

ESTUDO E PROPOSTA DE UM NAVIO DE ESCOLTA PARA A MARINHA DO BRASIL

RENE VOGT*
Engenheiro

SUMÁRIO

Introdução
Conceitos operacionais e de projeto
Missões e requisitos
Comparação com outros meios navais
Dimensões e pesos da F-6000M
Qualidades náuticas
Propulsão
Construção, manutenção, nacionalização, custos
Armamento
Eletrônica
Conclusão
Anexo: Desenho da F-6000M

INTRODUÇÃO

Diante da realidade da situação presente dos navios de combate e escolta da Marinha do Brasil, urge tomarem-se providências no curto prazo para a substituição

dos meios atuais. Fizemos um estudo comparativo baseado nessa realidade, sobre os possíveis navios a serem considerados.

Levando-se em conta a posição geográfica do Brasil, com sua extensa costa conveixa projetando-se para dentro do Atlântico,

* Segundo-Tenente (RM2), engenheiro civil (PUC-Rio/1975), empresário e membro da Sociedade de Amigos da Marinha de São Paulo (Soamar-SP).

abrangendo tanto o Atlântico Norte como o Atlântico Sul, os navios devem ser plenamente capazes de operar em alto-mar nas condições mais adversas das altas latitudes, considerando-se, principalmente, suas qualidades náuticas e sustentabilidade. O Brasil não possui mares confinados, donde dimensões maiores dos meios se impõem e são cruciais para sua eficiência operacional.

Segundo o atual Plano de Articulação e Equipamento da Marinha do Brasil (Paemb), o foco concentra-se no projeto de um novo navio de escolta e combate com deslocamento padrão menor que 6.000 toneladas métricas. Um dos principais requisitos do novo projeto é o emprego de tecnologia moderna e consagrada, baseada em meios existentes e operacionais, com mínimo risco de investimento, iniciando com o projeto de concepção nacional e culminando com a construção no Brasil, com plena transferência de tecnologia, a partir de um modelo escolhido.

Seguindo esta linha e por opção exclusiva do autor, o estudo do novo escolta ora denominado hipoteticamente de F-6000M, após exaustiva pesquisa e várias revisões, sugere como modelo e referência a fragata da classe F-124 *Sachsen*, da Marinha da Alemanha, não somente pelo sucesso de um projeto inovador e tamanho semelhante àquele proposto para a F-6000M, mas também pelos anos de experiência acumulada na operação desses meios e das novas tecnologias surgidas no período, que certamente deveriam ser incorporadas para reduzir o risco do projeto e construir um navio ainda mais moderno. Para dar maior realismo e credibilidade ao presente estudo, o autor citará marcas e modelos de armamentos e equipamentos em geral cujos dados

se encontram disponíveis na literatura ostensiva. O autor afirma que não tem quaisquer relações comerciais com nenhum fabricante ou estaleiro, e as citações são de escolha a seu critério, refletindo apenas opiniões pessoais baseadas em pesquisa livre.

Em abril de 2009, tivemos a oportunidade de conhecer a Fragata *Sachsen* em Salvador, Bahia, por ocasião da visita da Força-Tarefa 501.01. Nessa oportunidade, pudemos avaliar a F-124 em detalhes, além de ouvir as explicações dos oficiais alemães, muito cordiais e cooperativos com os oficiais e engenheiros da Marinha do Brasil. Estendendo-nos, agradecemos igualmente à incansável colaboração do professor Eduardo Ítalo Pesce por

suas sugestões, discussões e leitura crítica do texto.

CONCEITOS OPERACIONAIS E DE PROJETO

Contrastando com o crescente espectro de missões sob condi-

ções de contorno cada vez mais desafiadoras, os orçamentos de defesa, na maioria dos países, estão competindo com outras prioridades, encolhendo ou sendo mesmo congelados. Portanto, a maioria das frota futuras demandará navios extremamente capazes e versáteis, a custos relativamente baixos, cobrindo uma gama maior de missões, outrora assumidas por navios dedicados. Essa nova geração de belonaves é caracterizada por aptidões-chave, destacando-se as seguintes:

- a) capacidade multimissão e reconfigurabilidade operacional;
- b) maior capacidade de sobrevivência;
- c) grande mobilidade, autonomia e sustentabilidade; e
- d) custo de ciclo de vida reduzido.

O Brasil não possui mares confinados, donde dimensões maiores dos meios se impõem e são cruciais para sua eficiência operacional

Particularmente os módulos de sensores e armamentos são as chaves da habilitação das características multimissão e reconfigurabilidade do navio. Além da modularização, aptidões significativas podem ser adicionadas com helicópteros, drones, botes especiais, AUVs (Autonomous Underwater Vehicle) de guerra de minas, etc. Aptidões típicas adicionais seriam as operações de interceptação e abordagem, vigilância e coleta de inteligência ou missões de contraminagem.

O nível de modularização imediatamente acima da entidade singular (navio) é a força-tarefa composta de vários navios, que tem a capacidade de atuar como uma entidade localmente distribuída e com missão específica. Conceitos de habilitação e tecnologia da informação estão evoluindo para o NCW (Network Centric Warfare) e CEC (Cooperative Engagement Capability), no contexto de operações combinadas.

Os requisitos de um moderno meio naval de combate baseiam-se em três pilares de igual importância: **Autonomia, Mobilidade e Sobrevivência**, que determinam a capacidade do navio de guerra de alcançar suas áreas operacionais distantes de forma rápida e eficiente, assim como sua permanência no setor operativo. Descreveremos cada uma delas a seguir:

– **Autonomia** – Além da sua capacidade de armazenar víveres, água, munição e combustíveis, o nível e a frequência de manutenção exigidos pelos diversos sistemas do navio e a estrutura da administração de logística e de apoio têm papel fundamental e influenciam a disponibilidade. Além disso, os regulamentos da Organização Marítima Internacional (IMO) impõem instalações de produção de água potável e tratamento de efluentes e

resíduos sólidos sem, no entanto, prejudicar a autonomia e a sustentabilidade do navio.

– **Mobilidade** – Primordialmente determinada pela geometria do casco em combinação com seu sistema de propulsão, sendo subdividida como segue: mobilidade física, capacidade do meio de se mover mais rapidamente em relação a uma força hostil – mobilidade é um dos principais pré-requisitos para o sucesso em combate. Mobilidade física afeta diretamente a capacidade de deslocamento do navio/força-tarefa; mobilidade tática, refere-se à capacidade do meio de navegar com sua velocidade máxima, sendo este um requisito fundamental; mobilidade operacional refere-

Os requisitos de um moderno meio naval de combate baseiam-se em três pilares de igual importância: Autonomia, Mobilidade e Sobrevivência

se ao deslocamento, engajamento e red deslocamento de uma força num teatro de operações de maior abrangência; mobilidade estratégica refere-se à capacidade de deslocamento mais rápida do que o inimigo de uma parte significati-

va de suas forças de um teatro de operações para outro; mobilidade operacional e estratégica sendo altamente dependentes da máxima velocidade sustentada, exigindo boa autonomia e alcance.

O requisito **Sobrevivência** pode ser dividido em três aspectos principais: vulnerabilidade, susceptibilidade e recuperação.

– **Vulnerabilidade** – Diante da grande variedade de cenários de operações em que o navio pode se encontrar e da multiplicidade de ameaças, os tempos de reação podem não ser suficientes para evitar um impacto. Portanto, o projeto do navio deve prever a redução dos efeitos primários e secundários de um impacto de qualquer natureza e manter sua integridade operacional. Estas medidas são basicamente:

a) concentração de equipamentos de uma mesma cadeia funcional e não redundantes dentro do menor volume possível e devidamente protegidos;

b) redundância das funções vitais;

c) separação dos equipamentos redundantes; e

d) previsão de climatização interna com uma sobrepressão atmosférica para impedir a entrada de ar com contaminantes NBC (Nuclear, Biological, Chemical).

– Susceptibilidade – Vem a ser a habilidade de ocultação ou neutralização de ameaças, expressa matematicamente como a probabilidade de não ser detectado ou atingido e retaliar. Tenta-se melhorar ou otimizar estas habilidades com os seguintes requisitos: Projeto Stealth, que contempla a geometria angular do casco e da superestrutura do navio, bem como o emprego de materiais absorventes de radiações eletromagnéticas para a redução da RCS (Radar Cross Section); Assinatura RF, a escolha do tipo, arranjo e modo de operação dos equipamentos emissores de RF para melhorar a compatibilidade eletromagnética; Assinatura Magnética, os cascos de aço deformam o campo magnético estático da Terra, criando uma assinatura magnética – a redução deste efeito é obtida mediante bobinas de *degaussing*; Assinatura IR – especial cuidado com a temperatura da exaustão das turbinas e motores diesel, além da refletividade térmica da superfície do navio exposta ao tempo; Assinatura Acústica – especial cuidado com a montagem em base elástica de todos os equipamentos que produzem ou são sensíveis às vibrações, enclausuramento da turbina e motores para diminuir a reverberação do som produzido; Hard Kill – armamento para engajamento direto das ameaças, compreendendo artilharia, mísseis, torpedos e helicópteros; Soft Kill – sistemas de vigilância passiva (ESM – Electronic Support Measures), contramedidas eletrônicas (ECM

– Electronic Counter Measures), despistadores (*decoys*) tipo *chaff*, IR, RF e ASW; Alarme Antecipado – a missão AEW (Airborne Early Warning) é desempenhada por aeronave dedicada do navio-aeródromo, pelos helicópteros e pelos *drones* de asa rotativa embarcados nos escoltas. Fazem parte deste escopo os radares, ESM, ECM e sonares e sonoboias lançadas dos helicópteros, sistema de comunicação integrado e seguro para transmissão de voz, imagem e dados via satélite e demais frequências, capacidade CEC (Cooperative Engagement Capability) e NCW (Network Centric Warfare).

– Recuperação – Flutuabilidade, controle de avarias e minimização dos efeitos dos danos sofridos por um impacto ou ataque, e o tempo para retornar à condição operacional, o que depende diretamente dos requisitos vulnerabilidade e suscetibilidade.

MISSÕES E REQUISITOS

Com uma plataforma comum, flexível e multifuncional, qual critério deverá ser usado na distribuição das missões e respectivo número de meios AAW (Anti Air Warfare), ASW (Anti Submarine Warfare) e SW (Surface Warfare)? Além do navio em si, uma série de armas, sensores e sistemas serão comuns a todas as fragatas. A diferença fundamental será o nível de sofisticação dos sistemas dedicados em cada um dos três tipos de missão aqui mencionados.

Fragatas/destróieres AAW são usualmente os maiores e mais capazes dentre os meios de superfície. Levam uma combinação de mísseis de médio e longo alcance, radar 3-D de busca e vigilância e um MFR (Multi Function Radar), com alta capacidade para lidar com um ambiente tático complexo e de rápida evolução, tipicamente associado à missão AAW. Estes meios já satisfazem inerentemente aos requisitos das demais missões.

Para ser um meio eficaz em missões ASW, além dos itens comuns a todas as classes, como sonar de casco, tubos lança-torpedos, sistema de defesa contra torpedos e helicópteros com *dipping* sonar, é necessário acrescentar um sonar rebocado e dois helicópteros para missões ASW. Os cuidados com a assinatura acústica, que nesse caso são críticos, já são previstos em todos os escoltas de qualquer forma.

Finalmente, a versão SW, ou de emprego geral, teria como missão principal a escolta de navios e o apoio de forças anfíbias, com ênfase nos mísseis de cruzeiro ou SSM (surface to surface missile), com capacidade de atuar contra alvos em terra em ambientes complexos como os litorais, além de artilharia de grosso calibre. Adicionalmente, missões como apoio a mergulhadores e forças especiais, coleta de inteligência, contraminagem, missões de evacuação, abordagem e polícia, interdição e estabilização.

Entretanto, verificamos que mesmo os escoltas especializadas em missões ASW e SW necessitam de uma capacidade mínima de defesa AAW em geral, e também todas as classes necessitam de um nível mínimo de proteção contra submarinos e torpedos.

Assim sendo, sugerimos que, obtendo um número relativamente modesto de navi-

os, a MB precisaria preparar suas fragatas para o maior número de missões possível, sendo poucos os itens não comuns. Mas a construção modular, flexibilidade inerente e arquitetura aberta dos sistemas permitem mudanças rápidas de configurações de missões, retirando ou acrescentando itens especiais e dedicados.

COMPARAÇÃO COM OUTROS MEIOS NAVAIS

Como reza a boa prática da engenharia, antes de elaborar um novo projeto deve-se pesquisar o que já existe e que possa servir de exemplo, aproveitando-o em benefício próprio. Assim sendo, elaboramos abaixo uma tabela comparativa dos meios navais de superfície de escolta e combate mais recentes.

DIMENSÕES E PESOS DA F-6000M

A seguir, as características principais da F-6000M elaboradas neste estudo:

- Comprimento total: 152,0 m
- Comprimento WL: 141,0 m
- Boca na linha-d'água: 17,4 m
- Boca máxima: 19,4 m
- Relação L / B: 8,1
- Calado da quilha: 5,7 m

TABELA Nº 1 : COMPARAÇÃO DE FRAGATAS MODERNAS ATUAIS

DADOS TÍPICOS	F-6000M BRASIL	F-124 (D) Sachsen	I. Huittfeldt (DK)	F-100 (E) A. Bazán	Fremnm (F) + (I)	Horizon (F) + (I)	T-45 (UK) Daring	DDG-79 (USA)
Compr LO (m)	152,0	143,0	138,7	146,7	137,0	153,0	152,4	155,3
Compr WL (m)	141,0	132,2	n. d.	133,2	n. d.	141,7	143,5	143,6
Boca WL (m)	17,4	16,7	19,7	18,6	19,0	20,0	18,0	18,0
CaladoMax (m)	5,7	5,0	5,3	4,9	5,0	5,1	5,7	6,4
Desloc Max (t)	6.712	5.600	6.645	5.800	5.500	6.700	7.350	9.300
VelocMax(nós)	30 +	29	28	29	27	29	29	32
Autonomia	7.290/18 7.650/15	4.000 / 18	9.000 / 15	4.500 / 18	6.000 / 15	7.000 / 18	7.000 / 18	8.150 / 20
Propuls. (MW)	CODAG 53,0	CODAG 38,3	CODAG 32	CODAG 47,6	IEP : 44	CODOG 52,0	IEP 44,4	COGAG 78,8
Tripulação	200 + 30	230+13	100 + 65	202+48	145	182+48	190+45	380
Artil. Princ.	1x127/64	1 x 76 SR	2 x 76 mm	1x127 / 54	1 x 76 SR	1 x 76 SR	1 x 114	1 x 127 / 62
Artil. Sec.	2 x 57 Mk3	2 x MLG27	1 x 35 mm	2x 20 CIWS	2 x 25 KBA	2 x 25 KBA	2x 20 CIWS	2x 20 CIWS
AAeW	ESSM SM-2IIIB	ESSM SM-2 IIIB	ESSM SM-2 IIIB	ESSM SM-2 IIIB	ASTER	ASTER	ASTER	ESSM SM-2 III/IV
ASuW	MM40 III	HARPOON	HARPOON	HARPOON	MM-40 III	MM-40 III	HARPOON	HARPOON
ASW	LWT	MU-90	MU-90	Mk 46	MU-90	MU-90	STINGRAY	Mk 46
He	2xS-70B	1xNH-90	1 x EH-101	1xSH60B	1xNH-90	1xNH-90	LYX300	2 x SH60B

Calado máx. – Domo Sonar: 7,6 m
 Coeficiente de bloco: 0,48
 Deslocamento máx.: 6.712 t, inclusive reservas = 300 t
 DWT: 1.473 t
 Deslocamento padrão: 5.892 t < 6.000 t
 Peso leve: 4.939 t
 Peso leve + Reservas (300 t): 5.239 t
 Propulsão: 53,0 MW
 Densidade de potência: 7,9 kW/t
 Geração elétrica: 8,0 MW
 Veloc. máx.: 30+ nós
 Autonomia: 7.290 milhas náuticas / 18 nós
 Tripulação: 200 + 30 (autonomia mantimentos = 40 dias)

DETALHES DA DWT :

- a) Mix de mísseis: 76 t
- b) Munição, torpedos e *decoys*: 89 t
- c) 2 x S-70B + *drone*: 16 t
- d) Pessoal + pertences: 46 t
- e) Mantimentos (40 dias): 70 t
- f) Líquidos, total: 1.100 t
 - 1) Diesel Naval: 820 t
 - 2) JP-5: 85 t
 - 3) Lubrificantes: 17 t
 - 4) Água: 60 t
 - 5) Tratamento de efluentes: 118 t

QUALIDADES NÁUTICAS

Propostas as dimensões gerais da F-6000M, procuramos mais argumentos para jus-

tificar o dimensionamento sugerido acima. Como consenso, a forma e o tamanho do casco de um navio de guerra têm influência decisiva no seu poderio militar. Esses fatores influenciam não somente a capacidade operativa das tripulações e sistemas de armas, mas, principalmente, na escolha desses sistemas.

Mencionaremos um estudo realizado pelo Naval Sea Systems Command (Navsea)* em 1988. Foram comparados dois modelos novos: uma fragata (tipo 1) dimensionada e otimizada segundo o critério de sua carga útil (DWT) para um perfil de operações bem definido; outra (tipo 2) definida segundo o critério de otimização de suas qualidades náuticas com longa linha-d'água e DWT aproximadamente igual à primeira; um terceiro similar à época ao projeto da classe DDG-51 *Arleigh Burke*; e a classe FFG-7 modificada com o emprego de estabilizadores ativos. Os estudos do Navsea foram baseados nos seguintes parâmetros: ondas com altura média de 5 metros e períodos de nove segundos, e os dados equivalem ao estado de mar 6 com vento de força 7 na escala Beaufort, sendo que os diferentes tipos de meios estudados deveriam carregar o mesmo equipamento de armas e sistemas e uma propulsão equivalente.

O Navsea elaborou uma série de critérios de qualidades náuticas para comparar os diversos tipos estudados. Esses critérios devem ser considerados como valores limi-

TABELA Nº 2 : RELAÇÃO DOS TIPOS ESTUDADOS

	FRAGATA TIPO 1	FRAGATA TIPO 2	FFG-7 MODIFICADA	DDG-51 ¹ (similar)
Compr. Total (m)	138,7	144,2	135,6	161,7
Compr. PP (m)	128,0	133,5	n.d.	n.d.
Boca (m)	14,9	15,4	13,7	17,7
Calado (m)	5,8	5,6	7,5	5,7
Desloc. Standard (t)	4.405	4.665	2.795	n.d.
Desloc. Carregado (t)	5.460	5.780	3.642	7.975
Volume Int. (m ³)	17.664	18.479	n.d.	n.d.
Potência (MW)	35,6	40,0	29,4	75,0

* N.R.: O Navsea é o maior dos cinco comandos da Marinha dos Estados Unidos. O órgão constrói, compra e mantém navios e sistemas de combate da US Navy. (Fonte: www.navsea.navy.mil)

TABELA Nº 3 : CRITÉRIOS DO NAVSEA PARA QUALIDADES NÁUTICAS

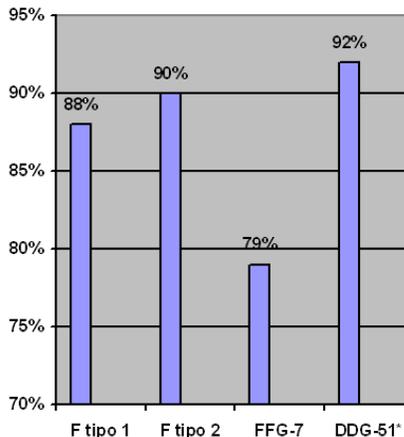
MOVIMENTOS	GAMA	OPERAÇÃO COM HELICÓPTERO	OPERAÇÃO COM SONAR DE PROA	OPERAÇÃO SW	OPERAÇÃO AAW
Jogo (Roll)	8°	8° 12° (1)	8°	8°	8° 13° (2)
Caturo (Pitch)	3°	3°	3°	3° 8° (3)	3° 13° (4)
Aceleração vertical do passadigo (g)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Aceleração lateral do passadigo (g)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vel. Vertical (m/s)	n. d.	2.0	n. d.	n. d.	n. d.

- (1) Amplitude do jogo, ângulo de inclinação a partir da vertical
- (2) Valor limite para pouso do helicóptero e uso do RAST (Recovery Assist, Secure and Traverse)
- (3) Valor limite para emprego da artilharia
- (4) Valor limite para o emprego dos radares

tes para os movimentos do navio que, se ultrapassados, causarão restrições inaceitáveis ao bom desempenho dos seus tripulantes ou sistemas. Levando-se em conta ampla base de dados de observações e medições do espectro das ondas no Atlântico Norte, pode-se prever a disponibilidade percentual da fragata numa determinada área e época do ano, entendendo-se como disponibilidade o número de horas de plena capacidade operacional dentro de um período de permanência no setor operativo.

O gráfico ao lado compara o resultado dos testes efetuados pelo Navsea quanto à disponibilidade (%) dos diversos meios estudados para uma gama de velocidades entre 5 nós e 25 nós, com uma velocidade média de 20 nós.

Comparando as dimensões da F-6000M com as das fragatas Tipo-2 e DDG-51 acima, podemos inferir que, nas condições invernais do Atlântico Norte, a F-6000M apresentaria, com grande probabilidade, uma disponibilidade maior que 90%, argumento reforçado em função do emprego de recursos como bulbo de proa, estabilizadores ativos e bolinas. O foco central dos estudos do Navsea era o de achar o “compromisso ótimo” entre “custo de aquisição mínimo” e a “máxima qualidade náutica”. Na busca pela melhor relação custo x benefício, devemos ter em mente que a redução do tamanho de



uma fragata fica limitada ao quesito “volume interno” mínimo necessário para abrigar o armamento e a propulsão especificados, lembrando, ainda, que quanto menor o navio piores ou mais limitadas serão suas qualidades náuticas.

PROPULSÃO

O sistema de propulsão Codag (Combination Diesel And Gas) proposto para a F-6000M é derivado do sistema de propulsão adotado na F-124. O trem de redução fabricado pela Renk combina seu acionamento com uma turbina a gás e dois motores diesel, movendo dois hélices. O autor optou pelos seguintes equipamentos em função da pesquisa e informações:

1 turbina MTU – GELM 2500+G4 : 35,0 MW, 2 motores MTU 20V 8000 M90 : 2 x 9,0 MW, resultando numa densidade de potência máxima a plena carga = 7,90 kW/T, comparando com outros três modelos de navios: *Fremm* = 7,1 / *Sachsen* = 6,84 / *A.Burke* = 8,38.

Na planta de propulsão Codag da classe F-124 (e proposta para a F-6000M), ambos os hélices de passo variável são acionados por uma turbina a gás e dois motores diesel. Este conceito de propulsão permite um máximo de flexibilidade na utilização do navio e otimização de custos. Os dois motores diesel ficam localizados entre os eixos dos hélices a ré do trem redutor e a turbina a vante do mesmo.

O conjunto-redutor é dividido em dois redutores principais e um redutor de interconexão transversal dos eixos, dispondo de três tipos de embreagens para a “entrada” dos motores diesel e turbina a gás, interconexões e absorção de desalinhamentos. Este arranjo permite acionar ambos os eixos simultaneamente com apenas um dos três elementos propulsores ou uma combinação destes, ou mesmo apenas um dos eixos. Utilizou-se pela primeira vez o sistema PLC (Power Logistic Control) para gerenciar e efetuar as mudanças de marchas.

A redução de custo com o emprego de redutores Codag se explica pelo requisito adotado: velocidade de cruzeiro de 18 nós correspondendo a 67% da velocidade máxima do navio, definiu a potência de operação deste modo com apenas um motor diesel. Este regime cobre cerca de 80% dos dias de mar.

Comparado à propulsão com dois motores diesel, o motor individual fica sujeito ao dobro da demanda de trabalho e, portanto, mais econômica e eficiente. Se tomarmos por base 2.500 horas de operação por ano, cada motor diesel trabalhará cerca de 1.500 horas/ano, o que resulta em apenas 45 mil ho-

ras para um período de 30 anos. Isto é menos do que o intervalo TBO (Time Between Overhauls) do motor. Uma reforma básica a bordo ou mesmo uma custosa e demorada reforma com desmontagem dos mesmos não é mais necessária durante a vida útil do navio. Além da economia, importante é a maior disponibilidade do navio.

Basicamente podemos definir quatro modos de operação e suas faixas de velocidade:

Modo 1: 1 Diesel: 9,0 MW, V. Max = 18 nós

Modo 2: 2 Diesel: 18,0 MW, V. Max = 23+ nós

Modo 3: 1 Turbina: 35,0 MW, V. Max = 28 nós

Modo 4: 1 Turbina + 2 Diesel: 53,0 MW, V. Max = 30+ nós

Desta combinação resultam os seguintes cálculos teóricos de consumo e autonomia, sem levar em conta as correntes nem o vento, navio com casco limpo, sempre acionando os dois hélices CPP (Controllable Pitch Propeller) simultaneamente. Abaixo calculamos apenas a autonomia para a velocidade de cruzeiro de 18 nós: a 1 motor diesel acionando os dois hélices, consumo de combustível e autonomia:

$8.000 \text{ kW} \times 0,190 \text{ kg/kWh} \times 1,10 = 1.672 \text{ kg/hora}$ (propulsão)

$1.600 \text{ kW} \times 0,200 \text{ kg/kWh} \times 1,10 = 352 \text{ kg/hora}$ (geração elétrica)

$820.000 \text{ kg} / 2.024 \text{ kg/hora} = 405 \text{ horas}$ x 18 nós = 7.292 m.n. (milhas náuticas), cerca de 17 dias de mar, autonomia teórica sem vento, correnteza e casco limpo. Em condições favoráveis, os cálculos feitos admitem uma velocidade de 20 nós com apenas um diesel em regime de potência máxima de 9,0 MW. Se considerarmos um regime de patrulha, a autonomia nas mesmas condições pode chegar a 24 dias de mar ou 7.040 m.n. a 12 nós e 21 dias de mar ou 7.658 m.n. a 15 nós. Como temos uma reserva de projeto de 300 t, admitindo-se ser possível

disponibilizar dentro do casco adicionalmente 250 m³ de tanques, pode-se “roubar no jogo” e abastecer a fragata com 1.100 t de diesel naval, enquanto as reservas estiverem disponíveis, donde os valores das autonomias acima aumentariam em 34%.

Baseados na geração elétrica dos meios similares – *A. Burke* = 7,5 MW, *Sachsen* = 4,4 MW – para a F-6000M adotamos: 4 x MTU 16V 4000 G81 = 4 x 2,19 MW = 8,76 MW, trabalhando com três grupos e com o quarto de reserva. A distribuição adequada dos grupos-geradores e rede elétrica deve ser feita de forma a diminuir os riscos de pane e garantir o abastecimento no caso de avarias.

Para a navegação e estabilidade, o navio é provido de dois lemes dispostos no eixo longitudinal dos hélices. Pode-se optar pelo sistema *rudder roll stabilizer*, em vez de um par de estabilizadores ativos. Completando os apêndices do casco, a fragata seria provida de bolinas para melhorar a estabilidade.

No caso de uma emergência, a F-6000M seria capaz de rebocar um meio de seu porte. Sem efetuar cálculos, podemos inferir que, para uma velocidade de reboque máxima igual a 8 nós, ajustando convenientemente o passo dos hélices e funcionando com dois diesel em redução máxima, não haveria problemas em atender a este requisito.

CONSTRUÇÃO, MANUTENÇÃO, NACIONALIZAÇÃO, CUSTOS

Baseado na escolha do autor em sugerir como ponto de partida a fragata F-124, o princípio de construção é o consagrado *Meko*, da TKMS. Este método construtivo modular aumenta em muito a capacidade de sobrevivência do navio, devido à estanqueidade do casco em caso de avarias. Influencia, também, na diminuição do peso e no custo das instalações elétricas,

rede de incêndio, ventilação, apenas para citar alguns exemplos. Os principais elementos do navio, como sensores e armamento, também constituem módulos autônomos.

A construção em blocos ou módulos reduz o tempo necessário para a obtenção dos navios e, fabricados em série, os custos tendem a diminuir. As compras e aquisições de equipamentos podem ser programadas, distribuindo melhor o dispêndio financeiro ao longo do tempo de construção. A manutenção, futuras modernizações e a logística são mais ágeis, menos custosas e, portanto, favorecem a disponibilidade do meio.

O presente estudo sugere a adoção de algumas técnicas inovadoras, como o delta *hull*, da TKMS, em que a boca aumenta em direção à popa. O projeto de um bulbo de proa visa à melhora da estabilidade, redução da resistência e consumo de combustível. O conforto das tripulações é um item prioritário, com acomodações modernas. Produção de água potável, tratamento de efluentes e resíduos sólidos e proteção NBC (Nuclear, Biological, Chemical) são mandatórios.

O controle da plataforma é feito pelo IMCS (Integrated Management Control System), sistema Siconta. A propulsão, geração elétrica, máquinas auxiliares, o CAV (Controle de Avarias), lastro, estabilidade, fluotabilidade, controle de líquidos etc. são gerenciados a partir de consoles multifuncionais. Devido à arquitetura aberta da rede de comunicações a bordo, numa emergência é possível efetuar este controle com um *notebook* conectado a qualquer tomada da rede de comunicações do navio, como veremos mais adiante. As funções do IMCS também podem ser controladas a partir da ponte integrada. Este sistema permite ao oficial-intendente controlar os estoques e as operações logísticas relativas a mantimentos, combustíveis, água, munições e outros itens em tempo real.

A nacionalização é hoje um critério adotado pelas Forças Armadas como cláusula pétrea. Não é mais possível se acomodar com o papel de “cliente passivo” escravizado pela ocultação de aptidões-chave do equipamento que se opera. A compra de material ou um projeto implica a transferência de tecnologia e construção dos meios no Brasil. Melhor seria dizer “absorção de tecnologia” com participação ativa de nossos engenheiros e oficiais do setor operativo no novo projeto da F-6000M derivado da F-124, como sugerido pelo autor. Pode-se admitir a construção de um navio líder de classe no estaleiro estrangeiro a título de redução de risco, mas com contrapartidas comerciais de *off-set*. O Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) e outros estaleiros que venham a ser aquinhoados com a construção de módulos precisam ser modernizados e suprir a carência de mão de obra especializada.

No presente momento, o Paemb prevê a instalação dos seguintes equipamentos nacionalizados: tubos lança-torpedos, MSS (míssil superfície-superfície), SLDM (Sistema de Lançamento de Despistadores Magnéticos), Mage Defensor, CME-2 (Contramedidas eletrônicas), Siconta (Sistema de Combate) e alças ópticas. A Associação Brasileira da Indústria de Material de Defesa (Abimde) em São Paulo está fazendo um trabalho contínuo de cadastrar ou desenvolver as indústrias com competência para fabricar material correlato ou realizar parcerias com firmas estrangeiras interessadas no mercado nacional. Bons exemplos de firmas estrangeiras que já são fornecedoras da MB, antes mesmo deste atual programa exigir a implantação de unidades fabris ou parcerias no Brasil, são a Thales, MTU, Renk, G&E,

Nexans, Siemens, Rolls & Royce e outras. Cumpre citar o exemplo do que já está sendo feito no quesito “transferência de tecnologia”, sob a égide do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (Prosub).

A eficiência de custo de um navio de guerra é determinada pelo seu custo de ciclo de vida. Este representa a soma, em primeiro lugar, do custo operacional e, em segundo, do custo de aquisição. Em terceiro lugar vem o custo de desenvolvimento. O custo operacional pode ser subdividido em custo de manutenção, custo de pessoal e custo logístico operacional (combustível, suprimentos e munição).

No custo operacional, o custo de manutenção representa mais de 50%, sendo 66% desta fração somente por conta da plataforma e sua propulsão. Além disso, requisitos operacionais mudam ao longo de 30 anos, demandando docagens e

reformas para prolongar a vida útil do meio. No projeto devem ser contempladas tecnologias e critérios que reduzam a frequência e a abrangência desses trabalhos.

A manutenção regular é realizada no AMRJ e deverá ser feita com o apoio contratual dos fornecedores de equipamentos. A padronização dos equipamentos reduz custos de logística de sobressalentes e facilita os trabalhos de manutenção e treinamento do pessoal especializado. Os trabalhos a bordo ficam mais em nível emergencial. Parcerias de longo prazo com os fornecedores obrigatoriamente instalados no País e contratos de manutenção cobrindo a vida útil do meio são procedimentos cada vez mais comuns nos dias atuais.

O custo de pessoal representa tipicamente 33% do custo operacional de um escolta e o custo logístico operacional

A nacionalização é hoje um critério adotado pelas Forças Armadas como cláusula pétrea

(combustível, suprimentos, munição) outros 17%. Conclui-se que tripulações reduzidas e altamente especializadas implicam tecnologias de automação e são a tendência para redução de custos.

O custo de aquisição e desenvolvimento deve contemplar a parceria com um estaleiro estrangeiro para desenvolver o projeto e a construção, um óbice inevitável para recuperar o tempo e a competência perdidas devido à ausência de políticas adequadas para a construção naval. Sob essa ótica, o autor propõe, a seu critério exclusivo, como ponto de partida um projeto existente e bem-sucedido, a classe alemã F-124 *Sachsen*, inserindo nele modificações à nossa conveniência e beneficiando-se da experiência adquirida pela Marinha alemã desde 2004, visando à redução de custos e riscos.

No quesito custo de aquisição, construção modular e seriada são fundamentais para redução dos custos. Como exemplo oportuno e atual, citamos o caso do novo escolta classe *Iver Huitfeldt*, da Marinha dinamarquesa. Construídas pelo Odense Steel Shipyard pelo sistema de blocos modulares, distribuíram os trabalhos seriados entre suas subsidiárias, combinados com os demais trabalhos correntes de navios comerciais civis. A construção da classe *Absalon* resultou em prejuízo devido a metas e prazos específicos, mas, com prazos mais longos e melhor produtividade, o preço por unidade custará ao contribuinte dinamarquês 212 milhões de euros, excluídos os sensores e armamentos.

ARMAMENTO

Apesar de toda a tecnologia moderna disponível, a artilharia continua sendo um elemento indispensável no armamento de um navio de guerra. O custo das munições, mesmo considerando as mais sofisticadas, é mui-

to inferior ao dos mísseis. Seu emprego visa ao bombardeio de alvos na costa, engajamento de outros navios, defesa antiaérea e antimíssil, embarcações leves e rápidas e alvos assimétricos. Canhões se caracterizam por uma flexibilidade incomparável. Este é provavelmente o resultado de uma evolução secular e que recentemente ganhou um novo impulso graças ao desenvolvimento de novas munições mais avançadas.

Canhões de grosso calibre, atualmente limitados ao calibre de 127 mm, são a melhor opção para bombardeio de costa. Alvos de superfície nem sempre demandam o gasto de um míssil antinavio, um recurso caro e muitas vezes escasso a bordo.

A guerra nos litorais e ameaças assimétricas demandam uma capacidade de engajar uma larga gama de alvos a curtas e médias distâncias e em condições em que o desempenho de um míssil antinavio seria muito restrito.

Vamos citar duas opções de grosso calibre: BAe Systems 127/62 Mk-45 Mod.4 e o Oto Melara 127/64 LC. A maior cadência do Oto, em alguns casos o triplo do BAe, redundando em maior saturação do alvo. Dispõe da munição autopropulsada e guiada Volcano, mas sua contrapartida americana ERGM (Extended Range Guided Munition) foi descontinuada pela US Navy em 2008, deixando o BAe inferiorizado em relação ao Oto. Para a F-6000M, a opção do autor recai sobre o Oto 127/64LC com paiol para 600 tiros de munição convencional.

Mísseis antinavio são considerados a principal ameaça a um navio de guerra. Em alguns cenários, especialmente nos litorais, distâncias e tempo de alerta reduzidos são sérias limitações para o emprego eficaz de sistemas normalmente poderosos como mísseis antiaéreos. Desta forma, a artilharia naval de médio calibre continua sendo um componente de importância capital na autodefesa de navios de guerra, sendo re-

levantantes na escolha de um canhão multipropósito o alcance efetivo, densidade de fogo, tipos de munições disponíveis e tempo de reação.

Os canhões multipropósito constituem a última opção de engajamento dos mísseis “penetras”, que lograram ultrapassar as outras camadas de defesa (*layered defence*) constituídas pelos mísseis AAW de defesa de ponto e de área. Fazem parte dessas camadas hemisféricas e concêntricas os sistemas eletrônicos e despistadores de *soft kill*. Canhões de defesa AA são perfeitamente adaptados para a interceptação de alvos com tempos de detecção mínimos. Com alcances menores e tempos de reação mais rápidos, a defasagem de tempo entre a detecção do alvo e o engajamento é definitivamente menos crítica. Devemos lembrar que os mísseis antinavio de nova geração são maiores, mais pesados e supersônicos, donde uma distância de engajamento e destruição maior e mais segura é vital.

Resumindo, quanto à vantagem relativa de mísseis ou canhões na defesa antimíssil ou AAW, a resposta não é simples. O desempenho de uma sistema AA baseado em artilharia depende não somente do canhão em si, mas também do tipo de munição e do sistema de direção de tiro. Sistemas de artilharia média de maior alcance, providos de munições inteligentes 3-P e calibres mais pesados, são mais adequados do que canhões de pequeno calibre com alta cadência de fogo. Portanto, a nossa escolha recai sobre 2 Bofors 57 mm Mk-3, cada um com paiol de 2 mil tiros. Devemos ressaltar que a US Navy que introduziu primeiro o conceito CIWS (Close-In Weapon System) com seu Phalanx 20 mm, decidiu introduzir o novo conceito de CIGS (Close-In Gun System) com o canhão BAe 57 mm Mk-110 e munição 3-P.

Para a artilharia de pequeno calibre, contra alvos assimétricos e de superfície, além

de limitada ação antiaérea, teríamos como opções os BAe Systems Mk-38 Mod.2 25 mm, Rheinmetall MLG-27 27 mm e o Oto Melara Marlin-30 30 mm, todos com alças optrônicas e reparo estabilizado. Finalizando, várias estações ao redor do navio para montar canhões automáticos GAU-17/A cal. 7,62 mm, guarnecidos manualmente, para a autodefesa de curto alcance, utilizáveis também nos helicópteros.

A escolha dos mísseis é atribuição do Estado-Maior da Armada (EMA) e deve levar em consideração também a escolha dos tipos de sensores e sistema de combate, notadamente no caso dos mísseis anti-aéreos. Esta escolha certamente tem uma componente político-estratégica importante. Primeiramente devemos relacionar os tipos de mísseis em função de seu emprego: AAW, PDMS (Point Defence Missile System) antimíssil, superfície SSM (Ship-to-Ship Missile), SLAM (Ship-to-Land Attack Missile) e ALSM (Aircraft Launched Ship Missile), além dos ASW que carregam um LWT (Light Weight Torpedo). No caso da F-6000M, a multifuncionalidade do meio prevê a instalação de vários tipos de lançadores, portanto o emprego de vários tipos de mísseis, sendo o navio rapidamente reconfigurado em função de suas missões, melhorando a disponibilidade.

Para a defesa AAW de área estendida, citaremos apenas os modelos RIM-67 SM-2 Block IV ER raio de ação entre 185 km a 370 km, RIM-161 SM-3 Block I, este destinado ao programa BMD (Ballistic Missile Defence), ambos de disponibilidade super-restrita.

No grupo defesa AAW de área, os modelos RIM-66 SM-2 Block III/IIIA/IIIB de guiagem semiativa e com raios de ação até 90 m.n. Neste grupo incluímos o míssil Aster-30 com raio de ação, maior que 100 km, do tipo *fire and forget*. Todos esses mísseis têm uma velocidade da ordem de Mach-4 e altitudes de interceptação maior que 20 km. Os meno-

res são o Aster-15 com raio de ação maior que 30 km, e o RIM-162 ESSM (Evolved Sea Sparrow Missile). Detalhe digno de nota é o *canister quad-pack*, que permite acomodar quatro ESSM numa mesma célula do lançador Mk-41. Há um novo míssil em desenvolvimento, o Barak-2, mas o autor não achou dados detalhados disponíveis. No stand da IAI na LAAD 2011, o autor obteve de um engenheiro israelense a informação de que o Barak-2 é aproximadamente equivalente ao SM-2 e com guiagem por piloto automático (up-link) e aquisição final do alvo por guiagem RF. O interlocutor deixou transparecer uma vontade política de transferência de tecnologia maior do que os americanos ou franceses.

No terceiro grupo para a defesa de ponto, os modelos sugeridos seriam o Umkhonto, Mica-VL e RAM Block II. Todos são do tipo *fire and forget*. Existem ainda o Sea Wolf, com vida útil limitada, e o Barak-1, que têm como desvantagem a necessidade de uma diretora dedicada por serem de guiagem CLOS (Command to Line of Sight), o que não diminui suas qualidades. O Umkhonto e o Mica-VL são de lançamento vertical, e o RAM possui lançador dedicado.

Para a guerra de superfície, seja na modalidade antinavio ou ataque a alvos em terra, os mísseis são uma solução mais cara do que um canhão de grosso calibre, porém mais precisos e com poder de destruição pontual maior. Os lançadores podem ser dedicados, ou alguns modelos podem ser lançados verticalmente. A MB emprega o Exocet, mas está em desenvolvimento um MSS nacional, cujos detalhes o autor desconhece.

A versão SM-2 LASM (Land Attack Standard Missile) pode ser acomodada aos pares num *canister dual pack* por célula do lançador Mk-41. Demais opções incluem o Exocet MM40 Block III, Boeing Harpoon AGM84, incluindo a versão SLAM (Stand-off Land Attack Missile), Tomahawk

BGM-109 com lançador dedicado e a versão TLAM-VL (Tactical Land Attack Missile – Vertical Launch), Scalp Naval VL, RBS-15 Mk3 da SAAB, somente para citar alguns “ocidentais”. Quanto aos mísseis antinavio lançados de aeronaves ou helicópteros, podemos enumerar o Exocet AM-39, Harpoon AGM-84A e o Penguin AGM-119B, este adotado pela MB.

Para missões ASW, optamos pelo Asroc RUM-139B, por ser utilizado há muito tempo pela US Navy e ser a única opção de lançamento vertical para utilizar o VLS Mk-41 Tactical. Transporta um torpedo leve do tipo Mk-46 a uma velocidade de Mach-1, com um alcance suposto (informações imprecisas) de ASW *intermediate range* ou 60 km, aproximadamente.

Existem dois tipos principais de lançadores verticais no mercado, um de origem norte-americana, da Lockheed Martin Mk-41 Tactical, e outro de origem francesa, denominado Sylver A-50, da MBDA, este aplicado exclusivamente aos mísseis da família Aster. No presente estudo optamos pelo americano da BAE Systems VLS Mk-41 Tactical, devido à quantidade de informações disponíveis e versatilidade. O VLS-41 Tactical permite lançar o ESSM, SM-2 Block II e III, e o Asroc. O autor não tem informação se o VLS Mk-41 é compatível com os mísseis Aster ou Scalp Naval-VL da MBDA.

Como adotamos a classe F-124 como exemplo, propomos os seguintes mísseis para a F-6000M neste estudo: ESSM, SM-2 Block III-B, montados nos lançadores Mk-41, e o Umkhonto em silos dedicados, porém no desenho está ilustrado o lançador RAM Exocet MM40 Block III ou MSS nacional em desenvolvimento pela MB, PENGUIN lançado de He (helicóptero). ASW: ASROC, montado nos lançadores Mk-41.

O novo escolta deve receber dois lançadores triplos de torpedos leves de

fabricação nacional. Serão montados em cada bordo, respectivamente. Os torpedos usados pela MB atualmente são os Mk-46, tendo como opção o MU-90. Os torpedos transportados a bordo poderão armar os helicópteros em missões ASW. O alcance típico deste torpedo leve é de 25 km, inferior ao alcance dos torpedos pesados, condição explorada pelos submarinos inimigos para se manterem à maior distância possível das fragatas. Assim sendo, o LWT lançado de bordo quase sempre será ineficaz na missão ASW, mas pode ser muito útil no combate aos HWT atacantes, embora hoje já existam torpedos antitorpedos dedicados, menores e mais rápidos. Conclui-se que o melhor emprego dos LWT em missões ASW seria o lançamento por helicópteros ou com o míssil Asroc.

A F-6000M foi concebida para operar dois helicópteros do porte do S-70B ou EC-725, podendo, naturalmente, operar helicópteros menores. No presente caso, estudamos a opção de dois S-70B. O estoque de combustível de aviação permite ao S-70B voar 23 missões por helicóptero. No caso do EC-725, seriam 16 missões por helicóptero, e Lynx até 54 por helicóptero. A combinação adequada de um ou dois helicópteros, dependendo do tipo, permitirá abrigar um ou mais drones de asa rotativa (vide a seguir). O convoio é provido de recursos para operações em qualquer tempo, dia e noite. O manuseio é feito com apoio do Rast (Recovery Assist, Secure and Traverse).

Os helicópteros teriam fundamentalmente a missão ASW e SW, sendo inclusive habilitados para missões SAR (Search and Rescue). Outro aspecto importante é a transmissão de dados de busca e vigilância ao COC (Centro de Operações de Combate) do navio, tanto de superfície como submarinos, dados do radar, das sonoboias e pelo *dipping sonar* a bordo do helicóptero.

O drone de asa rotativa é hoje uma realidade inquestionável. No caso de navios, ele funciona como os olhos e ouvidos e um multiplicador do potencial militar do meio, no nosso caso, o de um escolta. Suas funções englobam a vigilância, observação, enlace de dados e comunicação, guiagem de mísseis, balizamento de artilharia, coleta de inteligência e outras. A maior vantagem: custo bem inferior ao de um helicóptero, sem colocar em risco a vida humana. Sensores típicos abrangem radares, alças IR/EO, suíte de comunicação para enlace de dados, voz e imagem. Somente para exemplificar, um observador que esteja no convés mais alto ou 16,0 m acima da linha-d'água observará o horizonte a 30 km, mas um drone pairando acima do meio a 3.000 m estenderá o horizonte de vigilância da fragata para 200 km, distância confortável para lidar com qualquer ameaça de superfície ou mísseis *sea skimmer*.

O Camcopter S-100 já é um produto corrente e recentemente foi exaustivamente testado com pleno sucesso pela Marinha alemã a bordo da Corveta *Braunschweig*. Tem uma autonomia de seis horas e leva uma carga útil de 50 kg, peso máximo de 200 kg. O Fire Scout, da Grumman, está em fase final de testes de habilitação, e no dia 10 de dezembro de 2008 um drone foi embarcado na Fragata FFG-8 *McInerney*, primeiro embarque operativo efetivo. Tem menos da metade do tamanho de um S-70B, peso máximo na decolagem de 1.400 kg e carga útil de 250 kg, para uma autonomia de oito horas.

ELETRÔNICA

Como o conceito da F-6000M é o de um navio multifuncional, uma atenção especial deve ser dada às combinações de radares. Eles devem lidar tanto com alvos aéreos como com os de superfície. As missões,

resumidamente, são, principalmente, vigilância, detecção, rastreamento, atribuição de prioridades, engajamento e guiagem de mísseis e artilharia. Adicionalmente, a navegação dentro dos critérios de segurança preconizados pela Organização Marítima Internacional (IMO).

A escolha dos radares deve atender primeiro aos requisitos elaborados para o futuro escolta, escolha dos mísseis e o nível de sofisticação desejado, considerando-se igualmente os aspectos orçamentários, políticos e comerciais na escolha e combinação dos sensores e armamentos.

Neste quesito, é imprescindível o estudo da redução da incompatibilidade eletromagnética dos diversos sensores. Este critério nos leva à adoção do IMM (Integrated Mast Module), que abriga alguns dos radares de bordo e os sistemas ICAS (Integrated Communication Antenna System), ESM (Electronic Support Measures), IRST (Infra Red Search and Track), LDS (Laser Detection Sensors) e uma antena circular fixa IFF (Interrogation Friend-or-Foe). Não são integrados ao IMM as diretoras dedicadas, alças ópticas, as antenas ECM (Electronic Counter Measures) e algumas antenas dedicadas, como, por exemplo, VHF/HF/Combat Net Radio.

A pesquisa feita com material disponível e especializado tenta resumir em poucas linhas as conclusões que nos levaram à escolha do conjunto de radares. Analisando apenas os quatro principais sistemas de maior porte, como o Apar, SPY-1, Empar e Sampson, sem entrar em detalhes que tomariam muito espaço e não fazem parte deste escopo, as melhores qualidades dos MFR (Multi Function Radar) estão nos modelos de antenas (painéis) fixas de fase ativa. Radares de fase passiva e os giratórios têm nítidas desvantagens em relação aos primeiros. Para corroborar tal afir-

mação, os americanos estão desenvolvendo a geração SPY-3 (Bandas I/J) + VSR (Volume Search Radar – Bandas E/F) de fase ativa e antenas estáticas. O Sampson (Banda E/F) é giratório de fase ativa com duas antenas *back to back* e o Empar (Banda G) é giratório, fase passiva e antena única.

Os três MFR europeus acima trabalham em conjunto com um radar de busca e vigilância volumétrica de longo alcance. A solução Apar + Smart-L (Thales) foi a pioneira, e os outros dois utilizam o S1850M, derivado do Smart-L e produzido sob licença pela Selex e BAe Systems. A combinação destes e do SPY-1 (e futuro SPY-3) com os sistemas de mísseis como ESSM + SM-2 ou Aster 15 e 30 depende do *up link* para guiá-los até o alvo. Embora o Smart-L e o S-1850M sejam giratórios e muito eficientes, há um estudo da Thales para desenvolver o mesmo radar com antenas de painéis fixos, como será o novo VSR americano, dependendo apenas do interesse comercial de algum cliente.

Na nossa opinião e livre escolha para o presente estudo, a melhor opção que reúne os melhores aspectos técnicos seria a combinação do radar Smart-L 3 D de busca e vigilância até 400 km, operando na banda “D” de 1,0 a 2,0 GHz, Apar como MFR operando nas bandas “I” e “J” de 8 a 13 GHz e *up-link* dos mísseis da família ESSM e SM-2, guiagem de mísseis segundo o princípio ICWI (Interrupted Continuous Wave Illuminator), permitindo-lhe guiar mísseis e iluminar o alvo simultaneamente, eliminando a necessidade de iluminadores dedicados aos mísseis AAW. Essa combinação pode ser considerada a *top* de linha, sendo adotada nas classes F-124 – Alemanha, LCF – Holanda e *Iver Huitfeldt* – Dinamarca. Muito provavelmente o Canadá a escolherá para sua futura classe *Province*, pois cooperou com o projeto Apar. A mesma combinação de um MFR com um radar de

vigilância S-1850M, derivado do Smart-L, encontra-se nas classes *Daring* e nos futuros CVF – UK, *Horizon* – França, *Horizonte* e *Cavour* – Itália e *Dokdo* – Coreia do Sul.

Na mesma linha de raciocínio, a nossa segunda opção, significativamente mais em conta, aplicar-se-ia aos meios classificados como ASW e SW – seria uma combinação do Sea Master 400 e Sea Watcher 100. O Sea Master 400 oferece esta condição desde que o *up-link* dos mísseis seja na banda E/F da família Aster. Se forem empregados os mísseis ESSM ou SM-2, o problema se resolve com a adição de diretoras *phased-array* dedicadas na banda I/J. Sea Master 400 é um radar 3-D *phased-array* de quatro faces para vigilância aérea e de superfície, controle do tráfego de helicópteros, rastreamento e engajamento de alvos e controle de tiro. Trabalha nas bandas E/F de 2,0 a 4,0 GHz em dois modos: vigilância até 250 km e MFR até 150 km, elevação de 70° para rastreamento de alvos e controle de tiro.

Completando as duas opções acima, recomendaríamos a integração do Sea Watcher 100 no IMM. Radar de fase ativa com quatro painéis, funciona nas bandas “I” e “J”, com alcance até 40 km, radar 2-D para vigilância e rastreamento de alvos de superfície críticos. Sua finalidade é a de rastrear alvos difíceis, tais como periscópios, minas flutuantes, barcos infláveis e mergulhadores, alvos assimétricos em geral, que têm uma RCS (Radar Cross Section) muito reduzida e se deslocam a uma velocidade semelhante à das ondas e se encontram parcialmente submersos ou ocultos pelas cristas das ondas. São qualidades particularmente importantes em águas litorais.

Igualmente, para arredondar a suíte de radares, dois Thales Scout Mk-2, a vante e a ré, giratórios e operando na banda de frequência “I” para navegação e busca de

superfície. Possuem capacidade LPI (Low Probability of Intercept), reduzindo sua detecção por ESM inimigas. Com alcance máximo de 45 km, os dois radares permitem uma cobertura de 360° em volta do navio, auxiliando na aproximação e pouso dos helicópteros.

Todos os radares a bordo podem ser integrados num sistema adicional de fusão de dados que soma e cruza todas as informações dos diversos radares a bordo, disponibilizando uma imagem de alta resolução e redundância, mostrando a situação do teatro de operações em tempo real. Este sistema pode integrar inclusive as informações obtidas pelos sensores optrônicos.

Embora o controle de tiro do canhão principal de 127 mm possa ser feito pelo MFR, convém prever uma diretora dedicada de RF/TV/IR (Radio Frequency/Television/Infra Red) até 35 km com munição convencional, aliviando a carga de trabalho do MFR. Com a munição guiada Volcano, a direção de tiro é efetuada pelo MFR. No caso dos dois canhões de 57 mm, a direção de tiro com uma diretora dedicada é imprescindível no engajamento antimíssil, em que feixes de pequena abertura e alta frequência são indispensáveis para iluminar os mísseis. As diretoras dedicadas são amparadas pelo sistema IRST (Infra Red Search and Track) integrado ao IMM e alças ópticas de fabricação nacional. Os sistemas são redundantes, pois há situações em que se precisa optar pela guiagem de RF, IR ou TV. O sistema IRST também efetua busca e vigilância, mesmo quando está engajando algum alvo.

No caso teríamos três diretoras leves Lirod Mk2, uma a vante na frente do IMM e outras duas a ré em cada bordo. As três cobrem 360°, com as três intercambiáveis em função do sítio da arma selecionada e o azimute do alvo. Funciona nas bandas “I” e “K” com feixes de 1,5° e 0,55°, respectivamente, sensor

IR integrado na diretora, *back-up* do sistema IRST modelo Artemis, que foi selecionado para as fragatas classe *Fremm*, cobertura total do navio para busca, vigilância, rastreamento e iluminação de alvos com IR. Alças ópticas de fabricação nacional complementam a suíte de diretoras.

A vigilância passiva e a classificação das emissões eletromagnéticas são efetuadas pelo sistema ESM (Electronic Counter Measures), no caso da MB o Mage-Defensor (Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica). Este sistema, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), tem apoio industrial da Omnisys, subsidiária do grupo Thales no Brasil. O mesmo se aplica ao CME-2, equipamento de contramedidas. A identificação e a classificação de alvos, amigos ou inimigos, são feitas pelo sistema IFF (Interrogation Friend or Foe), com equipamento integrado ao IMM e uma antena circular estática no topo do mastro. Completando a suíte de vigilância passiva, temos os Laser-ESM para detectar feixes de raios *laser* inimigos que marcam o próprio navio no caso de uma ataque de mísseis e bombas guiadas a *laser*.

Comum a todos os navios, um sonar de casco é uma necessidade mínima para a sua proteção contra submarinos. A nossa escolha recai sobre o sonar de média frequência Thales UMS 4110 CL, escolhido para as classes *Fremm* e *Horizonte*. Desempenha missões de ataque a submarinos e proteção contra minas e torpedos. Tem operação simultânea de dois canais, ativos e passivos, faixa de frequência de 4,9 a 5,8 KHz e alcance máximo de 70 km.

Nas fragatas destinadas às missões ASW, seriam instalados os sonares rebocados de profundidade variável Captas 4249 de baixa frequência, ativo/passivo para profundidades até 250 metros, com proteção adicional antitorpedo. Entretanto, devido à construção modular e arquitetura aberta, todas as fragatas teriam a possibilidade de

embarcar o sonar rebocado com tempo mínimo de instalação e sem docagem.

Os dois sonares acima são, respectivamente, equivalentes aos sonares Thales, casco 2050 e rebocado 2087, que equipam a classe 23 da Royal Navy, considerado o melhor e mais capaz meio na missão ASW nos dias atuais.

Os helicópteros ASW, comuns a todas as fragatas, embarcam um *dipping* sonar e sonoboias, cujos sinais são enviados ao navio. No COC, os sistemas ASW procedem à fusão dos dados de todos os sensores de bordo e do helicóptero para a ação de ataque ou de defesa. No caso de ataque a submarinos, decide-se pelo lançamento de torpedos de bordo, do helicóptero ou por foguete Asroc. No papel de defesa contra torpedos, aciona-se os *decoys* ASW (*softkill*) ou os LWT de bordo. Todos os navios da classe seriam equipados e complementados com um sistema rebocado de alerta e detecção antitorpedo e *decoys* ou *soft kill* antitorpedo.

A transformação das forças armadas se reflete na transformação de guerra centrada em plataformas para guerra centrada em rede. As operações centradas em rede também têm reflexos nas comunicações das forças no mar, na terra e no ar. Nos projetos atuais e futuros de meios navais, a tendência é a de construções compactas e modulares para emprego multifuncional. Os canais de comunicação eletrônica não são mais dedicados a um sistema de transmissão dedicado, mas, ao contrário, configurados em função da necessidade de comunicação da respectiva missão.

Técnicas de comunicação em banda larga com altas taxas de transmissão de dados serão cada vez mais empregadas. Onde será necessário que os sistemas de antenas sejam de concepção universal em função das faixas de frequência e número de canais. Funções inteligentes ou algoritmos de adminis-

tração de redes de telecomunicações dão suporte ao trabalho dos operadores e possibilitam a redução de pessoal especializado a bordo. Os *transceivers* individuais dos respectivos canais de comunicação são combinados automaticamente (roteadores), e os sinais dirigidos para os elementos de transmissão da antena integrada. Este é o princípio da multiplexação. Os rádios operados por *software* podem empregar cada canal individual de forma universal.

Resumindo, o emprego de consoles multifuncionais, central de comunicações com sistema de antenas integradas, servidores e equipamentos de criptografia e a tecnologia digital permitem o emprego do Internet Protocol para a transmissão simultânea de voz, dados e imagem. Este sistema é essencial para integração de qualquer meio a uma NCW (Network Centric Warfare) e CEC (Cooperative Engagement Capability), informando a situação tática e estratégica em tempo real.

Enumeramos os principais canais de comunicação de um meio naval: VLF (Very Low Frequency); UWT (Under Water Telephone) – comunicação com submarinos; HF (High Frequency); VHF (Very High Frequency); UHF (Ultra High Frequency); VHF / UHF – recepção e processamento de sinais das sonoboias ASW, lançadas dos helicópteros; Satcom; SHF (Super High Frequency) Satcom; EHF (Extremely High Frequency) Satcom; e Link 11, 16 e 22 – padrão Otan. Há também os serviços civis, como: Inmarsat-B, AIS (Automatic Identification System); GPS (Global Positioning System), GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System).

A bordo, os principais acessos ao sistema de comunicação integrado são os seguintes: MHS (Message Handling System), CaS (Collaboration at Sea), MCCIS (Maritime Command Control and Information System), BFEM (Battle Force E-Mail), MMHS (Military Message Handling System) e JDLMS (Joint Data Link Management System).

O Milsatcom (Military Satellite Communication) compreende o Milstar (Military, Strategic and Tactical Relay Satellite) e o UFO (UHF Follow-On Satellite); operam em EHF na banda L maior que 40,0 GHz GBS (Global Broadcasting Satellite) banda G de 4,0 a 6,0 GHz. Soma-se a estes o DSCS (Defense Satellite Communication System) nas bandas “I” e “J” de 8,0 a 20,0 GHz.

O Commsat (Commercial Satellite) compreende as bandas “K” de 20,0 a 40,0 GHz e “G” de 4,0 a 6,0 GHz, e o Inmarsat-B (International Maritime Satellite) na banda “D” de 1,0 a 2,0 GHz. Os terminais compreendem: CWSP (Commercial Wideband Satellite Program); CBSP (Commercial Broadcasting Satellite Program); TV-DTS (TV-Direct To Sailors) e Inmarsat-B (International Maritime Satellite).

As comunicações via satélite Inmarsat seguem uma orientação da US Navy para sua utilização em comunicações comerciais, comunicações para serviços logísticos e suporte operacional, para reduzir a saturação dos canais dos satélites puramente militares.

Proposta de terminais/antenas para a F-6000M:

- 2 Terminais Principais MOD (US Navy) AN / WSC – 6 / 6 A (V) 9 : operação simultânea em SHF nas bandas “I” e “J” de 8,0 a 20,0 GHz e EHF banda “K” e “L” de 20,0 a 60,0 GHz (militar), e “G” e “H” de 4,0 a 8,0 GHz (comercial). A configuração pode incluir Inmarsat UHF banda “L” de 1,0 a 2,0 GHz. Os terminais oferecem comunicação em banda larga de 2.048 mbps.

- 1 Terminal (US Navy) AN / USC - 38 (V) EHF > 20 GHz, comunicações militares.

- 2 Inmarsat.

- 1 GBS.

- 1 TV-DTS.

A ponte integrada, ou IBS (Integrated Bridge System), é composta por três subsistemas: o VMS (Voyage Management System), que engloba ECDIS (Electronic

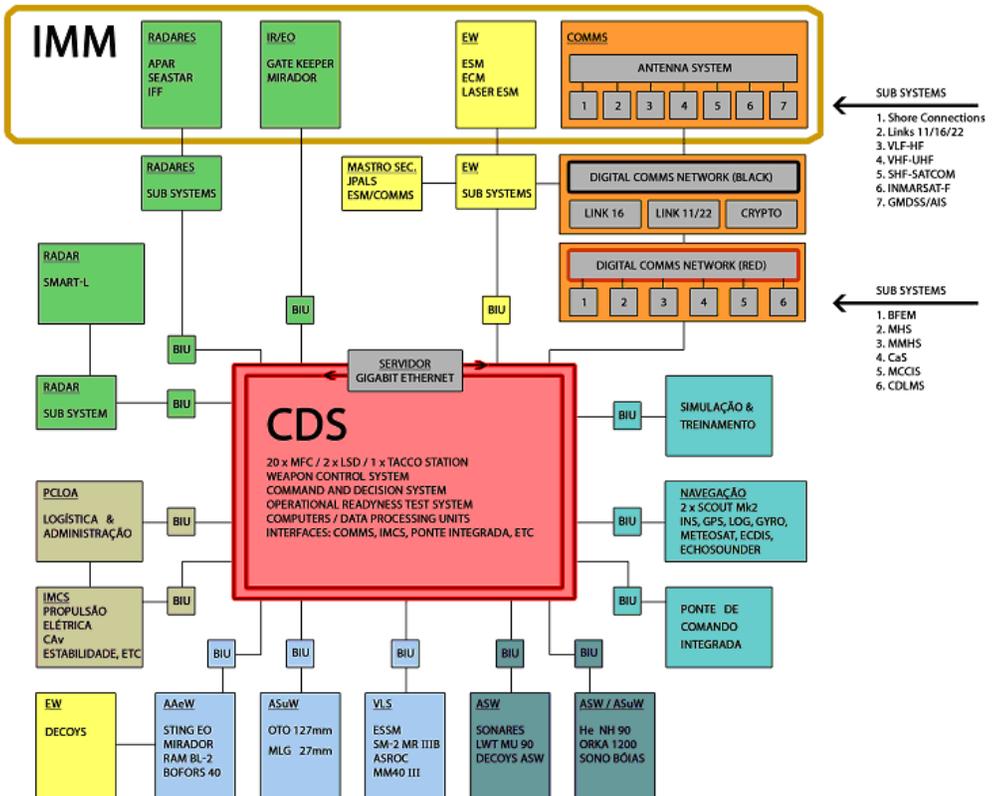
Chart Display) + Arpa (Automated Radar Plotting Aid) + SCS (Ship Control System).

O VMS é um sistema de navegação eletrônico, planejamento de rotas e monitoramento da navegação. Provê as ferramentas necessárias para a navegação eletrônica. Funcionalidade: exibir cartas eletrônicas, planejamento e monitoramento da derrota, padrão Resolução IMO A 817, ancoragem de precisão, aviso de homem ao mar e gravação e *back-up* da rota de viagem.

O Arpa localiza e rastreia alvos e contatos-radar automaticamente, provendo informações precisas e em tempo real de todos os contatos no entorno do navio. Funcionalidade: localização automática de alvos, cálculo automático de rota, velocidade e pontos de maior aproximação, manobras alternativas, padrão IMO A 823 (19), interface com VMS com recurso de *radar overlay*.

O SCS provê o comando e controle da propulsão, sistemas do navio e monitora o seu desempenho. Funcionalidade: piloto automático, controle do leme e derrota e controle da propulsão principal.

Nos meios navais, os COC concentram todas as informações dos sensores do navio, inclusive da navegação. Com a moderna tecnologia de pontes integradas, também é possível transferir, no sentido inverso, informações do COC para a IBS. Assim, informações táticas podem ser superpostas/subpostas na tela do radar Arpa ou Wecdis (Warship ECDIS) em qualquer console multifuncional. Desta forma, o oficial de serviço avalia regiões de significado tático, planejamento tático de derrotas, marcação e distância com sensores optrônicos, correlação de alvos, aviso de torpedos e minas, cálculo e representação de pontos de encontro.



Sistema de Combate Siconta Mk-4 – A rede LAN (Local Area Network) de bordo permite a integração racional não só do sistema de combate com seus sensores e armamentos, mas também o sistema de propulsão e monitoramento da plataforma (elétrica, ventilação, estabilidade etc.), o CAV, sistema de ponte integrada e navegação. Estas redes integradas a bordo funcionam com tecnologia digital com fibra óptica, administradas por seus respectivos servidores, com dois ou três troncos (*loops*), aos quais todos os consoles multifuncionais são conectados via multiplexadores, permitindo a qualquer operador de qualquer especialidade acessar a rede integrada de qualquer console a bordo mediante o uso de sua senha. Como redundância e por segurança, ainda é possível assessor a rede com o auxílio de *note books*, utilizando-se os conectores especiais distribuídos por todo o navio. Neles ficam conectados, na configuração LAN, os sensores de superfície (radares e sistemas EO), os sonares, a comunicação, a navegação, sistema integrado de combate, a propulsão, a elétrica, o CAV etc. Esta nova tecnologia traz a vantagem inerente de economia de cabos, equipamentos (volume e peso) e custos. Outra vantagem de vital importância é a redundância, pois, em caso de avarias localizadas, a rede de bordo pode se reconfigurar e continuar funcionando.

CONCLUSÃO

A limitação do número de meios por razões orçamentárias nos levará à elaboração de critérios mais rígidos no trabalho de classificar ou definir as atribuições de cada navio e o número destes. A plataforma e uma série de itens serão um denominador comum, mas a diferença fundamental recairá sobre os sensores, como radares e sonares, os tipos de mísseis a serem embarcados e o número e combinação de helicópteros e drones. O escolta que for classificado como

AAW será o mais completo e capaz. Os demais, ASW e SW, terão limitações na capacidade de defesa antiaérea e antimíssil, mas serão mais eficientes na consecução de outras missões que não a AAW.

Por tudo o que foi exposto, fica evidenciada a necessidade do requisito de multifuncionalidade, tanto na habilitação como na flexibilidade dos meios em cumprir suas missões, admitindo que a Marinha do Brasil dificilmente terá o número de meios necessários. A modalidade da construção e as tecnologias escolhidas terão reflexos nos custos de modernizações futuras, manutenção e logística, procurando sempre obter maior disponibilidade dos meios.

O tamanho adequado e as qualidades náuticas do novo escolta devem permitir a operação irrestrita em qualquer mar e em qualquer região do globo terrestre. Mesmo um meio concebido para operar em “águas azuis” será, num dado momento, obrigado a operar em águas costeiras e enfrentar ameaças assimétricas. Onde, todas as missões devem ser consideradas no projeto, e sua concepção modular permitirá a aquisição e instalação de armas e sensores à medida das demandas, reduzindo o custo de aquisição inicial. Além disso, deverão ser satisfeitas as condições ambientais da IMO-Marpol, sem prejuízo da autonomia do escolta.

Fala-se muito, na mídia, da classe *Fremm*. A França está na moda, entretanto o navio líder da classe – *Aquitaine* – só deverá ser comissionado em 2013. Assim, parece-nos ser inadequado enquadrar este navio no quesito “tecnologia operante e comprovada” em sua respectiva *parent navy*. Em contrapartida, a opção pela classe F-124 se justificaria pelo fato dos três navios serem o resultado de um projeto inovador e já terem sido comissionados há mais tempo – *Sachsen* em 2004, *Hamburg* também em 2004 e *Hessen* em 2006. Cumpre chamar a atenção para o fato de que esta experiência

prática nada desprezível poderia ser incorporada num projeto novo, moderno e derivado deste meio.

Reforçando a sugestão do autor, mencionamos que a classe F-124 deve contratualmente cumprir um mínimo de 130 dias de mar por ano, donde falamos atualmente no conjunto de 2.470 dias contratuais cumpridos mas que foram superados, pois a média das missões desde a sua incorporação foi de 180 dias/ano. Na participação destes meios em várias missões internacionais, ficou comprovada sua eficácia nas modalidades AAW, ASW e SW e no espectro completo de missões de interdições marítimas. Destacamos a integração da Fragata *Hessen* na Carrier Strike Group “Harry S. Truman” por oito meses, obtendo a certificação de “Standby Air Defence Commander” na qualidade de “shooter” na proteção da força-tarefa, incluindo missões no Atlântico, Mediterrâneo e Mar Árabe, em 2010. Todos os requisitos relativos a construção, propulsão, capacidade de sobrevivência, armamento e sensores foram postos à prova, plenamente satisfeitos e acima dos padrões internacionais, destacando-se a capacidade de defesa aérea moderna no “estado da arte” e nivelada à americana, mas por um custo inferior.

A Marinha do Brasil dispõe naturalmente de várias opções ou referências, como mostrou a Tabela nº 1, mas argumentaremos: qual desses países de origem têm as principais indústrias fornecedoras correlatas estabelecidas no Brasil e há quantos anos? Mesmo antes dessa concorrência atual com esta imposição de nacionalização? Convém

precaver-se contra os oportunistas. Examinando alguns artigos sobre os navios construídos nos últimos anos, a maioria apresentou problemas e atrasos, alguns exigindo revisão de projeto ou docagens para corrigir falhas. Verificar qual dos projetos apresentou melhor desempenho é uma questão importantíssima no processo decisório, ou iríamos gastar nossos poucos recursos para financiar a tecnologia dos outros?

As parcerias precisam ser cuidadosamente avaliadas, e o processo de nacionalização idem. O projeto de concepção, detalhamento e construção da F-6000M no Brasil, derivada da proposta como modelo e com plena ab-

sorção de tecnologia pelo engenheiros brasileiros é fundamental para o desenvolvimento nacional, com reflexos positivos na logística e manutenção dos futuros escoltas da MB. Deve-se aplicar o mesmo princípio em relação ao armamento e eletrônica, onde as lições do passado não muito distante mostraram o que acontece em

Num mundo superpopuloso e com escassez de recursos naturais, em certa medida abundantes no Brasil, somos obrigados a pensar num poder dissuasório convencional minimamente crível

caso de conflito de interesses, tornando o cliente um refém incapaz de combater. No caso de itens sensíveis como mísseis e torpedos, deve-se considerar a pesquisa e a fabricação nacional com recursos federais, mesmo a fundo perdido, pois este é um quesito de segurança nacional, cujo valor estratégico sobrepuja o interesse comercial. Na medida do possível, deve-se concentrar itens afins num mesmo fornecedor, eliminando os riscos de conflitos e problemas técnicos, cobrando responsabilidades do mesmo. Na medida em que um fornecedor é exclusivo na sua especialidade, contratos de manutenção, disponibilidade de equipamentos e transferência de

tecnologia podem ser contratados para o período da vida útil do meio. A escolha dos fornecedores e de parceiros dos armamentos e eletrônica sensível irá esbarrar inevitavelmente em aspectos políticos. Havemos de considerar quais países seriam os parceiros geoestrategicamente alinhados com o Brasil e que têm uma razoável independência em relação às grandes potências polarizadoras.

Num mundo superpopuloso e com escassez de recursos naturais, em certa me-

da abundantes no Brasil, somos obrigados a pensar num poder dissuasório convencional minimamente crível, com ou sem apoio dos “aliados”. Assim, acreditamos ter reunido neste estudo do escolta F-6000M o que achamos de mais atualizado e que o resultado final atende de maneira adequada aos requisitos do Estado-Maior da Armada. A decisão não será fácil e demandará muito empenho para a concretização deste projeto.

CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

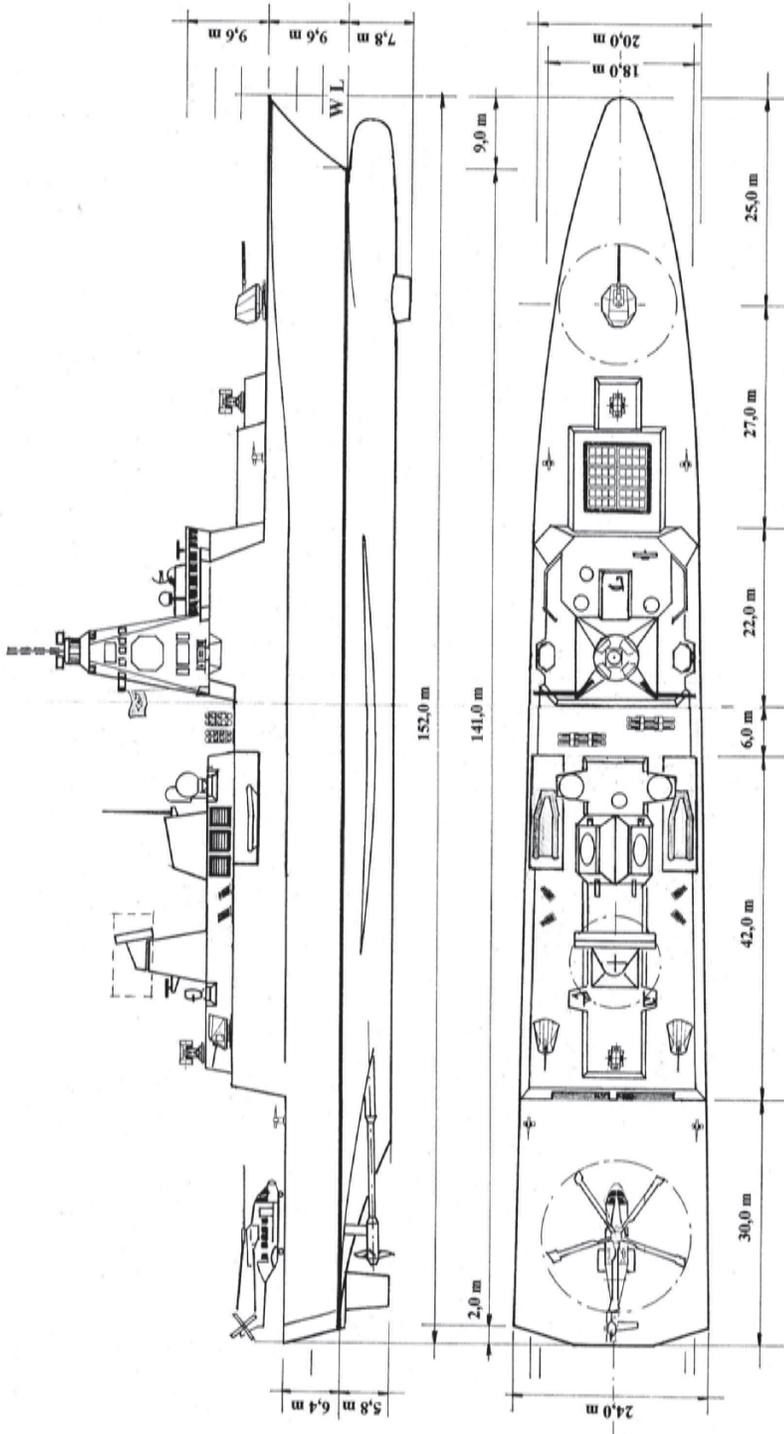
<FORÇAS ARMADAS> Fragata; Escolta; Estudo; Pensamento militar;

REFERÊNCIAS

- Annati, Massimo (CA-RM-1) – Marinha Italiana, ex-Diretor de Assuntos Internacionais & Cooperação, ex-diretor Armamentos Navais.
- Bricknell, David J., vice-presidente da Rolls&Royce Naval Marine Systems, 2005.
- Coelho de Souza, José Carlos (VA-EN RM1) – chefe do projeto de aquisição das fragatas classe *Niterói*.
- Dick Ooms, Captain RNIN (Holanda), diretor de C4I do Estado-Maior.
- Friedman, Dr. Norman, editor do Naval Institute Guide, USN War College.
- Kreisher, Otto, Naval Flight Officer USN Ret., NAFO North America Editor.
- Lundquist, Edward H., Capt. Ret. USNavy.
- Merk, Karl-Heinz, engenheiro mecânico, diretor aposentado da RENK AG.
- Nitschke, Stefan. Editor de Ciência & Tecnologia da Naval Forces.
- Peterson, Gordon, Capt. Ret. US Navy.
- Schütz, Heinrich. diretor aposentado do BWB (Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung).
- Vego, Dr. Milan, professor de Operações, JMO Department, US Naval War College.
- Annati, Massimo, “Missile Launchers – is VLS the Best Option?”, *Nafo* II/2004, pg. 31.
- Idem, ib. “Air Defence Guns and Missiles”, *Nafo* II/2004, pg. 52.
- Idem, ib. “Coastal Bombardment – New world Requirement for Littoral Warfare”, *Nafo* IV/2004, pg. 9.
- Idem, ib. “European Frigates and Corvettes”, *Nafo* V/2004, pg. 8.
- Idem, ib. “Evolution of Smart Naval Munitions”, *Nafo* IV/2005, pg. 46.
- Idem, ib. “Medium and Large Calibre Guns Compared”, *Nafo* V/2005, pg. 73.
- Idem, ib. “Air Defence Guns”, *Nafo* VI/2006, pg. 66.
- Idem, ib. “Multi-Role Vessels – concept and Realisation”, *Nafo* VI/2007, pg. 19.
- Idem, ib. “Improved Technology for Better Platforms”, *Nafo* I/2008, pg. 78.
- Idem, ib. “Weapons Optimised for Anti-Terrorist and Anti-Pirate Operations”, *Nafo* II/2008, pg. 54.
- Idem, ib. “The World Frigate and OPV Update 2008”, *Nafo* IV/2008, pg. 114.
- Idem, ib. “The World Frigate Update 2009”, *Nafo* IV/2009, pg. 48.
- Bricknell, David, “The Combining Force – Marine Gears”, *Nafo* III/2005, pg. 51.
- Coelho de Souza, José Carlos (VA-EN RM1), “Uma história das fragatas”, *Clube Naval* 2001.
- Deucker, Stefan, *Naval Forces Special Issue* 2006, Vol. XXVII, pgs. 14 a 19.
- Eden-Ehrbrecht, Ingo, “The Sea is no Garbage Dump”, Deerberg-Systems, *Nafo* III/2004, pg. 118.
- Eule, Klaus, “Water Treatment and Waste Mangement for Enduring Operations – Part II”, *Nafo* II/2008, pg. 66.

- Fonseca, Maurílio M. *Arte Naval*, Serviço de Documentação da Marinha.
- Friedman, Dr. Norman, “Sonar Technology”, *Nafo V/2004*, pg. 76.
- Idem, ib. “Naval Air Defence”, *Nafo II/2005*, pg. 106.
- Idem, ib. “Western Elec. Warfare – How Well is it Likely to Work?”, *Nafo VI/2005*, pg. 41.
- Idem, ib. “Communications in Multinational Forces”, *Nafo V/2006*, pg. 74.
- Idem, ib. “Protecting Communications”, *Nafo II/2010*, pg. 82.
- Idem, ib. “ASW and Future Surface Ships”, *Nafo III/2010*, pg. 76.
- Hoppe, Franz, “Propulsion Gears for Naval Vessels”, *Nafo II/2008*, pg. 82.
- Jacobs, Keith, “Anti-Air missile Systems”, *Nafo V/2006*, pg. 66.
- Kreisher, Otto, “Torpedo Defence Against State-of-the Art Torpedoes”, *Nafo IV/2009*, pg. 84.
- Idem, ib. “Samll Calibre Guns”, *Nafo I/2010*, pg. 65.
- Lundquist, Edward, “Torpedoes and Torpedo Defence: Ensuring Victory Under the Sea”, *Nafo III/2004*, pg. 86.
- Idem, ib. “Combat Information Centre Connects Commanders to Display, Decide, Engage”, *Nafo II/2007*, pg. 60.
- Idem, ib. “Naval Guns and Naval Missiles – Partners or Competitors?”, *Nafo IV/2007*, pg. 100.
- Idem, ib. “Ships with Wings, Helicopter – Imperative Asset for Surface Ships”, *Nafo I/2010*, pg. 71.
- Idem, ib. “Frigates – Obsolete in the Current Geopolitical Situation?”, *Nafo IV/2010*, pg. 24.
- Merk, Karl-Heinz, “Naval Marine Gear Systems”, *Nafo IV/2004*, pg. 68.
- Nitschke, Stefan, “Unmanned Aerial Vehicles”, *Nafo II/2004*, pg. 62.
- Idem, ib. “ESM and ECM for Defensive and Offensive Purposes”, *Nafo IV/2004*, pg. 20.
- Idem, ib. “Stealth in Modern Warfare”, *Nafo VI/2004*, pg. 37.
- Idem, ib. “Multi-Purpose Vessels – Ideal Assets Only for Smaller Navies?”, *Nafo IV/2005*, pg. 53.
- Idem, ib. “Satellites for Naval Warfare”, *Nafo V/2005*, pg. 96.
- Idem, ib. “Naval Cruise Missiles”, *Nafo VI/2006*, pg. 32.
- Idem, ib. “The New Generation of Naval Electro-Optics”, *Nafo II/2007*, pg. 42.
- Idem, ib. “Active and Passive Phased Array Radars Compared”, *Nafo II/2007*, pg. 68.
- Idem, ib. “Maritime Conflicts in the 21st Century – Equipment Alternatives for Small and Medium Navies”, *Nafo V/2007*, pg. 21.
- Nitschke, Stefan, “CIWS – a World Survey”, *Nafo II/2010*, pg. 86.
- Ooms, Dick M., “The Right Set of Communications Systems”, *Nafo I/2004*, pg. 10.
- Peterson, Gordon, “Unmanned Vehicles – Changing the Way to Look at the Battlespace”, *Nafo IV/2005*, pg. 29.
- Petrie, Christopher, “Naval Propulsion Systems for Long Endurance Missions”, *Nafo I/2009*, pg. 78.
- Philips, Malcolm, “Smooth Operators, the History of Marine Gas Turbines”, *Nafo II/2007*, pg. 53.
- Idem, ib. “An agony of choice – Propulsion Systems for Modern Warships”, *Nafo V/2007*, pg. 90.
- Schütz, Heinrich, “The Development of Major Combat Ships”, *Nafo V/2004*, pg. 87.
- Idem, ib. “Shipbuilding Challenges to Small Series Production”, *Nafo VI/2006*, pg. 76.
- Terzibaschitsch, Setfan, *Die AEGIS Zerstörer-Klassen DDG-51 und DDG-79*, Leonberg 2003.
- Vego, Dr. Milan, “NCW in the Littorals”, *Nafo II/2004*, pg. 8.
- Idem, ib. “ECM and SOFTKILL requeriments in the Littorals”, *Nafo VI/2006*, pg. 9.
- Idem, ib. “The Role of Torpedoes in a Missile World”, *Nafo V/2007*, pg. 60.
- Idem, ib. “Littoral Warfare: Characteristics, Operational Concepts and Technical Requirements”, *Nafo IV/2008*, pg. 8.
- Idem, ib. “Defining Priorities at Sea: Mobility, Versatility and Survivability”, *Nafo IV/2009*, pg. 18.
- Idem, ib. “Support of Troops Ashore: Gunas and Missiles”, *Nafo IV/2010*, pg. 16.
- Wolf, Peter, “Water Treatment and Waste Mangement for Enduring Operations – Part I”, *Nafo II/2008*, pg. 64.
- Wood, Geoffrey, “Combined Propulsion Systems Compared and Assessed, Part I”, *Nafo IV/2004*, pg. 95.

ANEXO



F-6000 M: PROJETO CONCEITUAL

René Vogt, São Paulo, Fevereiro 2010