valor = "GRAFICO" para o TY no Arquivo de Documentação, então esta é uma imagem sem carta e o registro KNQ não será disponibilizado.
	EC	Especifica o código de elipsóide alfanumérico que corresponde ao <i>datum</i> geodésico.
	GD	Especifica o código do <i>datum</i> geodésico alfanumérico da carta de origem.
	VC	Especifica o código de referência vertical alfanumérico para a carta de origem.
	SC	Especifica o código sonoro alfanumérico para a carta de origem.
	PC	Especifica o código de projeção alfanumérico que corresponde o nome de projeção.
	Pn	Especifica o parâmetro n para projeção KAPP onde n é um inteiro 1-4 (por exemplo, P1 =, P2 =, P3 =, P4 =). Estes registros permitem até quatro parâmetros para definir uma projeção específica.
	GC	Especifica o código de grade alfanumérico da carta de origem.
	RM	Especifica o método de georeferenciamento indicado como determinado por Cartógrafos da <i>Maptech</i> . “ RM=INVERSE ” indica que usando métodos inversos de projeção para georeferenciamento são superiores à computações polinomiais. “ RM=POLYNOMIAL ” indica que usando computações polinomiais para georeferenciamento são superiores à projeções inversas. “ RM=NONE ” indica que nenhuma recomendação é fornecida.
MDF		Registro de declinação magnética

	MN	Especifica o valor do norte magnético em graus decimais, por exemplo: 24.23 é 24.23 graus a leste (sem sinal = leste, sinal negativo = oeste).
	YE	Especifica o ano no qual foi estabelecido o norte magnético. (por exemplo: 2000).
	DV	Especifica a discrepância em declinação anualmente em segundos. Exemplo: -03.25 são três e um quarto de segundo oeste (sem sinal=leste, sinal negativo = oeste).
OST		Especifica o número de linhas de imagem entre valores da faixa de deslocamento.
IFM		Especifica o tipo de compressão NOS dos dados da imagem binária. Um registro IFM define o tipo de compressão NOS da maneira seguinte: IFM/CompressionType

RGB		<p>Especifica uma paleta de cores padrão a ser usada para representar graficamente os dados da imagem binária. Cada cabeçalho do arquivo de imagem tem que conter um mínimo de dois registros RGB.</p> <p>Cada registro RGB define o índice de cor da paleta e os valores das cores aditivas vermelho, verde, e azul especificados para os valores de índice da paleta. Uma gama de valores de cores de 0 a 255 e relaciona diretamente para porcentagens onde 0=0%, 127=50%, e 255=100%. Um registro RGB define os parâmetros de cor da maneira seguinte:</p> <p style="text-align: center;">RGB/PaletteIndex,Red,Green,Blue onde:</p> <p><i>PaletteIndex</i> é um inteiro (1-127) que define o número índice da paleta.</p> <p>Vermelho define o componente vermelho aditivo (0-255) para recinto fechado.</p> <p>Verde define o componente verde aditivo (0-255) para recinto fechado.</p> <p>Azul define o componente azul aditivo (0-255) para recinto fechado.</p>
DAY		<p>Especifica uma paleta de cores alternativa para observação de cartas conforme as condições de dia.</p> <p>Os índices da paleta correspondem aos índices de RGB. Os registros DAY só estarão presentes para cartas com VER/3.x ou superior. Note que, os registros DAY podem não estar disponíveis para todas cartas. Um registro DAY define os parâmetros de cor da seguinte maneira:</p> <p style="text-align: center;">DAY/PaletteIndex,Rday,Gday,Bday onde:</p> <p><i>PaletteIndex</i> é um inteiro (1-127) que corresponde ao índice da paleta do registro RGB.</p>

DTM		<p>Especifica valores para as coordenadas geográficas definidas dentro dos registros REF que são referenciadas para o <i>datum</i> geodésico origem. Os registros DTM definem a relação aproximada entre o <i>datum</i> geodésico origem da carta e WGS84.</p> <p>Um registro DTM define a origem para o <i>datum</i> geodésico WGS84 na relação aproximada da seguinte maneira:</p> <p style="text-align: center;">DTM/LatitudeShift,LongitudeShift</p>
DSK		<p>Especifica paletas de cores alternativas para observação de cartas abaixo de condições do crepúsculo. Os índices da paleta correspondem aos índices de RGB. Os registros DSK só estarão presentes em cartas com VER/3.x ou superior. Note que, registros DSK podem não estar disponíveis para todas as cartas. Um registro DSK define os parâmetros de cor da maneira seguinte:</p> <p style="text-align: center;">DSK/PaletteIndex,,Rdusk,Gdusk,Bdusk</p>

REF		<p>Especifica parâmetros do ponto de referência que podem ser usados para calcular os coeficientes para diversos modelos matemáticos polinomiais. Estes coeficientes podem ser usados para conversão do sistema, de posições geográficas (latitude e longitude) para coordenadas de <i>pixel</i> da imagem e vice-versa, através de expressão polinomial. Desenvolvedores podem usar estes pontos para calcular seus próprios coeficientes de transformação, ou usar os valores disponíveis WPX, WPY, PWX e PWY. O registro KNQ provê um método de georeferenciamento indicado.</p> <p>As posições da imagem em X e Y se referem visualmente a determinadas localizações do <i>pixel</i> da imagem matricial. As coordenadas geográficas latitude e longitude correspondentes referem-se às posições geográficas editadas (por exemplo, a latitude e longitude editadas do cruzamento da grade) para a localização do <i>pixel</i> da imagem relacionada.</p> <p>Cada registro REF define a imagem fonte e os valores das coordenadas geográficas para um ponto de referência particular da seguinte maneira:</p> <p>REF/PointNumber,ImageX,ImageY,Latitude,Longitude</p>
WPX		<p>O registro WPX define um polinômio baseado nos registros REF descritos previamente.</p> <p>O polinômio usa valores de Lat/Lon mundial (x_m, y_m) em valores de graus decimais para calcular um valor correspondente x da imagem com o valor da coluna (X_i) no Arquivo de Imagem. A função polinomial é definida por:</p> $X_i = A + Bx_m + Cy_m + Dx_m^2 + Ex_my_m + Fy_m^2 + Gx_m^3 + Hx_m^2y_m + Ix_my_m^2 + Jy_m^3$

PWX		<p>Define um polinômio baseado no registro REF descrito. O polinômio usa valores do <i>pixel</i> da imagem (X_i, Y_i) para calcular o valor da longitude correspondente (X_m) em graus decimal. A função polinomial é definida por:</p> $X_m = A + Bx_i + Cy_i + Dx_i^2 + Ex_i y_i + Fy_i^2 + Gx_i^3 + Hx_i^2 y_i + Ix_i y_i^2 + Jy_i^3$
WPY		<p>Define um polinômio baseado nos registros REF descritos previamente.</p> <p>O polinômio usa valores de Lat/Lon mundial (X_m, Y_m) em valores de graus decimais para calcular um valor correspondente y da imagem com o valor da linha (Y_i) no Arquivo de Imagem. A função polinomial é definida por:</p> $Y_i = A + Bx_m + Cy_m + Dx_m^2 + Ex_m y_m + Fy_m^2 + Gx_m^3 + Hx_m^2 y_m + Ix_m y_m^2 + Jy_m^3 + Ky_m^4 + Ly_m^5$
PWY		<p>Define um polinômio baseado nos registros REF descritos previamente. O polinômio usa valores do <i>pixel</i> da imagem (x_i, y_i) para calcular o valor da latitude correspondente (y_m) em graus decimal. A função polinomial é definida por:</p> $Y_m = A + Bx_i + Cy_i + Dx_i^2 + Ex_i y_i + Fy_i^2 + Gx_i^3 + Hx_i^2 y_i + Ix_i y_i^2 + Jy_i^3 + Ky_i^4 + Ly_i^5$
CPH		<p>Define um valor de troca de fase usado em cálculos que envolvem cartas que atravessem o meridiano central (onde coordenadas seguem o padrão ... 178E, 179E, 180, -179W, -178W...). Somando um valor CPH positivo às coordenadas de longitude que tem o efeito de trocar a carta tal que suas coordenadas são matematicamente contínuas. O valor de CPH é necessário para cálculos que envolvem longitude que requer continuidade matemática (veja WPX, PWX, WPY e PWY).</p> <p>O registro CPH é definido a seguir:</p> <p>CPH/ShiftValue</p>

ERR		<p>Especifica os erros computados dos pontos REF ao calcular X_i, Y_i ou X_m, Y_m ao usar os polinômios definidos respectivamente por PWX, PWY ou WPX, WPY. Os valores do ERR deveriam ser usados para proporcionar aos usuários de cartas uma estimativa de confiança das posições calculadas ou exibidas em locais diferentes na carta (por exemplo, mudando o tamanho de zonas de buffer usadas para alarmes).</p> <p>O registro ERR está definido como segue:</p> <p>ERR/PointNumber, XiError, YiError, YmError, XmError,</p>
PLY		<p>Define a borda do polígono que limita a porção navegável da área de seção da carta. Isto sugere que a extremidade do polígono conecta a última coordenada do registro PLY com a primeira coordenada do registro PLY. Cada registro PLY define o valor das coordenadas geográficas para um ponto na borda da área da carta. Os pontos são definidos da seguinte maneira:</p> <p>PLY/PointNumber, Latitude, Longitude</p>

5.4.2. Seção de Dados da Imagem

A Seção de Dados da Imagem começa com um único *byte* que indica o tipo de compressão. Este valor deve ser equivalente ao valor definido dentro do registro IFM do cabeçalho do Arquivo de Imagem. O dados da imagem são comprimidos e armazenados em uma base, linha por linha, dentro da Seção de Dados da Imagem (quando o registro OST=1).

O dados da imagem binária dentro de um Arquivo de Imagem BSB são armazenados segundo o esquema de compressão *National Ocean Service* (NOS). O esquema de compressão NOS é um formato do tipo RLE (*Run Length Encoded*).

5.4.2.1. Formato RLE de Compressão de Dados NOS

O esquema de compressão NOS é um *Run Length Encoded* (RLE) sem destruição da informação do campo de bits fonte. A dupla cor/repetição (corrida) tem um tamanho mínimo de um *byte* e, máximo o suficiente para acomodar a corrida de bytes e a tabela de cores usadas. *Run Length* denominada tecnicamente a repetição da seqüência idêntica de cores ou padrões [GON00].

A compressão RLE representa o número de *pixels* seqüenciais idênticos, por exemplo, em uma imagem onde há 20 *pixels* do tom 240, ao invés de codificar: 240, isto é, 20 vezes o código da cor, é descrito de alguma forma que há 20 *pixels* da cor 240.

O formato é adequado às exigências específicas de cartas cartográficas com grande número de cores repetidas, interrompidos por pequenos cruzamentos com linhas de contorno, linhas de grade e o suporte vertical de letras, ou seja, geralmente é aplicável em desenhos onde há pouca variação dos tons de grandes áreas.

Cada linha começa com um número de linha e tem que terminar com a contagem correta de *pixels*. Cada linha também tem que terminar com um valor binário 0. Note que o binário 0 é usado como uma marca de fim de linha na compressão NOS de arquivos .KAP, mas ele não é usado na compressão do tipo de arquivo .PTC (em arquivos .PTC o binário 0 é reservado como um indicador de

“*pixels* transparente a ser pulado”), em arquivos . KAP o índice de cor da paleta de cores é 1-127 e nunca zero.

5.4.2.2. RLE do Formato BSB

A compressão de dados *National Ocean Service* (NOS) é codificada como uma seqüência de *bits* (*bit stream*), com limites de *byte*. Uma unidade de informação usa tantos *bytes* quanto exigidos para sua magnitude. Os 7 (sete) *Least Significant Bits* (LSB), ou seja, os bits menos significativos do *byte* representam o valor. O *Most Significant Bit* (MSB), ou seja, o *bit* mais significativo é o indicador de concatenação. Se o *bit* mais significativo é 1(um), o valor requer concatenação com o próximo *byte*, etc, conforme mostrado na Figura 12 para melhor entendimento.

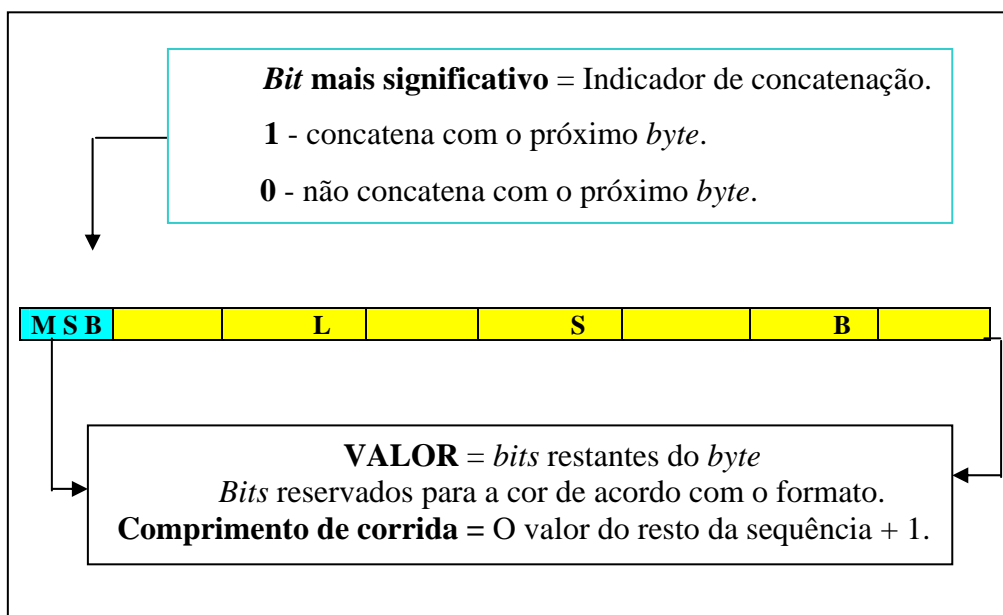


Figura 12 – Seqüência de bits (*bit stream*) com o MSB e o LSB.

Isto é análogo à representação de dados numéricos em código ASCII, onde para cada *byte* adicional da *string* decimal aumenta a magnitude 10 vezes e para cada *byte* adicional da *string* comprimida NOS aumenta a magnitude 128 vezes.

Cada linha de dados da imagem *raster* é codificada como a seguir:

LineNumber Color 1, Run 1 ... Color n, Run n NULL.

LineNumber: corresponde a contagem da linha seqüencial codificada no esquema de concatenação MSB. Top line = 1.

Color, Run: é codificado conforme a seleção do tipo do formato no esquema de compressão NOS. A soma das corridas em uma linha é igual à largura da linha.

NULL: O valor binário 0 é usado para indicar fim de linha.

As seguintes combinações de comprimento de cor ou corrida da seqüência de bits (*bit stream*) são possíveis, permitindo 7 tipos distintos de compressão NOS descritos na tabela 3 abaixo.

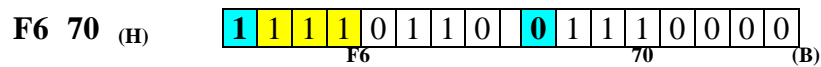
Tabela 3 – Esquema de Compressão NOS

COMPRESSÃO NOS	
TIPO	NÚMERO DE BITS POR PIXEL
1	1 bit de cor (1 cor)
2	2 bit de cores (2 a 3 cores)
3	3 bit de cores (4 a 7 cores)
4	4 bit de cores (8 a 15 cores)
5	5 bit de cores (16 a 31 cores)
6	6 bit de cores (32 a 63 cores)
7	7 bit de cores (64 a 127 cores)

A cor de valor 0 (zero) não é usada dentro de Arquivos .KAP, mas o 0 (zero) é usado dentro de Arquivos .PTC para indicar “*pixels* transparentes a serem pulados”.

O tipo de compressão NOS de 1 a 7 considera a definição de cor com um tamanho fixo e a corrida com um comprimento de *bit* variável. O *bit* mais significativo é o indicador de concatenação. Os próximos N *bits* são reservados para a cor de acordo com o formato: o tipo 1 deveria usar 1 *bit* por cor, o tipo 3 deveria usar 3. O valor do resto da seqüência de *bits* + 1 é igual ao comprimento de corrida.

Exemplo 1: Dois *bytes* no Formato 3



Formato 3:

Byte 1: o MSB é igual a 1, logo irá concatenar com o próximo *byte*.

3 <i>bits</i> de cores	1 1	
	2 1	
	3 1	a cor é paleta número 7
Comprimento de corrida (número de bits idênticos)	1 0	
	2 1	
	3 1	
	4 0	no byte 1 a parte da corrida é 6

Byte 2: o MSB é igual a 0, logo indica *byte* final do fluxo.

Comprimento de corrida (continua)	5 1	
	6 1	
	7 1	
	8 0	
	9 0	
	10 0	
	11 0	no byte 2 a parte da corrida é 112

O comprimento de corrida para dois *bytes* é:

$$((\text{Byte 1 Run}) * 128 + (\text{Byte 2 Run})) + 1.$$

$$((6 * 128) + (112)) + 1 = \mathbf{881}$$

Para uma concatenação de três *bytes*, o comprimento de corrida seria:

$$(\text{Byte 1 Run}) * 128 * 128 + (\text{Byte 2 Run}) * 128 + (\text{Byte 3 Run}) + 1.$$

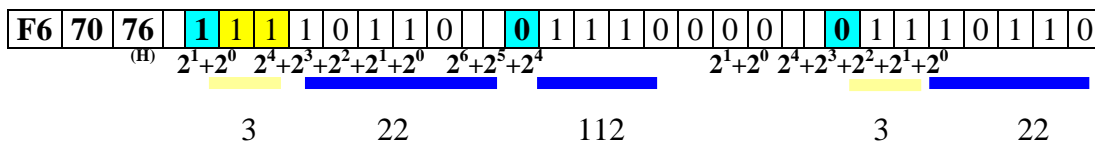
Exemplo 2: Assuma a linha a seguir como uma *string* de *bytes*:

01 F6 70 76 00 onde: 01(início da linha): Y = 1

Byte 1: MSB = 1, logo irá concatenar com o próximo *byte*.

Byte 2: MSB = 0, não concatena.

Byte 3: MSB = 0, não concatena.



O exemplo a seguir corresponde a linha 1 (tipo 2) da tabela abaixo:

No Byte 1 temos: **Cor 1 = 3**; Comprimento de Corrida = 22;
No Byte 2 temos: Comprimento de Corrida 1 = 112 e;
No Byte 3 temos: **Cor 2 = 3**; Comprimento de Corrida 2 = 112;

Comprimento de Corrida 1 = ((Byte 1 Run)* 128 + (Byte 2 Run)) + 1
 ((22*128) + (112)) + 1 = **2929**.

Comprimento de Corrida 2 = (Byte 3) + 1
 (22 + 1) = **23**.

A Tabela 4 a seguir mostra as cores e seus respectivos comprimentos de corrida de acordo com o tipo de compressão utilizado.

Tabela 4 – Tabela de cores e comprimentos de corrida para diferentes formatos

Tipo	Cor 1	Comprimento de Corrida 1	Cor 2	Comprimento de Corrida 2
2	3	2929	3	23
3	7	881	7	7
4	14	881	14	7
5	29	369	29	3
6	59	113	59	1
00	Fim da linha			

5.4.3. Seção de Valores da Faixa de Deslocamento

A Seção de Valores da Faixa de Deslocamento (*Strip Offset Tag*) de um Arquivo de Imagem BSB compreende valores da faixa de deslocamento que definem ponteiros que fazem referência direta às faixas dos dados da imagem binária.

Uma faixa de uma imagem consiste de uma ou mais linhas da imagem. Cada valor da faixa de deslocamento aponta diretamente para o primeiro *byte* da faixa referenciada, relativo ao início do arquivo, tendo deslocamento igual a zero.

O valor da faixa de deslocamento permite uma busca eficiente dentro do Arquivo de Imagem Binária na forma comprimida.

A vantagem de se utilizar informações da faixa de deslocamento se reflete na otimização do tempo de acesso dentro de um sistema.

Os identificadores da faixa de deslocamento são codificados como uma *string* de quatro *bytes* seqüenciais. A *string* final do Arquivo de Imagem BSB aponta para o primeiro destes identificadores. O primeiro identificador aponta para a primeira linha da matriz, ou grupo neste caso especificado no cabeçalho. Uma vez que cada identificador tem quatro *bytes*, é fácil de localizar o endereço do ponteiro para qualquer linha.

Por exemplo, assumamos que o cabeçalho do Arquivo de imagem usou os *bytes* 0 - 1 (o hh hh abaixo) e os dados da imagem binária consistiu de duas linhas. O arquivo deveria ser como mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Arquivo exemplo

hh hh 01 F6 70 76 00 02 F6 70 76 00 00 00 00 02 00 00 00 07 00 00 00 0C

O último inteiro longo, isto é com 4 *bytes* tem o valor (00 00 00 0C), ou seja, $0C_{(H)} = 12$, no exemplo (ver Tabela 5). Esta é a posição no arquivo da primeira varredura do ponteiro da faixa de deslocamento. Contando a partir de 0, o 12º *byte* ter-se a novamente uma informação de uma *string* de 4 *bytes*, (00 00 00 02), ou seja, a informação estará no endereço $02_{(H)} = 2$. Contando novamente de 0, o 2º *byte* é o início dos dados da primeira linha da imagem comprimida.

O ponteiro para a próxima faixa de deslocamento terá um deslocamento de $12 + 4 = 16$. Este valor do identificador de deslocamento = 7 que aponta para o início dos dados comprimidos, descrito na seção 3.2.2 da segunda linha da imagem.

Utilizou-se o visualizador *Xtree* da *XTGOLD* para a visualização do arquivo 1503_1.KAP em Hexadecimal, que descreve nas Figuras 13 a 15, de modo detalhado a varredura das faixas de deslocamento.

A Figura 13 ilustra a string final do Arquivo de Imagem (00 0D C9 07) que aponta para o *offset* (endereço da primeira linha da imagem).

```

0E36AB 00 0D C8 1D 00 0D C8 23 00 0D C8 29 00 0D C8 2F  . . . . .
0E36BB 00 0D C8 35 00 0D C8 3B 00 0D C8 41 00 0D C8 47  . . . . .
0E36CB 00 0D C8 4D 00 0D C8 53 00 0D C8 59 00 0D C8 5F  . . . . .
0E36DB 00 0D C8 65 00 0D C8 6B 00 0D C8 71 00 0D C8 77  . . . . .
0E36EB 00 0D C8 7D 00 0D C8 83 00 0D C8 89 00 0D C8 8F  . . . . .
0E36FB 00 0D C8 95 00 0D C8 9B 00 0D C8 A1 00 0D C8 A7  . . . . .
0E370B 00 0D C8 AD 00 0D C8 B3 00 0D C8 B9 00 0D C8 BF  . . . . .
0E371B 00 0D C8 C5 00 0D C8 CB 00 0D C8 D1 00 0D C8 D7  . . . . .
0E372B 00 0D C8 DD 00 0D C8 E3 00 0D C8 E9 00 0D C8 EF  . . . . .
0E373B 00 0D C8 F5 00 0D C8 FB 00 0D C9 01 00 0D C9 07  . . . . .
VIEW      ASCII  Dump  Edit  Formatted  Gather  Hex  Mask  Wordwrap
COMMANDS  F2 F3 F4 F5 F6 goto bookmark  F9 search  SPACE search again
| scroll| ALT SHFT menus                    F10 commands  F1 help  ESC cancel

```

Figura 13 - String final do Arquivo de Imagem

A Figura 14 ilustra o *offset* 0DC900 (com deslocamento 7), que aponta para o endereço 00 06 E0 que contém a primeira linha da imagem (01 90 A5 55 00).

```

XITG - xtg_view
File: C:\1503_1.KAP
HEX (no mask)
0DC8C0 05 90 A5 55 00 B7 06 90 A5 55 00 B7 07 90 A5 55  . . . . .
0DC8D0 00 B7 08 90 A5 55 00 B7 09 90 A5 55 00 B7 0A 90  . . . . .
0DC8E0 A5 55 00 B7 0B 90 A5 55 00 B7 0C 90 A5 55 00 B7  . . . . .
0DC8F0 0D 90 A5 55 00 B7 0E 90 A5 55 00 B7 0F 90 A5 55  . . . . .
0DC900 00 B7 10 90 A5 55 00 00 00 06 E8 00 00 06 ED 00  . . . . .
0DC910 00 06 F2 00 00 06 F7 00 00 06 FC 00 00 07 01 00  . . . . .
0DC920 00 07 06 00 00 07 0B 00 00 07 10 00 00 07 15 00  . . . . .

```

Figura 14 - Offset da primeira linha da imagem

A Figura 15 ilustra o conteúdo do endereço 0006E0 (com deslocamento 8), que contém os dados da primeira linha da imagem (01 90 A5 55 00).

```

XITG - xtg_view
File: C:\1503_1.KAP
HEX (no m
000690 0D 0A 45 52 52 2F 37 2C 30 2E 31 34 34 37 36 39  . . . . .
0006A0 35 39 37 36 2C 30 2E 30 33 36 30 30 35 30 37 31  . . . . .
0006B0 36 35 2C 2D 32 2E 38 32 33 34 36 32 30 39 38 65  . . . . .
0006C0 2D 30 36 2C 36 2E 35 30 38 30 39 35 32 35 65 2D  . . . . .
0006D0 30 37 0D 0A 44 54 4D 2F 30 2E 30 32 20 2C 30 2E  . . . . .
0006E0 01 90 A5 55 00 02 90 A5  . . . . .
0006F0 55 00 03 90 A5 55 00 04 90 A5 55 00 05 90 A5 55  . . . . .
000700 00 06 90 A5 55 00 07 90 A5 55 00 08 90 A5 55 00  . . . . .
000710 09 90 A5 55 00 0A 90 A5 55 00 0B 90 A5 55 00 0C  . . . . .
000720 90 A5 55 00 0D 90 A5 55 00 0E 90 A5 55 00 0F 90  . . . . .

```

Figura 15 – Dados da primeira linha da imagem

5.5.Arquivo de Correções e Atualizações

Os Arquivos de Correções e Atualizações (*Update Patch File*) possibilitam a atualização de informações de modo eficiente contidas em um Arquivo de Documentação ou Arquivo de Imagem. Os arquivos de correções e atualizações são otimizados por tamanho visando permitir uma comunicação eficiente pela Internet ou outros meios eletrônicos. Um arquivo de correções e atualizações é aplicável a cada Arquivo de Imagem.

6 EXERCÍCIOS NAVAIS

É de suma importância que a Marinha do Brasil realize exercícios militares com o objetivo de preparar suas tripulações para as situações de beligerância que o Brasil possa ser envolvido. Além dos compromissos internacionais, o Brasil ainda é responsável por garantir a segurança da navegação em uma área de 4,5 milhões de quilômetros quadrados da área a ser vigiada, que ultrapassa os limites da Amazônia Azul, avançando pelo Oceano Atlântico.

Como defender uma área tão grande de ilícitos como pirataria, contrabando, despejos ilegais de material poluente, exploração da fauna entre outros? A Marinha do Brasil, apesar da carência de recursos financeiros atuais, desempenha um brilhante papel na manutenção da soberania nacional, seja através de suas Forças Distritais, responsáveis pelas tarefas de guarda costeira e operações *Search and Rescue* (SAR), seja por meio da manutenção de sua frota de combate adestrada para o emprego nas áreas de interesse do país.

6.1. Conceitos Básicos

A Marinha do Brasil realiza no decorrer do ano várias comissões operativas no mar, envolvendo navios da Esquadra Brasileira, submarinos, aeronaves e, eventualmente em conjunto com aeronaves da Força Aérea Brasileira (FAB), com diversos propósitos estratégicos visando à defesa.

Dentro deste contexto verifica-se então a necessidade de uma avaliação global do Cenário Tático de Guerra especificado para cada comissão.

Sendo assim, para um melhor entendimento do Cenário Tático serão descritos a seguir alguns detalhes e termos utilizados nos exercícios.

6.1.1. Comissão e Eventos

Uma comissão consiste da realização de diversos eventos operativos no mar em um período preestabelecido, de acordo com a sistemática elaborada pelas Divisões da Esquadra, responsáveis pelo planejamento das comissões sob

aprovação do Comandante-em-Chefe da Esquadra. Uma comissão é formada por diversos meios da Esquadra Brasileira como: os navios, os submarinos, alvos aéreos, aeronaves, eventualmente por aeronaves da FAB, e outros, cuja disposição e atuação desses meios serão posteriormente avaliados em termos de desempenho, emprego e manobras táticas de cada unidade participante da comissão.

Um evento caracteriza o dia, o número de ocorrências e, o tipo de exercício realizado em um determinado dia.

6.1.2. Simulação de Guerras

Diversas táticas de guerra são planejadas e simuladas com o propósito de verificar o alinhamento e aferição de sensores, tempo de reação às ameaças, adestramento de pessoal, armamentos empregados, bem como avaliar parâmetros de modo a satisfazer as Medidas de Eficácia Operacional (MEO), preconizadas para cada tipo de exercício.

O Cenário Tático consiste de várias ações de guerra, que são simuladas visando situações estratégicas como: Defesa AntiAérea, Defesa Anti-Submarino, Defesa de Superfície e Guerra Eletrônica.

Estas ações de guerra são posteriormente analisadas e avaliadas a partir de uma sistemática. As figuras de 16 a 22 mostram algumas fases realizadas durante a comissão ADEREX-II realizada no período de 20/06/2005 a 07/07/2005.



Figura 16 – Formatura de navios

A Figura 17 mostra o lançamento do *drone Banshee*, através de catapulta.

O *drone Banshee* é um alvo aéreo tele-dirigido, cuja finalidade é aferir os radares de busca aérea e os diretores de tiro, com uma autonomia de 50km e velocidade de 200 nós (1 nó = 1852 metros), proporcionando uma maior realidade aos exercícios de artilharia antiaérea.



Figura 17 – Lançamento do *drone Banshee* pela catapulta

A Figura 18 descreve a trajetória realizada pelo Alvo *Banshee* sob os navios da Esquadra Brasileira simulando uma ameaça aérea, onde cada navio deve preparar-se para realizar o *track* (detecção), *lock* (defesa) e abrir fogo sobre a ameaça.

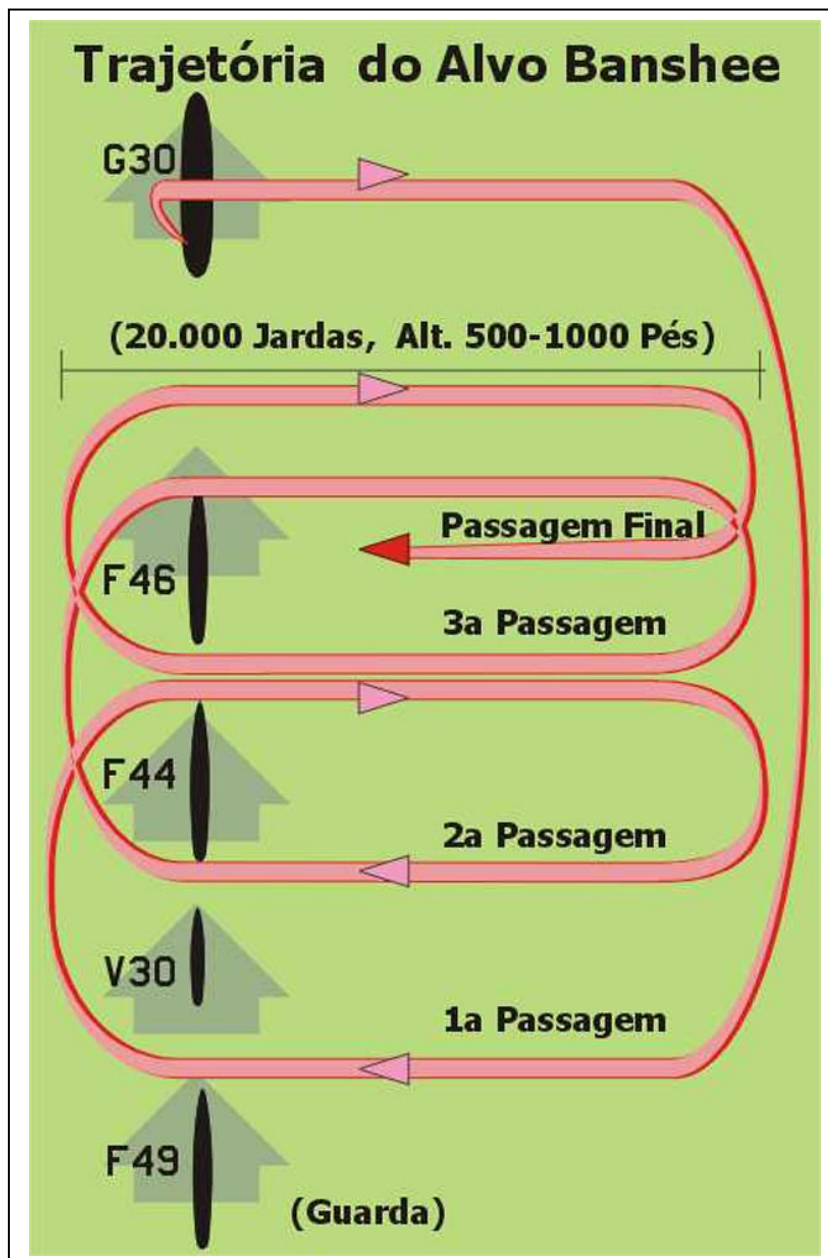


Figura 18 – Trajetória do Alvo *Banshee*

A Figura 19 mostra uma transferência de óleo no mar chamada TOM, ou seja, abastecimento no mar, na foto entre dois navios participantes do exercício, no qual é simulado um possível ataque aéreo, ressaltando que o momento do ataque é uma incógnita para os comandantes dos navios.



Figura 19 – Abastecimento no mar

A Figura 20 mostra homens prontos para um possível combate diante da ameaça aérea.



Figura 20 – Homens pronto para combate

A Figura 21 mostra a aeronave Super *Lynx* após o resgate do alvo *Banshee* no mar, recolhido por mergulhadores, para posteriores exercícios.

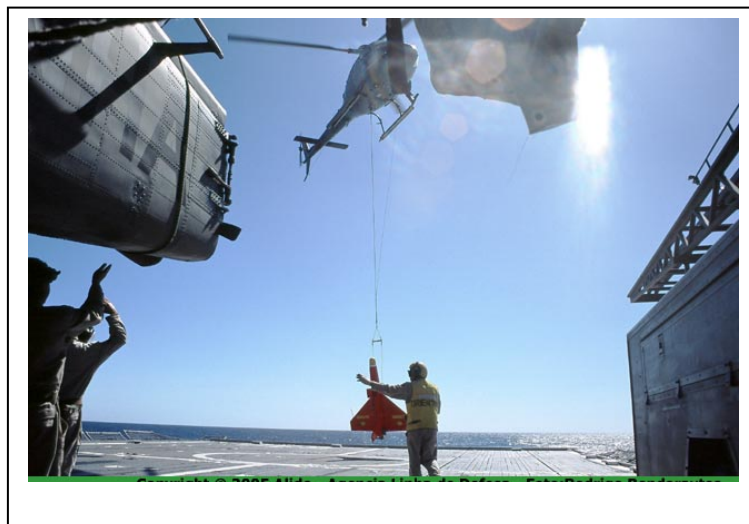


Figura 21 – Recuperação do *drone Banshee*

6.1.3. Reconstrução do Cenário Tático de Guerra

Após o término de uma comissão, com o regresso dos navios à Base Naval do Rio de Janeiro ou para o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, são enviados os vários Modelos de Coleta de Dados (MCD), para o Centro de Apoio a Sistemas Operativos (CASOP), organização militar da Marinha do Brasil, responsável pelas análises dos exercícios navais.

Estes MCD são preenchidos a bordo com os dados pertinentes dos exercícios realizados durante a comissão. De posse desses modelos são efetuadas as análises dos exercícios da comissão no CASOP e, posteriormente, é realizada uma reunião para reconstrução desses exercícios. Essa reunião envolve os comandantes de cada navio que participou da comissão, os responsáveis pelas Divisões da Esquadra, o Comandante-em-Chefe da Esquadra, o Comandante do CASOP, os analistas dos exercícios e seus respectivos chefes.

Esta reconstrução consiste de uma visualização gráfica do Cenário Tático de Guerra, área onde foram realizados os exercícios, com o propósito de apresentar a cinemática de cada navio envolvido nos exercícios.

O objetivo desta reconstrução é retratar as várias ações desses navios, a fim de uma verificação automática acerca da veracidade das informações como: detecção, aferição, engajamento, emprego e outros, através da confrontação da cinemática com os dados coletados a bordo. Por isto a viabilidade dessa apresentação torna-se de extrema importância por retratar o Cenário Tático envolvido para fins de eficácia e maior precisão das análises dos exercícios.

6.1.3.1. Exemplos

Atualmente a reconstrução dos exercícios realizados é visualizada através de um sistema em vigência no CASOP, denominado Sistema de Análise de Exercícios Táticos da Esquadra (SAETE), que retrata o Cenário Tático realizado, como mostrado na Figura 22.

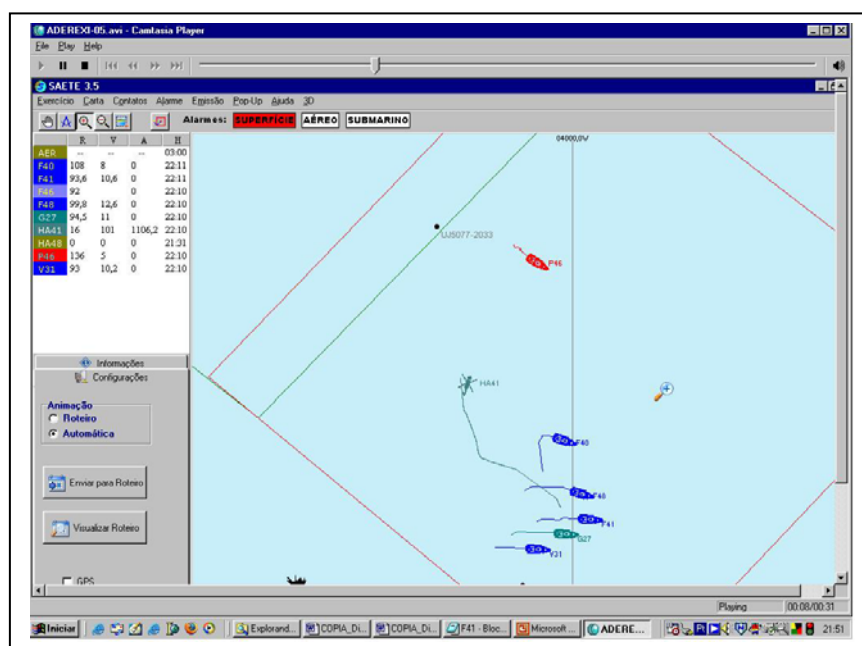


Figura 22 – Sistema SAETE

O Sistema SAETE tem por finalidade retratar a cinemática dos navios participantes dos exercícios realizados durante uma determinada comissão. Entretanto, este sistema apresenta algumas limitações que são ressaltadas a seguir:

- A aquisição da derrota dos navios em coordenadas geográficas, Latitude e Longitude, é realizada através de um módulo de coleta de dados a parte do sistema SAETE, sendo necessário a alternância entre esses dois ambientes;
- O Cenário Tático apresentado não descreve o ambiente real navegado, uma vez que o fundo é descrito por componente que apresenta o mapa mundi para apresentação dos exercícios e, não através de uma Carta Náutica, a fim de retratar com mais exatidão e segurança o ambiente navegado como: profundidades, recifes, cascos soçobrados, natureza do fundo, áreas de fundeio, bóias, balizas e outros e;
- A falta da indicação de profundidade nesse sistema inviabiliza uma análise mais apurada das ações Anti-Submarino.

6.1.4. Aspectos Relevantes

De acordo com as funcionalidades apresentadas e a necessidade de melhoramentos no Sistema SAETE visando retratar o Cenário Tático em questão com mais veracidade e, ainda baseando-se nos atuais sistemas de navegação com emprego de cartas eletrônicas, realizou-se um estudo quanto ao possível desenvolvimento de uma ferramenta com utilização de cartas eletrônicas para apresentação deste Cenário Tático dos exercícios.

Esse estudo reveste-se na utilização de tecnologias atuais, quanto à utilização de cartas eletrônicas sob forma *raster*, da introdução de elementos vetoriais, a fim de traçar a derrota dos navios a partir de dados diretamente do GPS, na possibilidade de georeferenciamento, de modo a propiciar uma navegação mais segura, assim como, na adição de detalhes mais precisos quanto à detecção, identificação e engajamento dos meios empregados nos exercícios realizados.

7 FERRAMENTA GRÁFICA DESENVOLVIDA

A ferramenta gráfica desenvolvida consiste de um ambiente gerado a partir da utilização do formato proprietário BSB (*Maptech*).

A opção pelo Formato BSB fundamenta-se no fato de ser um formato difundido por vários Institutos Hidrográficos do mundo como: Argentina, Brasil, Canadá, EUA, México, e outros, no que se refere à utilização de cartografia náutica oficial sob forma *raster*.

Esse formato também tem como características: o uso de imagens de grandes resoluções, georeferenciamento, descrição de paleta de cores alternativas para observação das cartas, uso de *datum* geodésico, limitações quanto à parte navegável da carta e outras. O conjunto dessas características propiciará a construção de uma ferramenta totalmente voltada para o monitoramento real dos exercícios, assim como, na descrição de fatores relevantes do Cenário Marítimo Real quando no acompanhamento dos exercícios.

Os exercícios serão visualizados através da introdução do perfil dos navios da Marinha Brasileira, que considera as coordenadas geográficas dadas pelo *Global System Position* (GPS) para posicionamento de seus navios. São elementos matriciais posicionados vetorialmente. As linhas que descrevem as rotas são elementos vetoriais que serão incluídos na Carta *Raster*.

Essa ferramenta se concentra nos aspectos de visualização do cenário pela Carta Náutica com o posicionamento de navios a partir de GPS. É possível uma grande compressão de dados e utilização de imagens de grandes resoluções.

7.1. Decisões Tomadas

Optou-se por adotar silhuetas maiores dos navios que as usuais com a finalidade de melhor identificação e de tornar possível caracterizar as classes de navios. Usa-se representação de linhas vetoriais para representar as derrotas dos navios e os limites das áreas dos exercícios.

7.2. Dificuldades

As dificuldades encontradas no decorrer da dissertação foram pertinentes ao estudo do formato BSB, cujo nível de detalhamento apresentado exigiu pesquisas minuciosas e conhecimentos mais específicos acerca de conceitos sobre cartografia, geodésia, funções polinomiais para entender o georeferenciamento, assim como, a descrição de cores utilizadas, a forma de compressão de dados e outras características do formato.

Outra dificuldade destacável foi quanto à realização da leitura do formato BSB devido a poucas documentações existentes sobre o assunto, talvez por tratar-se de um formato característico de sistemas de navegação, o que atrasou um pouco o procedimento de leitura do arquivo BSB devido ao tempo dispendido no estudo das bibliotecas capazes de realizar a leitura desse formato.

7.3. Simbologia Adotada

Com base nos símbolos adotados pela Marinha do Brasil procurou-se introduzir na Carta *Raster* o perfil característico dos meios da Esquadra que compõem a Marinha do Brasil. Alguns dos perfis utilizados são mostrados na Figura 23.



Figura 23 – Meios da Esquadra Brasileira

7.4. Recursos Gráficos

Os recursos gráficos utilizados para a construção da ferramenta gráfica consistiram das seguintes bibliotecas *Open Source*: *Geospatial Data Abstraction Library* (GDAL), que suporta o Formato *Raster* BSB e que possibilitou realizar a leitura e a exploração dos Arquivos de Imagem .KAP; a biblioteca *CxImage* em C++ que possibilitou carregar, salvar, exibir e transformar imagens de modo simples e rápido e, a biblioteca *Microsoft Foundation Class Library*, ou MFC, adaptada do Win32 no *MS Visual Studio* no ambiente de programação em *Microsoft Visual C++ 6*. O visualizador *Xtree* da *XTGOLD* também foi utilizado para a visualização de Arquivos de Imagem .KAP em Hexadecimal.

7.4.1. Aspectos da Computação Gráfica Utilizados

7.4.1.1. Bitmap

Existem vários tipos de *bitmap* com base no número de cores que o *bitmap* pode exibir. Um *bitmap* pode ser monocromático, quando cada *pixel* corresponde a 1 bit. Um *bitmap* também pode ser colorido. O número de cores que um *bitmap* pode exibir é igual a $2^{\text{potência}}$ de acordo com o número de *bits* por *pixel*. Por exemplo, um *bitmap* que usa apenas 4 *bits* por *pixel*, pode representar $2^4 = 16$ cores. Um *bitmap* maior requer 8 *bits* por *pixel*, logo, pode representar $2^8 = 256$ cores.

O *bitmap* apresentado pelo formato BSB descreve o número de cores possíveis de 1 a 7 bits por pixel, ou seja, 2^7 igual a 128, menos 1, pois o *bit* 0 não é utilizado, logo, 127 cores são possíveis.

Os *bitmap* se classificam em duas categorias que controlam suas disponibilidades para exibição em um dispositivo: *Device Independent Bitmap* (DIB) e *Device Dependent Bitmap* (DDB), ou seja, um *bitmap* que independe do dispositivo e o outro que depende do dispositivo.

O DIB é um *bitmap* que é projetado para ser carregado em qualquer aplicação ou dispositivo e produzir o mesmo efeito visual. Para fazer isto possível, um *bitmap* contém uma tabela de cores que descreve como as cores do *bitmap* deveriam ser usadas nos *pixels* quando exibidos. Os *bitmap* utilizados na criação do perfil dos navios foram criados no *Graphics Editor* do *Visual C++* e

transformados em um arquivo de recursos (RES), o qual é ligado ao arquivo executável da aplicação e carregados a partir de funções *Application Program Interface* (API).

A introdução dos *bitmap* na Carta *Raster* com fundo transparente foram necessárias a utilização de máscaras do *bitmap*. Uma com fundo preto (Figura 24) e outra com fundo branco (Figura 25), cuja operação lógica *AND* foi estabelecida entre as duas máscaras para a obtenção do fundo transparente do *bitmap*.

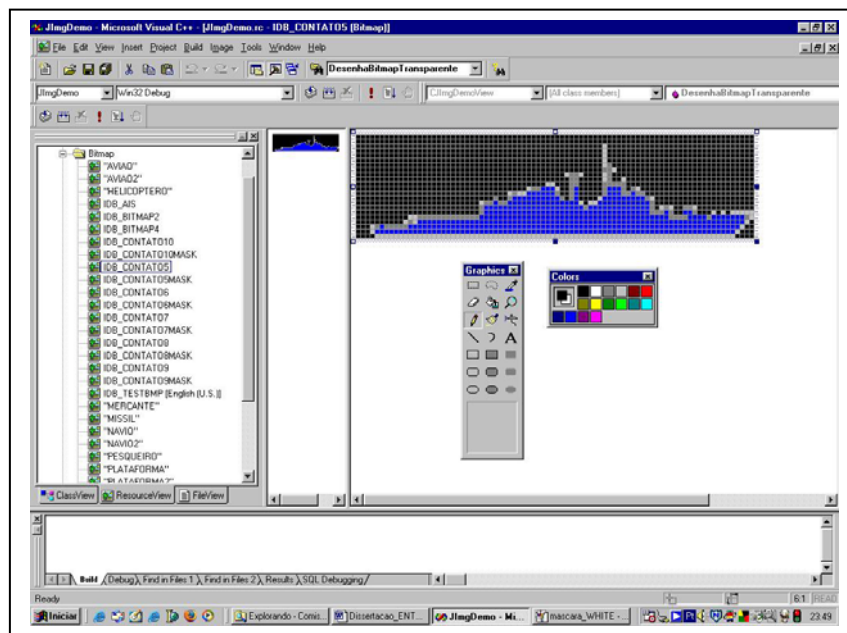


Figura 24 – Máscara com fundo *Black*

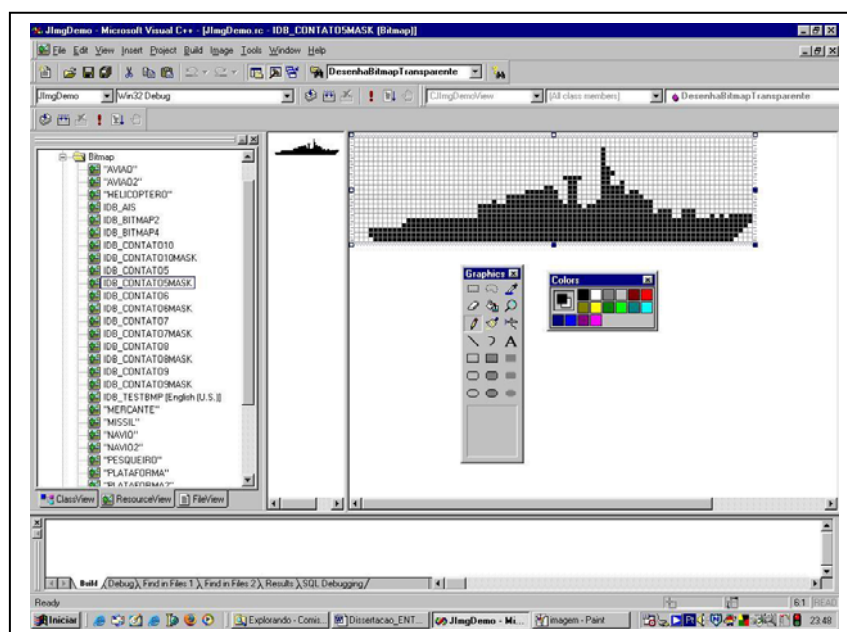


Figura 25 – Máscara com fundo *White*

A Figura 26 mostra o efeito desejado na introdução dos perfis dos navios na Carta *Raster*, através do uso de *bitmap DIB*.

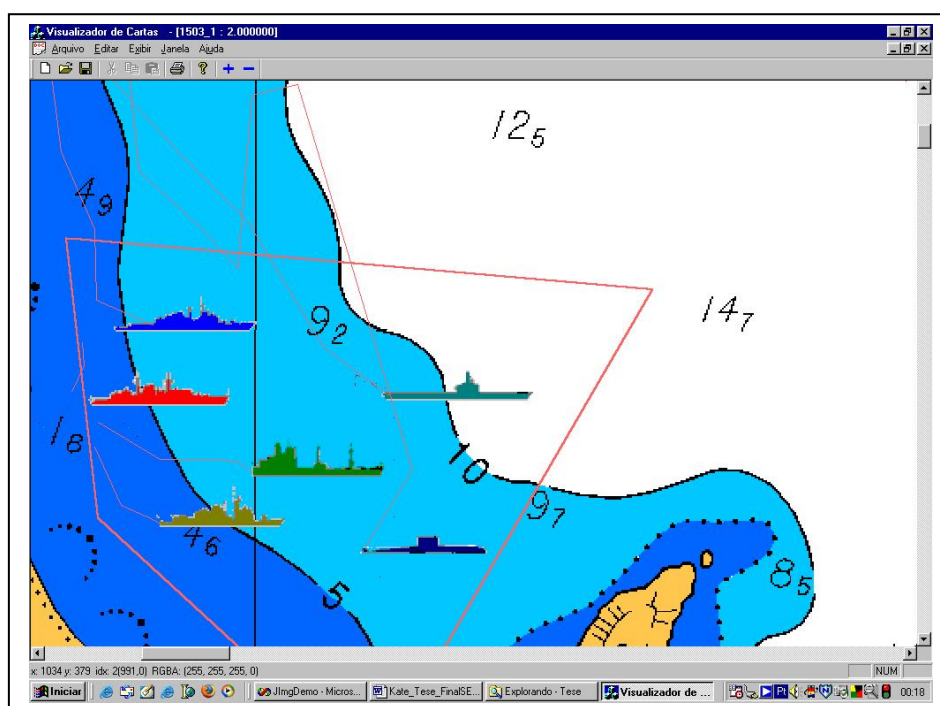


Figura 26 – Representação do perfil dos navios na Carta *Raster*

7.4.2. Georeferenciamento

O georeferenciamento é possível a partir da especificação dos parâmetros de um ponto de referência que podem ser usados para calcular os coeficientes para uma variedade de modelos matemáticos polinomiais.

Estes coeficientes podem ser usados para converter posições geográficas (latitude e longitude) para coordenadas de *pixel* da imagem e vice-versa, através do uso de uma expressão polinomial.

Estes pontos podem ser usados para calcular os seus próprios coeficientes de transformação, ou usar os valores disponíveis nos registros WPX, WPY, PWX e PWY, conforme apresentado na Tabela 2, que definem o polinômio. O registro KNQ proporciona um método de georeferenciamento recomendado [MAP00].

Onde existirem pontos de referência, um mínimo de dois registros REF serão providos. Não há um número máximo de pontos. Entretanto, nota-se que alguns Arquivos de Imagem consistem de gráficos sem mapa e sem

georeferenciamento possível. Nestes casos, nenhum registro REF será provido. Estes arquivos são indicados no Arquivo de Documentação pelo registro Knn com TY = "GRÁFICO".

Os parâmetros ImagemX e ImagemY referem-se a determinadas localizações do *pixel* dentro da imagem "scaneada". As coordenadas de Latitude e Longitude correspondentes se referem às posições geográficas editadas (por exemplo, a latitude e longitude editadas do cruzamento de grade) para a localização do *pixel* da imagem relacionada.

Cada registro REF define a imagem origem e os valores das coordenadas geográficas para um ponto de referência particular da seguinte maneira:

REF/PointNumber,ImageX,ImageY,Latitude,Longitude

Onde:

PointNumber é um número entre 1 e o número total de pontos de referência definidos dentro do cabeçalho do Arquivo de Imagem. Cada registro REF deve apresentar um *PointNumber* único;

ImageX define o valor da coordenada x da imagem (número de coluna) para o ponto de referência. O *pixel* do canto superior esquerdo (topo) dentro da imagem tem valor de coordenada da coluna igual a 0. O *pixel* do canto inferior direito (fundo) dentro da imagem tem coordenada da coluna igual a *ImageWidth-1*.

ImageY define o valor da coordenada y da imagem (número da linha) para o ponto de referência. O *pixel* do canto superior esquerdo(topo) dentro da imagem tem valor de coordenada da linha igual a 0. O *pixel* do canto inferior direito (fundo) dentro da imagem tem coordenada da linha igual a *ImageHeight-1*.

Latitude define a latitude geográfica do ponto de referência definida em relação à origem do *datum* geodésico. O valor de Latitude é representado em graus decimais, com latitudes ao norte positivas e, latitudes ao sul negativas.

Longitude define a longitude geográfica do ponto de referência definida em relação à origem do datum geodésico. O valor de Longitude é representado em graus decimais com longitude a Leste positiva, e Longitude a Oeste negativa.

Note que não há nenhum limite no número de pontos REF (embora 1000 seja um limite prático para programação). Também, note que as posições dos pontos REF podem exceder os limites do registro PLY.

O registro **WPX** define um polinômio baseado nos registros REF descritos previamente. O polinômio usa valores de Lat/Lon mundial (x_m , y_m) em graus decimais para calcular um valor correspondente x da imagem com o valor da coluna X_i no Arquivo de Imagem. A função polinomial é definida por:

$$X_i = A + Bx_m + Cy_m + Dx_m^2 + Ex_my_m + Fy_m^2 + Gx_m^3 + Hx_m^2y_m + Ix_my_m^2 + Jy_m^3$$

Onde:

X_i indica a posição x do *pixel* da imagem, na longitude x_m e latitude y_m que são valores introduzidos em graus decimais. Note que para uma carta que atravessa o meridiano central e cujo registro "CPH" não é zero, o valor de CPH deveria ser somado antes do cálculo ao valor da longitude ($x_m = \text{longitude} + \text{CPH}$)

Os coeficientes **A, B, C, D, E, F, G, H, I e J** são calculados com base no menor quadrado a fim de minimizar erros entre os valores X_i calculado e X_i medido (REF).

O registro **WPX** é definido como: WPX/n,A,B,C,D,E,F,G,H,I e J

Onde:

n é o grau do polinômio usado, até 3, dependendo de como os muitos termos produzem um "melhor" resultado em toda parte.

A, B, C, D, E, F, G, H, I e J são coeficientes polinomiais e podem ser negativo ou mesmo zero.

Sendo que:

se **n=1** então os termos de **A até C** são usados

se **n=2** então os termos de **A até F** são usados

se **n=3** então os termos de **A até J** são usados

O registro **WPY** define um polinômio baseado nos registros REF descritos previamente. O polinômio usa valores de Lat/Lon mundial (x_m , y_m) em graus decimais para calcular um valor correspondente y da imagem com o valor da linha (Y_i) no Arquivo de Imagem. A função polinomial é definida por:

$$Y_i = A + Bx_m + Cy_m + Dx_m^2 + Ex_my_m + Fy_m^2 + Gx_m^3 + Hx_m^2y_m + Ix_my_m^2 + Jy_m^3 + Ky_m^4 + Ly_m^5$$

Onde:

Y_i indica a posição y do *pixel* da imagem na longitude x_m e latitude y_m , que são valores introduzidos em graus decimais. Note que, para uma carta que atravessa o meridiano central e cujo registro CPH não é zero, o valor de CPH deveria ser somado ao valor da longitude antes do cálculo ($x_m = \text{longitude} + \text{CPH}$).

Os coeficientes **A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K e L** são calculados com base no menor quadrado a fim de minimizar erros entre os valores Y_i calculado e Y_i medido (REF).

O registro **WPY** é definido como: PWY/n,A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L

Onde:

n indica o grau do polinômio usado, até 5, dependendo de como os muitos termos produzem um "melhor" resultado em toda parte.

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K e L são coeficientes polinomiais e podem ser zero.

Sendo que:

se **n=1** então os termos de **A até C** são usados
 se **n=2** então os termos de **A até F** são usados
 se **n=3** então os termos de **A até J** são usados
 se **n=4** então os termos de **A até K** são usados
 se **n=5** então os termos de **A até L** são usados

O registro **PWX** define um polinômio baseado nos registros **REF** descritos previamente. O polinômio usa valores do *pixel* da imagem (x_i, y_i) para calcular o valor da longitude correspondente (X_m) em graus decimais. A função polinomial é definida por:

$$X_m = A + Bx_i + Cy_i + Dx_i^2 + Ex_iy_i + Fy_i^2 + Gx_i^3 + Hx_i^2y_i + Ix_iy_i^2 + Jy_i^3$$

Onde:

X_m indica a longitude no *pixel* x_i, y_i . Note que, para uma carta que atravessa o meridiano central e “CPH” não é zero, o valor de CPH deveria ser subtraído do X_m calculado para obter a longitude (longitude = $X_m - CPH$).

Os coeficientes **A, B, C, D, E, F, G, H, I e J** são calculados com base no menor quadrado a fim de minimizar erros entre os valores X_m calculado e X_m medido (REF).

O registro **PWX** é definido como: $PWX/n, A, B, C, D, E, F, G, H, I e J$

Onde:

n é o grau do polinômio usado, até 3, dependendo de como os muitos termos produzem um "melhor" resultado em toda parte.

A, B, C, D, E, F, G, H, I e J são coeficientes polinomiais e podem ser zero.

Sendo que:

se **n=1** então os termos de **A até C** são usados
 se **n=2** então os termos de **A até F** são usados

se $n=3$ então os termos de **A até J** são usados

O registro **PWY** define um polinômio baseado nos registros **REF** descritos previamente. O polinômio usa valores do *pixel* da imagem (x_i, y_i) para calcular o valor da latitude correspondente (Y_m) em graus decimais. A função polinomial é definida por:

$$Y_m = A + Bx_i + Cy_i + Dx_i^2 + Ex_iy_i + Fy_i^2 + Gx_i^3 + Hx_i^2y_i + Lx_iy_i^2 + Jy_i^3 + Ky_i^4 + Ly_i^5$$

Onde:

Y_m indica a latitude calculada no *pixel* x_i, y_i . Os coeficientes **A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K** e **L** são calculados com base no menor quadrado a fim de minimizar erros entre os valores Y_i calculado e Y_i medido (REF).

O registro **PWY** é definido como: **PWY/n, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K** e **L**

Onde:

n é o grau do polinômio usado, até 5, dependendo de como os muitos termos produzem um "melhor" resultado em toda parte.

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L são coeficientes polinomiais e podem ser qualquer valor real, positivo, negativo e inclusive zero.

Sendo que:

se $n=1$ então os termos de **A até C** são usados

se $n=2$ então os termos de **A até F** são usados

se $n=3$ então os termos de **A até J** são usados

se $n=4$ então os termos de **A até K** são usados

se $n=5$ então os termos de **A até L** são usados

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE:

A equações descritas acima não garantem qualquer nível predeterminado de precisão. Um polinômio de ordem mais alta é usado caso proporcione resultado

melhor que o polinômio de ordem baixa. As equações deveriam sempre ser usadas com os registros ERR correspondentes, a fim de proporcionar aos usuários de carta uma estimativa confiável da posição calculada em locais diferentes na carta. Os registros WPX, WPY, PWX e PWY só são incluídos em Arquivos de Imagem BSB na versão 2.x ou maior (Edição 2 ou maior *CDROMs*).

7.4.3. Elementos Vetoriais

Os elementos vetoriais introduzidos na Carta *Raster* descrevem as derrotas realizadas pelos navios a partir de coordenadas geográficas, latitude e longitude de cada navio. A função utilizada para traçar essa derrota foi a *POLYLINE* que consiste de uma série de linhas conectadas, a fim de descrever as derrotas realizadas pelos navios e a área durante os exercícios.

7.5. Resultados

A utilização da imagem *raster* mostrou-se bastante vantajosa no que se refere, ao seu desenho na tela de modo rápido e também, no que diz respeito à qualidade apresentada da Carta Náutica sob forma *raster*.

No início da implementação foram realizados testes exaustivos de leitura da imagem *raster*, ou seja, do Arquivo de Imagem de extensão .KAP, cujas bibliotecas exigiram estudos aprofundados acerca dos parâmetros necessários para a realização da leitura das cartas. Posteriormente, conseguiu-se atingir resultados satisfatórios quanto à visualização das cartas, atendendo às expectativas desejadas ao retratar a Carta Náutica como fundo, ambiente desejável para reconstrução dos exercícios. O qual propiciará uma navegação com mais segurança e maior detalhamento do ambiente navegável.

A implementação do *zoom* também superou as expectativas, por retratar com boa definição e análise geográfica rápida, a área da carta desejável, facilitando na identificação de características da mesma como: relevo, bancos de areias, pedras, cascos soçobrados, arrebentação e outros, tendo em vista a perda de definição própria do formato *raster*,

A introdução dos perfis dos meios da Esquadra também atingiu o propósito desejado, pois a silhueta dos meios plotados caracteriza a classe de navios, conforme desejado, a fim de representar os meios participantes dos exercícios.

A implementação do georeferenciamento também correspondeu às expectativas, quanto ao posicionamento dos navios em coordenadas geográficas (latitude e longitude) na Carta Náutica, a partir dos dados dos navios, obtidos através do GPS.

A conversão de coordenadas da tela para posições geográficas foi realizada mediante a utilização dos parâmetros REF e PLY conforme descritos na seção 7.4.2.

A ferramenta gráfica desenvolvida mostrada na Figura 27 apresenta o ambiente proposto para visualização do Cenário Marítimo Real utilizando o formato BSB (*Maptech*).

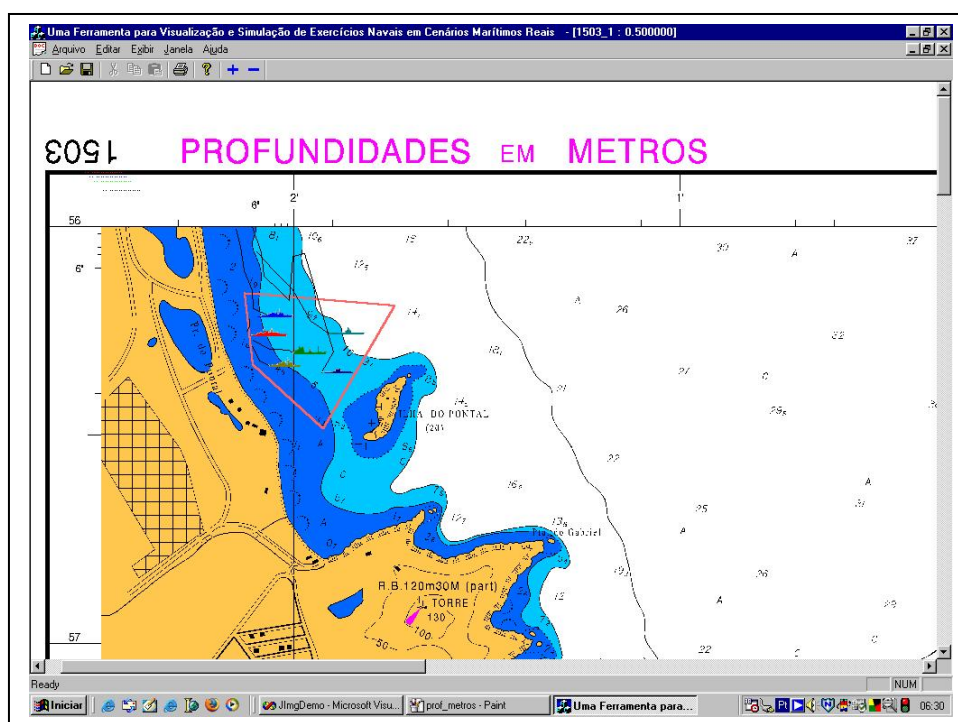


Figura 27 – Ferramenta gráfica desenvolvida usando formato BSB

Sendo assim, abaixo são descritas as funcionalidades que foram implementadas:

- Leitura do formato BSB, apresentando como fundo uma Carta Náutica oficial, descrevendo a área do Cenário Marítimo Real navegado;
- Introdução do perfil dos meios da Esquadra caracterizando as classes de navios da Marinha do Brasil;
- Utilização de *zoom* e visualização da escala da imagem *raster*;

- Georeferenciamento permitindo o posicionamento dos navios em suas coordenadas geográficas (latitude e longitude), num mesmo ambiente e;
- Representação da derrota dos navios e limites da área restrita ao exercício, através de elementos vetoriais.

Convém ressaltar que a implementação de todas as funcionalidades nesta ferramenta exigiria um tempo maior do que o que foi utilizado neste trabalho, porém, as sugestões para trabalhos futuros serão discutidas no próximo capítulo.

8 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

8.1. Conclusão

Esse trabalho foi desenvolvido como o primeiro trabalho da linha de pesquisas em mapeamento da Pós-graduação em Computação na Universidade Federal Fluminense (UFF), na área de Computação Visual e Interfaces.

Nesse trabalho foi realizada uma revisão sobre a evolução desde a Navegação por Estima até as Cartas Eletrônicas atuais. Fez-se um estudo detalhado acerca de conceitos aplicáveis à cartografia que contribuiu para um melhor entendimento do formato BSB (*Maptech*), cujas características exigem um conhecimento prévio. O estudo desse formato concentrou-se em aspectos quanto às formas de armazenamento e compressão dos dados utilizados, do entendimento da função polinomial que descreve o georeferenciamento na Carta *Raster*, a compreensão do *datum* geodésico, na descrição de cores utilizadas, na definição dos limites navegáveis da imagem, assim como, na introdução de elementos vetoriais na Carta *Raster* e outros.

As etapas seguintes consistiram de estudos das bibliotecas para realização da leitura do arquivo BSB, da introdução do perfil dos navios em posições geográficas, na representação da derrota dos navios a partir de dados GPS e na visualização das áreas relativas aos exercícios descritas por elementos vetoriais. Estes possibilitam a geração da ferramenta de visualização do Cenário Marítimo Real, descrito pelo uso de Cartas Náuticas oficiais como fundo e, numa apresentação inicial dos exercícios realizados pela Marinha do Brasil.

Esta ferramenta teve como finalidade apresentar uma idéia inicial sobre a utilização de um Cenário Marítimo Real quanto ao efetivo monitoramento dos exercícios navais, visando uma verificação automática das informações, confrontando a cinemática com os dados coletados dos navios, contribuindo assim para uma análise e avaliação mais eficaz dos exercícios realizados.

A utilização do formato BSB (*Maptech*) para visualização dos Exercícios Navais deve-se ao fato da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, já dispor de grande parte das Cartas Náuticas da costa brasileira nesse formato, o qual retrata zonas contíguas e de navegação costeira, favorável para operações militares.

Atualmente as Cartas Vetoriais são as mais avançadas da navegação, porém a leitura das Cartas Náutica para este tipo de formato é mais complexa e, a DHN ainda não dispõe dessas cartas nesse formato.

A implementação desenvolvida permite visualizar os navios envolvidos no exercício em suas posições reais sobre a Carta Náutica da região. Portanto, o Formato BSB mostra-se bastante vantajoso para o monitoramento dos exercícios navais por:

- Descrever o Cenário Marítimo Real navegado possibilitando maiores condições de segurança marítima a partir de marcações contínuas e em tempo real da posição do navio fornecendo uma panorâmica geral de toda a situação envolvente reduzindo desta forma o risco de acidentes;
- Eficiências de ordem operacional, uma vez que o planejamento das rotas é extremamente simplificado, deixando tempo livre para a execução de outras tarefas;
- Redução de custos, pois os elevados níveis de precisão em termos de planejamento de rotas permitem uma redução significativa em termos de combustível;
- Possibilitar a indicação da profundidade viabilizando uma análise mais apurada das ações Anti-Submarino e;
- Cinemática real dos navios a partir de dados diretamente do GPS, no mesmo ambiente propiciando informações mais precisas acerca de identificação, detecção e engajamento dos meios.

8.2. Trabalhos Futuros

Como sugestões para trabalhos futuros são propostas as idéias a seguir para integração ao *Raster Chart Information System (RCDIS)* usando formato BSB:

- Integração e utilização de um Sistema *Automatic Identification and System* (AIS) para identificação automática de navios mercantes, ao cruzar com navios de guerra, a fim de compor as informações de Latitude e Longitude do Navio Mercante no Cenário Tático, não havendo mais a necessidade de interrogação desses contatos;
- Integrar a Rede Tática de Dados (RTD) via rádio através de *chat* entre os sistemas de combate visando a troca de informações sobre o posicionamento em latitude e longitude de cada navio participante da comissão para o navio Capitânea – navio onde viaja o Comandante do Grupo Tarefa – meios da Esquadra envolvidos no exercício, de forma a apresentar uma compilação do quadro tático com as posições dos navios e;
- Animação de todo o exercício com visualização em tempo real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ALB85] ALBUQUERQUE, L., *Os Descobrimentos Portugueses*, Publicações Alfa, Lisboa, 1985.
- [PER89] PÉREZ, D. R., “*Colombo e os seus descobrimentos*”, in Luís de Albuquerque [dir], *Portugal no Mundo – séculos XII-XV*, Publicações Alfa, Lisboa, 1989.
- [COR94] CORRIGAN, J. *Computação Gráfica, Segredos e Soluções*, Editora Ciência Moderna, Rio de Janeiro, 1994.
- [BAR95] BARROS, G.L.M. *Navegando com a Eletrônica*, Editora Catau, Rio de Janeiro, 1995.
- [MIG96] MIGUENS, A.P. *Navegação: A Ciência e a Arte*, DHN, Rio de Janeiro, 1996.
- [MAG98] MAGALHÃES, W.G.; FREITAS, A.L.B.; SILVA, I.F.T., *Noções Básicas de Cartografia*, Fundação IBGE, Rio de Janeiro, 1998.
- [WAR99] WARMERDAM, F., *NOAA/MAPTECH BSB*. Disponível em: <<http://home.gdal.org/projects/>>
Acesso em: 10 mai. 2005.
- [PIZ00] PIZZOLATO, D., Bitmap & Palette articles, *Drawing transparent bitmaps using Cximage*. Disponível em:
Disponível em:
<<http://www.codeproject.com/bitmap/cximage.asp>> Acesso em: 25 ago. 2005.

- [MAP00] MAPTECH. *BSB File Format description*. Technical report. Version 3.0, © Maptech, Inc, 2000.
- [GON00] GONZALEZ, R.e WOODS, R. *Processamento Digital de Imagens*, Edgar Blücher Ltda, São Paulo, 2000.
- [MIG00] MIGUENS, A.P. *Navegação: A Ciência e a Arte*, DHN, Vol. 2 e 3, Rio de Janeiro. Disponível em: <www.dhn.mar.mil.br> . Acesso em: 11 mar. 2005.
- [OUC00] OUCINDE, A., *Software de Navegación*, 2000. Disponível em : <<http://www.justmagic.com/RasterChart2BSB.html>> Acesso em: 16 mar. 2006.
- [LIB00] LIBBSB, *read/write/convert BSB images*, Projects Graphics, GIS. Disponível em : <<http://sourceforge.net/projects/libbsb> > Acesso em: 18 jun. 2005.
- [GDA02] GDAL, *GDAL - Geospatial Data Abstraction Library*, 2002. Disponível em: < <http://www.gdal.org/index.html> > Acesso em: 8 out.2005.
- [SPR02] SPRING-DPI, *Tutorial de Geoprocessamento*, Instituto de Pesquisas Espaciais, 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/estrutura.html>> Acesso em: 4 abr. 2006.
- [HIN02] HINDRYCKX, D.F., *La carta de navegación electrónica*, Capítulo V, 2002. Disponível em: < http://www.hidro.gov.ar/Articulos/ENC_SOLAS.ASP> Acesso em: 21 jan. 2006.

- [AZE03] AZEVEDO, E. e CONCI, A. *Computação Gráfica: Teoria e Prática*, Campus, Rio de Janeiro, 2003.
- [TRA03] TRAINA, A.J.M. e OLIVEIRA, M.C.F., *Apostila de Computação Gráfica*, ICMC-USP, 2003.
- [BEV03] BEVIS, J., *GPS Nav*, 2003. Disponível em:
< <http://famille.lebleu.free.fr/gpsnav/gpsnav.html> > Acesso em: 10 set. 2005.
- [MAR03] Marinha do Brasil, *Amazônia Azul*, 2003. Disponível em:
<https://www.mar.mil.br/menu_v/amazonia_azul/amazonia_azul.htm> Acesso em: 12 mar. 2006.
- [PED05] PEDRO NUNES, MERCATOR E ESCHER, *A linha de rumo – Loxodromia*.
Disponível em:
<<http://www.instituto-camoes.pt/cvc/ciencia/e6.html>> .
Acesso em: 4 abr. 2005.
- [MAP05] **Maptech Support**, Technical Report.
BSB 4.0, BSB5.0, Encryption, and using Maptech charts with non-Maptech applications, 2005. Disponível em:
<<http://www.maptech.com/support/techdocs.cfm?plid=50&CFID=16567726&CFTOKEN=39760184>> Acesso em: 9 abr. 2005.
- [MOT] MOTA, Avelino Teixeira da, “*Cartografia e cartógrafos portugueses*”, in Joel Serrão [dir.], *Dicionário de História de Portugal*, Porto, Livraria Ferreirinhas, [s.d.].