

UM SUCESSOR PARA O NAe SÃO PAULO: UMA SEGUNDA OPÇÃO

RENÉ VOGT^[1]
Engenheiro

SUMÁRIO

| |
|---|
| Introdução |
| Escolha da tecnologia |
| Detalhes construtivos do casco |
| Autonomia e sustentabilidade |
| Características principais |
| <i>Dimensões e desempenho</i> |
| <i>Tripulação total, base comparativa</i> |
| <i>GAE típico</i> |
| <i>Balanço de pesos do NAe 62.000</i> |
| <i>Verificação dos parâmetros básicos de estabilidade</i> |
| <i>Comparação do NAe 62.000 com outras classes de navio-aeródromo</i> |
| Logística |
| Conclusão |
| Anexo: |
| Desenho do NAe 62.000 |

INTRODUÇÃO

Neste segundo artigo sobre o tema, abordaremos os aspectos relativos ao dimensionamento de uma proposta de nova

classe composta de dois navios-aeródromo (NAe), a ser obtida pela Marinha do Brasil no espaço temporal até 2032, segundo o Plano de Articulação e de Equipamento da Marinha do Brasil (Paemb) vigente. Não men-

^[1] Engenheiro civil, empresário e membro da Sociedade Amigos da Marinha de São Paulo (Soamar-SP). É Segundo-tenente RM2-CA.

cionaremos os temas tratados anteriormente, que se referem às doutrinas e justificativas de aquisição e operação de NAe por nossa Marinha.

Dando sequência ao trabalho publicado pela *Revista Marítima Brasileira* no 3º trimestre de 2009,¹ este artigo tem por objetivo inserir novas informações e rever ou refinar alguns cálculos e critérios – o que nos levou a ampliar as dimensões do NAe proposto para 62 mil toneladas (t) de deslocamento carregado. O texto será eminentemente técnico e abordará temas como custos, construção e logística, não repetindo os conceitos mencionados no artigo anterior.

O presente trabalho se propõe a explicar as vantagens de um NAe de 62 mil t, relativamente a um de 55 mil t, anteriormente sugerido. Baseia-se em fontes e bibliografia ostensivas e em avaliações do próprio autor, não refletindo pontos de vista oficiais da Marinha do Brasil nem interesses comerciais. O autor deseja manifestar agradecimentos especiais ao professor Eduardo Italo Pesce, pelo incentivo à realização desta pesquisa, pela leitura crítica do texto e pelas sugestões.

ESCOLHA DA TECNOLOGIA

A demanda contínua relativamente elevada de energia elétrica a bordo e a disponibilidade de novas tecnologias, como motores de propulsão elétrica mais modernos, catapultas e aparelhos de parada eletromagnéticos, viabilizam a escolha da solu-

ção do navio “totalmente elétrico”. Portanto, podemos gerar e racionalizar o uso de apenas um único tipo de energia para todas as aplicações de bordo, com o emprego da geração combinada por turbina a gás + turbina a vapor.

Este princípio consagrado de geração consiste no aproveitamento da energia cinética contida na exaustão das turbinas a gás para a geração de vapor – que por sua vez aciona um turbogerador, produzindo um adicional de energia elétrica. O processo tem um rendimento térmico muito elevado, possibilitando um consumo muito eficiente do combustível de propulsão, o diesel naval.²

O processo tem um rendimento térmico muito elevado, possibilitando um consumo muito eficiente do combustível de propulsão, o diesel naval

No presente estudo, o autor concebeu dois conjuntos geradores de energia elétrica idênticos, constituídos da seguinte maneira: 1 x turbina LM2500+G4 de 35 MW (megawatts); 1 x turbina LM1600 de 15 MW; 2 x turbinas LM500 de 4,4 MW; e

1 x turbina a vapor de 22 MW. Todas as turbinas acionariam seus respectivos geradores elétricos, e as quatro turbinas a gás seriam dispostas de forma que seus gases de exaustão entrassem num gerador de vapor comum, que alimentaria a turbina a vapor do conjunto.

A escolha de tipos e o escalonamento das turbinas visariam ao aproveitamento máximo de combustível, em função da demanda num dado instante. As turbinas a gás são muito flexíveis, podendo ser ligadas e gerar energia em cerca de cinco mi-

¹ Cf. René Vogt, “NAe 55.000 – Um sucessor para o NAe São Paulo”, *Revista Marítima Brasileira* 129 (7/9): 96-109 – Rio de Janeiro, jul./set. 2009.

² *Ibidem*.

nutos. Entretanto, o circuito a vapor moderno demanda de 30 a 40 minutos para poder entrar em operação e gerar energia. Em regime mínimo, as turbinas LM500 funcionariam em primeiro lugar nos dois conjuntos, para manter o circuito de vapor “quente” e em prontidão – mesmo não havendo inicialmente vapor suficiente para acionar o turbogerador. À medida que a demanda por energia aumentasse, efetuar-se-ia a manobra de “entrar” com as turbinas maiores de forma escalonada, desligando as turbinas menores e outras combinações, visando sempre à otimização do consumo de diesel naval – primeiro com um conjunto gerador; e, em regime de pico, com os dois.

Pelos cálculos efetuados, baseados na literatura técnica ostensiva, a energia gerada com o vapor corresponde de 35,4% a 39,3% da energia primária gerada com as turbinas a gás, o rendimento aumentando à medida que o número de turbinas aumenta até que as quatro (dentro do mesmo conjunto) gerem simultaneamente. O pico de geração, com os dois conjuntos geradores funcionando, se situaria em torno de 156 MW.

Evidencia-se assim o uso mais racional do combustível, assim como o ganho de energia elétrica para a mesma quantidade de diesel naval consumida e, conseqüentemente, o aumento da autonomia e sustentabilidade do navio. A administração do consumo de energia a bordo e a necessária geração, visando à otimização do processo, demandariam um sistema informatizado, devido às opções em cada instante e o tempo

de reação reduzido. Adicionalmente, o navio disporia de seis grupos diesel-geradores de 3 MW cada, a serem utilizados a critério do chefe do Departamento de Máquinas. Estes 18 MW disponíveis seriam suficientes para levar o navio a qualquer porto numa situação de emergência extrema.

Uma inovação construtiva, sugerida pelo autor, seria a exaustão horizontal por bombordo (BB), abaixo do balanço do convés de voo e aproximadamente na sua parte mais larga, fazendo com que a composição vetorial do fluxo de gases e o vento advindo do movimento do navio afastem

os gases para longe do navio. Os gases de exaustão das turbinas já perdem temperatura significativamente nos trocadores de calor/geradores de vapor. Finalmente, são refrigerados mediante a aspersão de água salgada, até saírem para a atmosfera a uma temperatura de aproximadamente 60°C.

Esta solução também evita o problema construtivo de dutos

verticais volumosos até a ilha acima do convoo, onde a exaustão dos gases quentes poderia criar turbulências justamente no ponto crítico de pouso das aeronaves – a “cabeceira” do convés oblíquo. Contudo, este princípio demanda teste num modelo em escala, pois a exaustão dos gases por BB poderia comprometer a operação do elevador de BB a ré, obrigando os projetistas a transferi-lo para boreste (BE).

A nova e moderna tecnologia de propulsão elétrica reduz de forma marcante a assinatura acústica do navio, devido ao nível mínimo de vibrações e ruídos – bene-

A nova e moderna tecnologia de propulsão elétrica reduz de forma marcante a assinatura acústica do navio, devido ao nível mínimo de vibrações e ruídos – benefício típico dos motores elétricos

fício típico dos motores elétricos. A real fonte de ruídos seriam os geradores primários, porém estes são enclausurados e montados em bases elásticas. Os demais fatores são relacionados à hidrodinâmica do casco. Outra grande vantagem desta proposta é a flexibilidade na localização das unidades de propulsão dentro do casco do navio, possibilitando a redução drástica do comprimento dos eixos propulsores.

A tecnologia dos motores elétricos está evoluindo para os motores supercondutores, em estágio bem avançado. Atualmente, porém, a opção mais segura seria por motores de ímã permanente, ou PMM (*Permanent Magnet Motors*). Estes foram desenvolvidos primeiro na Alemanha, para a propulsão de submarinos convencionais. Nos Estados Unidos, uma firma desenvolveu motores PMM de 36 MW, destinados aos contratorpedeiros da nova classe *Zumwalt* (DDG-1000). Para o NAe 62.000, necessitamos de quatro motores de 36MW, cada par acionando um eixo/hélice através de sua respectiva transmissão com mancal de empuxo.

O novo conceito de Emals (*Electro Magnetic Aircraft Launching System*),³ ou catapultas eletromagnéticas, traz vantagens em relação ao sistema tradicional de catapulta a vapor, apresentando eficiência elétrica superior a 89%, menor peso e metade do volume, 30% menos pessoal de operação e manutenção, custo de ciclo de vida 20% menor, vida útil das células das aeronaves 30% maior e, sobretudo, menor sacrifício da saúde dos pilotos. O sistema informatizado de controle nos lançamentos permite uma flexibilidade operacional

impossível de ser conseguida com as catapultas a vapor.⁴ No caso do NAe 62.000, escolhemos duas catapultas de 90 m, capazes de lançar aeronaves de 40,0 t em 2,0 segundos a 333 km/h (180 nós).

No sistema Emals, um motor/gerador de 3.808 kW armazena a energia necessária ao lançamento, trabalhando como “motor” até atingir 6.400 RPM em 45 segundos. Neste ponto, o acumulador de energia passa a funcionar como gerador, descarregando a energia armazenada por meio de um “*cycle converter*”, sob a forma de pulso em dois a três segundos, energizando as bobinas do estator do motor linear que aciona a catapulta. A energia máxima liberada, para lançar uma aeronave de 40 t a uma velocidade final de 333 km/h, equivale a um trabalho realizado igual a 171 MJ (47,6 kWh) em 2,0 segundos.⁵

Teoricamente, parte da energia gasta no lançamento poderia ser recuperada no pouso. Não toda, pois não existe “moto contínuo” e, no lançamento, o peso e a velocidade são maiores do que no pouso. Entretanto, com o aparelho de parada elétrico AAG (*Advanced Arresting Gear*), em vez de utilizar um pistão hidráulico para dissipar calor, o mecanismo aciona um gerador de eletricidade com a energia cinética do avião em pouso. Esta energia gerada pode ser armazenada numa bateria de acumuladores, disponibilizando energia para pronto uso pela rede do sistema elétrico do navio. O princípio é idêntico ao sistema de frenagem magnético dos trens de alta velocidade – onde, durante a frenagem, os motores passam a funcionar como geradores, devolvendo energia à rede.

³ Cf. DOYLE, Michael R. et al. *Electromagnetic Aircraft Launch System – Emals*. Lakehurst: Naval Air Warfare Center, s.d. Disponível em <http://www.navair.navy.mil/lakehurst/nlweb/ieeerevc.pdf>. Acesso em 05/01/2011.

⁴ Cf. René Vogt, “NAe 55.000 – Um sucessor para o NAe São Paulo”, *Revista Marítima Brasileira* 129 (7/9): 96-109 – Rio de Janeiro, jul./set. 2009.

⁵ *Ibidem*.

Como sempre ocorre durante o desenvolvimento de novas tecnologias, há os céticos que – com receio dos riscos inerentes às novidades – preferem se apegar às soluções passadas e consagradas, bloqueando o desenvolvimento. Entretanto, a U.S. Navy decidiu, de forma irrevogável, aplicar as novas tecnologias ao NAe de propulsão nuclear USS *Gerald R. Ford* (CVN-78), ora em construção.

A firma encarregada do desenvolvimento do Emals e do AAG recebeu fundos adicionais de US\$ 675,2 milhões, para entrega dos equipamentos no ano fiscal FY2014 (Federal Year), estando a prontificação do CVN-78 prevista para o FY2015. Já no primeiro semestre de 2008, o fabricante disponibilizou o gerador ESS (*Energy Storage System*) para os primeiros testes. Em 18 de dezembro de 2010, foi realizado o primeiro lançamento de aeronave com catapulta eletromagnética, em Lakehurst, New Jersey.⁶

No último salão da Euronaval em Paris, a DCNS e STX France apresentaram a maquete de uma nova versão do seu projeto PA2, agora com 59 mil t de deslocamento carregado (em vez das 65 mil t originais), com propulsão elétrica e geração diesel + turbina a gás, mas provido de catapultas a vapor e aparelhos de parada convencionais.⁷ Esta abordagem prudente provavelmente visa à redução do risco do projeto, demonstrando também a dificuldade de

aplicação da tecnologia Emals/AAG fora dos EUA – apesar do elevado nível de sofisticação tecnológica da França.

Um detalhe interessante do PA2 francês é a proposta de três eixos de propulsão. Para o NAe 62.000, optamos por dois eixos/hélices com uma carga de 60 MW cada. Talvez fosse mais interessante ou conveniente adotar três eixos com 40 MW em cada um deles. Entretanto, isto deveria ser objeto de um estudo separado e específico.

DETALHES CONSTRUTIVOS DO CASCO

Com convoo de 280 m de comprimento, um NAe de 62 mil t permitiria o emprego de duas catapultas de 90,0 m, possibilitando pousos e decolagens simultâneos

Com convoo de 280 m de comprimento, um NAe de 62 mil t permitiria o emprego de duas catapultas de 90,0 m, possibilitando pousos e decolagens simultâneos. A primeira catapulta ficaria a vante a BE, e a segunda sobre o convés oblíquo a BB. Com relação à versão de 55 mil t, a

largura média do convoo aumentaria para 70 m. A localização do elevador a ré poderia ser deslocada de BB para BE, dependendo dos testes de exaustão pelo bordo, realizados em túnel de vento. Neste caso, a ilha ficaria entre os dois elevadores, deslocada mais para vante, gerando menos turbulência sobre o convés oblíquo. A área de pouso teria 210 m x 26 m, com ângulo de 9° para BB em relação ao eixo longitudinal do navio, provida de três cabos de parada e barreira de segurança.

⁶ Cf. Thomas Worsdale, “Navy launches first aircraft using EMALS”, *Air Force Print News Today*, 05 January 2011. Disponibilizado em <http://www.macguire.af.mil/news/>. Acesso em 18/01/2011.

⁷ Cf. “DCNS et STX France proposent un nouveau design de porte-avions”, *Mer et Marine : Toute l'actualité maritime*, 02/11/2010. Disponibilizado em <http://www.meretmarine.com/>. Acesso em 03/11/2010.

Na linha-d'água, teríamos 263,0 m de comprimento entre perpendiculares, 38,0 m de boca e calado carregado de 10,5 m. Disso resultaria maior volume interno e mais estabilidade, com coeficiente de bloco 5% menor em relação ao NAe 55.000 – o que seria vantajoso. Isso significa que haveria menos resistência ao avanço, embora a razão L/B (comprimento/largura na linha-d'água) do NAe 62.000 fosse 2% menos esbelta que a do modelo de 55 mil t. O volume interno maior aumentaria a capacidade de estocar líquidos e cargas, melhorando a autonomia e a sustentabilidade.

O bordo livre de 19,5 m seria 0,5 m maior que o do NAe 55.000. A altura da linha-d'água até o convés do hangar ficaria com 8,3 m. Com pontal de 30,0 m, teríamos uma altura de 4,2 m para o “*gallery deck*”, hangar com tirante livre de 7,0 m e tirante dos tanques (altura da quilha ao convés de nível mais inferior) de 2,8 m – resultando em cinco conveses abaixo do hangar, com alturas de 3,2 m entre conveses.

Isso representaria uma vantagem construtiva, devido à necessidade de passagem de dutos e cabos de todos os tipos. Numa primeira aproximação, o volume estimado dos tanques seria de 18 mil m³.

O método construtivo seria modular, com megablocos pré-fabricados e montados em dique seco. Internamente, o navio seria subdividido em módulos ou seções estanques, cada qual provida de suas próprias redes de distribuição elétrica, tubulações em geral e dutos de ventilação, além

da rede de incêndio. Este princípio construtivo reduziria o peso de equipamentos e instalações, evitaria a propagação de incêndios e melhoraria a flutuabilidade em caso de avaria, aumentando a capacidade de sobrevivência.

A estabilidade seria melhorada, com o emprego de bolinas e dois pares de estabilizadores ativos, um a vante e outro a ré das bolinas. Os lemes seriam dois, alinhados com os eixos dos hélices. Na proa, o NAe seria provido de um bulbo que ajudaria a melhorar a estabilidade e reduzir a resistência ao avanço, com economia de

combustível de propulsão. O bulbo poderia abrigar um sonar do tipo “*conformal array*” para a detecção de minas e torpedos.

AUTONOMIA E SUSTENTABILIDADE

No estudo relativo ao NAe 55.000, o autor elaborou um gráfico que relaciona as velocidades com a demanda de energia e autonomia. O mesmo gráfico continuaria

válido para o NAe 62.000. Considerando somente a autonomia teórica, com velocidade igual a 18 nós, sem considerar vento nem correnteza, a autonomia seria de 19.900 milhas marítimas. Simulações simplificadas de operações de baixa, média e alta intensidades, avaliando a sustentabilidade em função do consumo de combustível do navio (diesel naval), bem como de combustível (JP-5) e munição (bombas, mísseis e foguetes) das aeronaves embarcadas, estão resumidas na Tabela nº 1.

O NAe seria provido de um bulbo que ajudaria a melhorar a estabilidade e reduzir a resistência ao avanço, com economia de combustível de propulsão. O bulbo poderia abrigar um sonar do tipo “*conformal array*” para a detecção de minas e torpedos

Tabela nº 1: Autonomia e em operação

| OPERAÇÕES | DIESEL NAVAL | | COMBUSTIVEL DE AVIAÇÃO | | MUNIÇÕES | |
|-------------------|----------------|----------------|------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | NAe 55.000 | NAe 62.000 | NAe 55.000 | NAe 62.000 | NAe 55.000 | NAe 62.000 |
| Baixa Intensidade | 36 dias de mar | 44 dias de mar | 20 dias de operação | 28 dias de operação | 16 saídas/dia 12 dias de operação | 20 saídas/dia 12 dias de operação |
| Média Intensidade | 30 dias de mar | 38 dias de mar | 13 dias de operação | 18 dias de operação | 32 saídas/dia 06 dias de operação | 40 saídas/dia 06 dias de operação |
| Alta Intensidade | 26 dias de mar | 33 dias de mar | 07 dias de operação | 10 dias de operação | 72 saídas/dia 03 dias de operação | 90 saídas/dia 03 dias de operação |

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Dimensões e desempenho

Os cálculos efetuados nos levaram a um estudo de projeto de concepção com as características mostradas na Tabela nº 2.

Tabela nº 2: Características básicas do NAe 62.000

| | |
|---|---|
| Comprimento total (comprimento do convóio) | 280,00 m |
| Comprimento entre perpendiculares (linha-d'água) | 263,00 m |
| Boca na linha-d'água | 38,00 m |
| Calado máximo | 10,30 m |
| Razão L ÷ B (linha-d'água) | 6,92 |
| Coefficiente de bloco | 0,59 |
| Deslocamento carregado | 62.000 t |
| Largura média do convóio | 70,00 m |
| Largura máxima do convóio (final do convés oblíquo) | 79,00 m |
| Área do convóio, inclusive elevadores | 17.300 m ² |
| Convés oblíquo (pouso das aeronaves de asa fixa) | 210 x 26 m |
| Catapultas | 2 x 90 m |
| Portão (quilha ao convóio) | 30,00 m |
| Bordo livre (linha-d'água ao convóio) | 19,30 m |
| Altura do convés do hangar à linha-d'água | 8,30 m |
| Densidade de potência | 1,93 kW/t (full load) |
| Potência total de propulsão | 120,0 MW nominais |
| Potência total instalada | 156,0 MW |
| Ciclo combinado | 8 x turbinas a gás: 112,0 MW 2 x turbinas a vapor: 44,0 MW |
| Auxiliar / Emergência | 6 x geradores diesel: 18,0 MW |
| Rede elétrica (hotelaria + catapultas) | 30,0 MW |
| Velocidade máxima | 30+ nós |
| Velocidade de cruzeiro | 18 nós |
| Autonomia | 19.900 milhas marítimas / 18 nós |
| Mantimentos | 45 dias |

Tripulação total, base comparativa

a) O projeto CVV da Marinha dos EUA⁸ previa 4.024 oficiais e praças;

b) O *Charles de Gaulle* francês tem uma tripulação total de 1.950 homens, com víveres para 45 dias;

c) O projeto do USS *Gerald R. Ford* (CVN-21) prevê uma tripulação fixa de 2.400

oficiais e praças. O pessoal da *Carrier Air Wing* (CVW) embarcado incluirá outros 2.450 oficiais e praças para 80 aeronaves (30,6 por aeronave), perfazendo um total geral de 4.850 tripulantes.

d) Para o NAe 62.000, estimamos a tripulação do navio em 1.100 oficiais e praças (inclusive comando de força naval embarcado), e o grupo aéreo embarcado (GAE)

⁸ Cf. Norman Friedman, *U.S. Aircraft Carriers: An Illustrated Design History* (Annapolis: Naval Institute Press, 1983), pp.323-333.

em mais 1.440 oficiais e praças (média de 30 por aeronave). Isto representaria uma dotação de pessoal total de 2.540 oficiais e praças.

GAE típico

A composição típica do GAE a bordo do NAe 62.000 incluiria: 30 x aeronaves de interceptação e ataque (com capacidade secundária de reconhecimento e guerra eletrônica); 06 x aeronaves de alarme aéreo antecipado, reabastecimento em voo e transporte logístico (AEW, REVO e COD); 12 x helicópteros de múltiplo emprego (guerra antissubmarino, ataque a navios, busca e salvamento/guarda de aeronaves, reabastecimento vertical etc.); e 06 x veículos aéreos não tripulados (Vant) de asa rotativa, de grande porte. A dotação nominal de meios aéreos incluiria um total de 48 aeronaves tripuladas e seis Vants.

Balanço de pesos do NAe 62.000 (comparação baseada no CVV, segundo Norman Friedman⁹)

Tabela nº 3: Balanço de pesos do NAe 62.000

| BALANÇO DE PESOS | |
|-----------------------------|----------|
| Deslocamento a pela carga | 62.000 t |
| Deslocamento leve | 44.650 t |
| Carga morta (DWI) | 17.350 t |
| DISTRIBUIÇÃO DA CARGA MORTA | |
| GAE + sobressalentes | 650 t |
| Tripulação e pertences | 500 t |
| Munição | 2.500 t |
| Combustível de aviação | 5.200 t |
| Diesel naval | 7.100 t |
| Lubrificantes | 150 t |
| Água | 350 t |
| Mantimentos | 900 t |

⁹ Ibidem, pp.323-333.

Verificação dos parâmetros básicos de estabilidade

Nota da Redação da *Revista Marítima*:

O autor apresentou neste subitem uma série de fórmulas empíricas – “largamente empregadas” – para chegar à conclusão “que as dimensões propostas para o NAe 62.000 são viáveis e realistas, conforme a literatura técnica ostensiva”.

Para simplificar a transcrição da matéria não a reproduziremos conforme o texto original. Os leitores que desejarem conhecer a dedução de natureza eminentemente técnica poderão contactar o autor – rene@rmvogt.com.br.

Comparação do NAe 62.000 com outras classes de navio-aeródromo

Desde a publicação do trabalho original, na *RMB* do 3º trimestre de 2009, o autor desenvolveu um estudo complementar do NAe com o objetivo de otimizar o projeto em vários aspectos de engenharia e operacionais, resultando numa versão ligeiramente ampliada, que ora denominamos NAe 62.000 t.

Foram melhorados os espaços e a distribuição estrutural dos conveses, com maior capacidade de tanques e maior estabilidade. As tabelas da página seguinte comparam os dois estudos do autor com os CVF britânicos (classe *Queen Elizabeth*), o PA2 e o *Charles de Gaulle* franceses e o projeto cancelado do CVV norte-americano de 1977, com o intuito de chamar a atenção do leitor para a tendência moderna no quesito “tamanho”:

LOGÍSTICA

Por ocasião da publicação do nosso trabalho original, ainda não tinham sido

Tabela nº 4: Características básicas comparadas

| DIMENSÕES | NAe 55.000 | NAe 62.000 | CVV/77 | Charles de Gaulle | CVF | PA2 DCNS + STX |
|--------------------------|---|---|--|-------------------------|-------------------------------------|--|
| Compr. Total | 273,0 m | 280,0 m | 276,3 m | 261,5 m | 284,0 m | 285,0 m inclusive bulbo |
| Compr. WL | 254,0 m | 263,0 m | 260,6 m | 240,0 m | 250,0 m | n.d. |
| Boca WL | 36,0 m | 38,0 m | 38,2 m | 31,5 m | 39,0 m | n.d. |
| Calado máximo | 9,7 m | 10,5 m | 10,5 m | 8,5 m | 11,0 m | n.d. |
| Desloc. Máx. | 55.000 T | 62.000 T | 59.800 T | 42.000 T | 65.000 T | 59.000 T |
| Compr. Convoo | 273,0 m | 280,0 m | 273,6 m | 261,0 m | 284,0 m | 272,0 m |
| Largura convoo | 66,0 m | 70,0 m | 76,8 m | 64,0 m | 73,0 m | 70,0 m |
| Área Convoo | 15.800 m ² ca. | 17.300 m ² ca. | n.d. | 12.000 m ² | 13.000 m ² | 15.700 m ² |
| Elevadoes | 02 | 02 | 02 | 02 | 02 | 02 |
| Tipo Operação | CATOBAR | CATOBAR | CATOBAR | CATOBAR | STOVL | CATOBAR |
| Catapultas | 02 x 75 m EMALS | 02 x 90 m EMALS | 02 x 75 m VAPOR | 02 x 75 m VAPOR | x | 02 x 90 m VAPOR |
| Cabos | 03 | 03 | 03 | 03 | x | 03 |
| Pista de pouso | 200,0 m | 200,0 m | 200,0 m | 195,0 m | x | n.d. |
| Hangar | 190,0 x 26,0 m H = 7,0 m | 190,0 x 26,0 m H = 7,0 m | n.d. | 180,0 x 22,0 m | 155,0 x 33,5 m H = 6,7 m | n.d. |
| GAE | 42 | 50 | 50 | 35 | 50 | 40 |
| Geração | 4 x WR-21 gás; 1 x 20 MW vapor; 6 x 7,4 MW diesel | 8 x turb.gás; 2 x turb.vapor; 6 x diesel-ger. | 6 x 2,5 MW turbo-ger.vapor 2 x 2,0 MW die | Nuclear | 2 x MT-30 36 MW 4 x 40 MW die | 3 x diesel-ger. 1 x turb-ger.gas Total : 85 MW |
| Propulsão | 4 x 25 MW 2 x eixos | 4 x 30 MW 2 x eixos | 105 MW vapor; 2 x eixos | 56MW vapor 2 x eixos | 2 x 30 MW ele. 2 x eixos | 3 x eixos ele. 64 MW |
| Dens. Potência Propulsão | 1,82 kW/(fl) | 1,93 kW/(fl) | 1,76 kW/(fl) | 1,33 kW/(fl) | 0,92 kW/(fl) | 1,08 kW/(fl) |
| Veloc. Máx. | 32 nós | 30+ nós | 28 nós | 27 nós | 25 nós | 26 nós |
| Autonomia | 19.000 milha a 18 nós | 19.900 milha a 18 nós | 8.000 milha a 20nós | Ilimitada | 10.000 milha a 15 nós | n.d. |
| Tripulantes Navio | 1.300 | 1.100 | 2.524 | 1.300 | 600 | 900 |
| Tripulantes GAE | 1.200 | 1.440 | 1.500 | 600 | 900 | 800 |
| Autonomia mantimentos | 45 dias | 45 dias | 45 dias | 45 dias | 7 dias | n.d. |

Tabela nº 5: Balanço de pesos comparado

| PESOS | NAe 55.000 | NAe 62.000 | CVV (EUA) | Charles de Gaulle (França) | CVF (Reno Unido) | PA2 (França) |
|---------------|------------|------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|--------------|
| Desloc. Máx. | 55.000 t | 62.000 t | 59.794 t | 42.000 t | 65.000 t | 59.000 t |
| Peso Leve | 41.250 t | 44.630 t | 45.192 t | 35.000 t | n.d. | n.d. |
| Carga Morta | 13.750 t | 17.350 t | 14.602 t | 7.000 t | n.d. | n.d. |
| Munição | 1.950 t | 2.500 t | 1.191 t | 550 t | n.d. | n.d. |
| Comb. Aviação | 3.700 T | 5.200 T | 2.700 T | n.d. | 8.600 t Diesel + JP-5 | n.d. |
| Diesel Naval | 5.700 T | 7.100 T | n.d. óleo de caldeira | 3.400 t | n.d. | n.d. |
| Mantimentos | 900 T | 900 T | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |

anunciados alguns detalhes do Paemb, como, por exemplo, as dimensões dos novos navios de apoio logístico, que deverão deslocar na ordem de 20 mil t. Onde se mudou a versão de autoria do autor de um navio do tipo AOE de 31 mil t para um NAPLog alternativo de 24.200 t de deslocamento máximo, derivado do EGV-702 (classe *Berlin*) da Marinha alemã, man-

tendo as mesmas características arquitetônicas.

A operação de um NAe, junto com seus escoltas, em condições de emprego real demanda uma capacidade de apoio logístico móvel, que atualmente não se encontra disponível na Marinha do Brasil. Nas tabelas 6 e 7, o autor relaciona um estudo feito para navios logísticos similares, mas com mis-

Tabela nº 6: Navios de apoio logístico

| TIPO DE NAVIO | AOE | AKE | AO |
|----------------------------------|---------|---------|---------|
| Diesel naval | 9.000 t | 2.500 t | 9.120 t |
| JP-5 | 900 t | 500 t | 1.700 t |
| Lubrificantes | 110 t | 120 t | 120 t |
| Água | 100 t | 100 t | 100 t |
| Produção 200 m ³ /dia | Sim | Sim | Sim |
| Munição | 350 t | 1.800 t | Não |
| Carga seca / Peças | 120 t | 1.700 t | Não |
| Viveres secos | 350 t | 2.600 t | 100 t |
| Viveres congelados/refrig. | 290 t | 1.900 t | 80 t |
| Esgotos / Efluentes | 165 t | 165 t | 165 t |
| CTRs 20' (convés) | Sim | Sim | Sim |

Tabela nº 7: Requisitos de um NApLog

| ITENS | NAe 55.000 | 4 x F-6000 | CONSUMO TOTAL | NApLog ESTOQUES | Nº REABAST. REPOSIÇÃO | EXTENSAO DA MISSÃO |
|-------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------------------|--|
| DIESEL NAV. | 5.700 t 19.000 mína. 44 dias mar | 3.280 t 6.614 mína. 14 dias mar | 21.830 t 60 dias missão | 9.000 t | F-6: 3 x 3.280T NA: 1 x 2.070T | Total 60 dias Total 60 dias |
| JP-5 | 3.700 t 20 dias oper. | 340 t 20 dias oper. | 6.060 t (50%) 60 dias missão | 900 t | F-6: 1 x 170T NA: 1 x 1.850T | Total 60 dias Total 60 dias |
| LUBRIF. | 150 t | 68 t | 254 t | 110 t | 1 x 110 T TOTAL | |
| MANTIM. | 900 t 45 dias | 280 t 35 dias | 1.680 t 60 dias missão | 640 t | F-6: 1 x 200T NA: 1 x 300T | Total 60 dias Total 60 dias |
| MUN.+TORP. + MISSEIS | 1.950 t | 668 t | 340 t 13% do total | 350 t | 13% estoque total | |

sões diferentes, a partir de um mesmo modelo de casco.¹⁰

O NAe normalmente navega acompanhado de seus escoltas e, a título de estimativa, vamos supor o NAe acompanhado de quatro das fragatas de 6 mil t previstas no Paemb. Para simplificar, adotaremos apenas o regime de navegação em velocidade de cruzeiro de 18 nós, e um gasto 20% do estoque total de munição e mísseis do NAe e das fragatas, para um regime estimado de baixa intensidade. Estudo para o emprego de um navio de apoio logístico (NApLog) do tipo AOE:

Podemos concluir que uma força-tarefa, composta de: 1x NAe + 4x F-6000, em missão durante 60 dias de mar, demandaria 1x NApLog do tipo AOE acompanhando a força e 1x NT do tipo AO (shuttle), para três ou quatro abastecimentos em viagem.

CONCLUSÃO

Pelo acima exposto, vemos que um NAe precisa realmente ter um tamanho mínimo

para poder atender satisfatoriamente à grande multiplicidade de missões em tempos de paz, crise ou guerra. A flexibilidade na consecução de suas missões, mediante a combinação ideal do GAE com a autonomia, sustentabilidade e qualidades náuticas da plataforma, é parâmetro que aponta na direção “maior é melhor” – dentro dos limites da realidade e objetivos políticos do País.

As conclusões da revisão do nosso primeiro estudo levaram à constatação de que seria mais vantajoso construir-se um NAe com deslocamento de 62 mil t carregado – e não de 55 mil t, como anteriormente proposto. O texto e as tabelas acima mostram claramente a vantagem de um navio maior, com uma relação custo/benefício muito melhor, pois a diferença no custo de aquisição recai meramente sobre toneladas de aço e metros de solda. Com um deslocamento carregado 12,7% maior, a autonomia, a sustentabilidade, o tamanho do GAE e o conforto da tripulação são argumentos

¹⁰ N.A.: As denominações norte-americanas para tais tipos de NApLog foram incluídas como referência.

que se impõem, ante um aumento do custo de aquisição incidindo sobre cerca de 10% do total.

O argumento, que há pouco tempo era difícil de ser questionado, a falta de um dique seco de tamanho adequado para a construção de um NAe destas dimensões, hoje não constitui mais um empecilho, posto que o Estaleiro Atlântico Sul (EAS) dispõe de um dique seco de 400 m x 73 m x 12 m, com pórticos rolantes com capacidade de 1.500 t para a construção e a manutenção de um NAe – ou de outros meios de grande porte, como navios de assalto anfíbio.

Se o Paemb vier a ser executado nos moldes previstos¹¹, supondo que sejam alocados os recursos necessários, nos abre possibilidades e portas para uma nova era da construção naval nacional, acompanhada de um vasto programa de desenvolvimento tecnológico que possibilite o emprego e a ampliação da mão de obra nacional em todos os níveis. Este seria, em nossa opinião, o balanço apropriado sobre desempenho militar e operacional *versus* custos de aquisição para um novo NAe, considerando-se as missões a serem cumpridas com rapidez e eficiência pela Marinha do Brasil.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<FORÇAS ARMADAS> Navio-aeródromo; Projeto; Estudo;

¹¹ Cf. “S&D entrevista o comandante da Marinha” – Entrevista do Almirante de Esquadra Julio Soares de Moura Neto, *Segurança & Defesa* 27 (100): 4-18 – Rio de Janeiro, [out./dez.] 2010. Cf. também Eduardo Italo Pesce, “Articulação do Poder Naval brasileiro: dúvidas e comentários”, *Revista Marítima Brasileira* 130 (10/12): 50-61 – Rio de Janeiro, out./dez. 2010.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREWS, David. “Architectural Considerations in Carrier Design”. *International Journal of Maritime Technology* – The Royal Institution of Naval Architects (Rina). London, 2004.
- “DCNS et STX France proposent un nouveau design de porte-avions”. *Mer et Marine: Toute l’actualité maritime*, 02/11/2010. Disponibilizado em <http://www.meretmarine.com/>. Acesso em 03/11/2010.
- DE CARVALHO, Jailton & DOCA, Fernanda. “Dilma decide suspender escolha de caças da FAB”. *O Globo*, Rio de Janeiro, 18/01/2011, p.11 (O País).
- DOYLE, Michael R.; SAMUEL, Douglas J.; CONWAY, Thomas; & KLINOWSKI, Robert R. *Electromagnetic Aircraft Launch System – Emals*. Lakehurst: Naval Air Warfare Center, s.d. Disponibilizado em <http://www.navair.navy.mil/lakehurst/nlweb/ieeerevc.pdf>. Acesso em 05/01/2011.
- EMPIRICAL Formula, s.d. Texto sem indicação de publicação, disponibilizado em <http://www.scribd.com/doc/7109606/Empirical-Formula>. Último acesso em 10/02/2011.
- FRIEDMAN, Norman. *Carrier Air Power*. New York: Rutledge Press, 1981.
- _____. *U.S. Aircraft Carriers: An Illustrated Design History*. Annapolis: Naval Institute Press, 1983.
- PESCE, Eduardo Italo. “Articulação do Poder Naval brasileiro: Dúvidas e comentários”. *Revista Marítima Brasileira* 130 (10/12): 50-61. Rio de Janeiro, out./dez. 2010.
- _____. “Plano de Equipamento e Articulação da Marinha do Brasil (Peamb) 2010-2030: Perspectivas”. *Revista Marítima Brasileira* 130 (4/6): 73-88. Rio de Janeiro, abr./jun. 2010.
- _____. “Aviação Naval: Perspectivas”. *Revista Marítima Brasileira* 129 (7/9): 84-95. Rio de Janeiro, jul./set. 2009.
- _____. “Um navio-aeródromo de helicópteros de assalto para a Marinha do Brasil”. *Revista Marítima Brasileira* 127 (7/9): 75-79. Rio de Janeiro, jul./set. 2007.
- _____. “Navio-aeródromo: tamanho é documento?” *Monitor Mercantil*, Rio de Janeiro, 16/08/2006, p.2 (Opinião).
- _____ & VOGT, René. “NE/NAeH 10.000 – Um navio-escola multiuso para a Marinha do Brasil”. *Revista Marítima Brasileira* 130 (1/3): 65-78. Rio de Janeiro, jan./mar. 2010.
- “S&D ENTREVISTA o comandante da Marinha”. Entrevista do Alte Esq Júlio Soares de Moura Neto. *Segurança & Defesa* 27 (100): 4-18. Rio de Janeiro, [out./dez.] 2010.
- VENTURA, Manuel. *Some Design Criteria in Basic Ship Design*. Ship Design I – MSc in Marine Engineering and Naval Architecture. Lisboa: Instituto Técnico Superior (ITS), s. d. Texto disponibilizado em <http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/EN/SD-1.1.3-Design-Criteria.pdf>. Último acesso em 10/02/2011.
- VOGT, René. “NAe 55.000 – Um sucessor para o NAe São Paulo”. *Revista Marítima Brasileira* 129 (7/9): 96-109. Rio de Janeiro, jul./set. 2009.
- WORSDALE, Thomas. “Navy launches first aircraft using EMALS”. *Air Force Print News Today*, 05 January 2011. Disponibilizado em <http://www.macguire.af.mil/news/>. Acesso em 18/02/2011.

Venha visitar o Espaço Cultural e embarque na história da navegação!

ESPAÇO CULTURAL DA MARINHA

AV. ALFRED AGACHE S/Nº CENTRO - INFORMAÇÕES: (0XX-21) 2104-6025
2104-6870



Ao visitar o Espaço Cultural da Marinha, você vai embarcar numa sensacional viagem pela história do Brasil. Logo na entrada, a exuberante Galeota D. João VI vai transportá-lo ao século XIX. Construída em 1808, em Salvador, esteve em uso até os primeiros governos republicanos.

O Espaço Cultural apresenta mais três módulos. No seu itinerário, percorra a *História da Navegação*, mergulhe na *Arqueologia Subaquática*.

Senhores passageiros, a viagem ainda não terminou. Ela continua a bordo do Navio-Museu *Bauru*, antigo Contratorpedeiro, que participou da Segunda Guerra Mundial, e do *Submarino-Museu Riachuelo*, atracado no cais do Espaço.

É a Marinha cada vez mais perto de você, valorizando a cultura e a nossa História.

Aberto à visitação de terça a domingo, de 12h às 17h, com entrada gratuita.