

A BUSCA DE GRANDEZA – (IX)*

Conhecimento, Experiência e Programas Navais (Parte 1)

“Knowledge is the only instrument of production that is not subject to diminishing returns”

J. M. Clark

ELCIO DE SÁ FREITAS**

Vice-Almirante (Ref^o-EN)

SUMÁRIO

Conhecimento e experiência
Conhecimento, experiência e programas navais
Acumulação de experiência e conhecimento em países desenvolvidos
Acumulação de experiência e conhecimento em outros países
Transformação de experiência em conhecimento
Utilização de experiência
Cinco programas estrangeiros de submarinos
Breve exame do Programa *Collins*
Áreas críticas
Resultados do Programa *Collins*
Lições do Programa *Collins*

Nunca é demais refletir sobre conhecimento e experiência. Convém fazê-lo utilitariamente no preparo e execução de grandes empreendimentos. Para isso, não basta identificar condicionantes e princípios. É também necessário estudar realizações importantes e delas extrair lições.

Este artigo aborda utilitariamente conhecimento e experiência. Inicia-se com uma exposição de condicionantes e princípios básicos. Seguem-se exames de realizações, baseados em análises ostensivas realizadas para os Departamentos

de Defesa dos Estados Unidos, do Reino Unido e da Austrália.

CONHECIMENTO E EXPERIÊNCIA

Conhecimento é instrumento para realizações. Quanto mais existe, mais crescentemente produz. Deriva de várias fontes. Uma das mais úteis é a experiência.

Experiência é a memória de realizações. Além de poder gerar conhecimento, é útil para avaliar e aplicar conhecimentos emanados de outras fontes.

* Continuação da série publicada no 3º trim./2006; no 2º trim./2007; nos 1º, 2º, 3º e 4º trim./2011; e nos 2º e 3º trim./2012.

** Serviu na Diretoria de Engenharia Naval de dezembro de 1981 a agosto de 1990, tendo sido seu diretor de dezembro de 1984 a agosto de 1990.

O valor da experiência depende de sua transformação em conhecimento. Para um indivíduo, é simples transformar experiência em conhecimento. O mesmo não sucede para organizações.

CONHECIMENTO, EXPERIÊNCIA E PROGRAMAS NAVAIS

Conhecimento e experiência são decisivos em programas de projeto e construção de navios de guerra. Determinam custos, prazos e desempenhos.

A Estratégia Nacional de Defesa [1] incluiu a defesa do País entre as preocupações permanentes do Estado brasileiro. Desde então sucedem-se ações e discussões para desenvolver a indispensável Base Logística de Defesa¹ e equipar as Forças Armadas. Aí se destacam programas de projeto e construção de navios de guerra.

O moderno navio de guerra é complexa concepção de engenharia que integra múltiplos sistemas. Seu projeto, construção, testes, provas, avaliações e apoio logístico são etapas de um longo e grande empreendimento que abrange vasto campo de conhecimentos. Maior empreendimento ainda é a formulação e execução de um programa naval destinado a realizar

todas as etapas de obtenção de vários navios de guerra, desde o projeto até avaliações de engenharia e apoio logístico integrado. Conhecimento e experiência são então cruciais em todos os níveis e setores. Quanto mais existir conhecimento e experiência, menores serão os riscos, e maior a probabilidade de sucesso. São então fundamentais as seguintes questões:

Como acumular experiência?

Como transformar experiência em conhecimento?

Como utilizar conhecimento?

Conhecimento e experiência são então cruciais em todos os níveis e setores. Quanto mais existir conhecimento e experiência, menores serão os riscos, e maior a probabilidade de sucesso

ACUMULAÇÃO DE EXPERIÊNCIA E CONHECIMENTO EM PAÍSES DESENVOLVIDOS

Para acumular experiência e transformá-la em conhecimento, é necessário um processo sistemático. Quanto menos frequentes as

realizações, mais importante ele será. Em países desenvolvidos, esse processo normalmente ocorre, explicitamente ou não.

Projetos e construções de navio de guerra são realizações raras ou inexistentes em países de desenvolvimento retardado, mas frequentes em países desenvolvidos. Porém até nestes últimos tais realizações agora ocorrem com menor frequência. A causa principal é o crescente custo dos

¹ Base Logística de Defesa (BLD) – Conceito formulado por Eduardo Siqueira Brick é o “complexo industrial, de ciência, tecnologia e inovação, de inteligência tecnológica, de apoio logístico, de financiamento para defesa e de mobilização e, ainda, o arcabouço legal que a organiza e viabiliza. Todos esses componentes estão intimamente relacionados e não podem ser analisados isoladamente, pois as influências mútuas são grandes e todos contribuem para o mesmo fim: prover as Forças Armadas dos meios necessários e sustentá-los em condições de uso”, além de concorrerem para o desenvolvimento da capacidade e competitividade industrial do País como um todo [9]. Ele é mais abrangente do que o conceito de Base Industrial de Defesa (BID), expressão adotada pelo Ministério da Defesa para designar o conjunto de empresas estatais e privadas, bem como organizações civis e militares, que participem de uma ou mais das etapas de pesquisa, desenvolvimento, produção, distribuição e manutenção de produtos estratégicos de defesa. Base Logística de Defesa é um conceito mais amplo e explícito do que Base Industrial de Defesa, definido pelo Ministério da Defesa. O fato de ser mais abrangente é importante para países como o nosso, onde a cultura de defesa ainda é incipiente.

sistemas de armas e de comando, controle, comunicações, computadores, inteligência, vigilância e reconhecimento (C4ISR).

Rareando as realizações, diminui o ritmo de acumulação de experiência e de sua transformação em conhecimento. Rareando ainda mais, a experiência se perde ou é negligenciada, causando prejuízos em tempo, custo e desempenho. Num país desenvolvido, esses danos são logo reconhecidos, e sua causa identificada. Segue-se um período de correções, que se vale de conhecimentos acumulados. A partir daí, novas realizações podem suceder-se eficientemente. Casos como esses acontecem, mas poucos são divulgados.

A referência [2] é um estudo de tais casos, realizada pela *Rand Corporation* para a Marinha dos Estados Unidos da América (EUA) e os Departamentos de Defesa do Reino Unido e da Austrália. Ela analisa e extrai lições de cinco programas de projeto e construção de submarinos, alvos das referências [3], [4] e [5]. Muitas dessas lições se aplicam também a navios de guerra de superfície. O fato de analisar programas em marinhas de três diferentes níveis tecnológicos torna a referência [2] valiosa fonte para formular, conduzir e executar programas navais em outras marinhas.

ACUMULAÇÃO DE EXPERIÊNCIA E CONHECIMENTO EM OUTROS PAÍSES

Em países de desenvolvimento retardado são raras as grandes realizações. Elas pouco resultam em conhecimento. Além de incompletas, pois suas partes mais im-

portantes ocorrem no exterior, não geram memória objetiva nem analisada. Seus registros geralmente são burocráticos ou narrativos, exceto os que ficam nas mentes dos participantes. Mas estes se dispersam, e pouco ou nada resta após o longo hiato até a próxima realização. Quando esta se inicia, quase tudo se passa como se fosse inédito. Seus participantes não têm condições de utilizar lições das realizações anteriores.

TRANSFORMAÇÃO DE EXPERIÊNCIA EM CONHECIMENTO

Em países de desenvolvimento retardado, são raras as grandes realizações. Elas pouco resultam em conhecimento. Quando estas se iniciam, quase tudo se passa como se fosse inédito

Aproveitar bem uma realização requer um processo para obter experiência e transformá-la em conhecimento. Dependendo da realização e das condições em que ocorrerá, o processo será diferente, mas terá certas etapas em maior ou menor grau, explicitamente ou não. O formalismo será tanto menor quanto maior for a estabilidade

dos participantes e mais frequentes as realizações.

Em níveis de direção e gerência, a transformação de experiência em conhecimento requer exame atento de realizações recentes. Baseia-se em documentos técnico-gerenciais e depoimentos de participantes ainda disponíveis. Este foi o processo que gerou, por exemplo, as referências de [2] a [8]. Os documentos técnico-gerenciais são básicos, pois analisam, integram e consolidam relatórios, informações e dados de várias fontes. Obtido o conhecimento resultante do exame de realizações recentes, é possível formular um processo de geração de conhecimento a partir das novas experiências que se forem obtendo.

Em níveis de produção, um processo explícito para obter experiência e transformá-la em conhecimento tem quatro etapas: 1) planejamento e distribuição das tarefas e diretrizes para seus registros; 2) execução e registro das tarefas; 3) análise, integração e consolidação dos registros na forma de instruções, bases de dados e relatórios técnicos ou técnico-gerenciais; e 4) documentação, distribuição e arquivamento. As duas primeiras etapas geram memória objetiva e organizada da realização. A terceira etapa transforma experiência em conhecimento. E a etapa de documentação e distribuição garante a utilização do conhecimento e sua evolução em realizações futuras. Assim gera-se e acumula-se experiência e conhecimento. Convém que esse processo seja implantado no início de uma realização, aperfeiçoando-se durante seu transcurso, e que alguns dos participantes já tenham vivido episódios semelhantes. Ele requer firme decisão e liderança. É necessário ter propósitos bem definidos de progresso gerencial-tecnológico e visão do futuro.

UTILIZAÇÃO DE EXPERIÊNCIA

Os resultados de um empreendimento dependem dos procedimentos adotados. É útil conhecer causas de sucesso e de insucesso. Esta verdade é às vezes esquecida, até mesmo em países desenvolvidos. [2]

Deve-se utilizar experiência antes e durante um empreendimento. Mas só a experiência transformada em conhecimento é que pode ser bem utilizada, e a mais útil é a documentada. Isso é válido para todos os níveis, desde

os mais técnicos aos mais gerenciais.

Mesmo que a experiência esteja documentada, resta avaliar sua aplicabilidade e fazer ajustes. Conhecimentos resultantes de experiências alheias podem ter grande valor e baixo custo. Para obtê-los, é necessário um bom sistema de inteligência técnico-gerencial.

Não basta dispor de experiência documentada: é indispensável o hábito de utilizá-la. Ele tem que ser insistentemente cultivado. Deve ser exigido em grandes empreendimentos.

CINCO PROGRAMAS ESTRANGEIROS DE SUBMARINOS

Informações gerais sobre os programas de submarinos

Conhecimentos resultantes de experiências alheias podem ter grande valor e baixo custo. Para obtê-los, é necessário um bom sistema de inteligência técnico-gerencial

As referências [2], [3], [4] e [5] são um estudo detalhado de cinco programas de projeto e construção de submarinos, elaborado pela Rand Corporation para a Marinha dos Estados Unidos, o Ministério da Defesa do Reino Unido e o Ministério da Defesa da Austrália.

O estudo focaliza questões eminentemente gerenciais na formulação, condução e execução de projetos e construções de submarinos. As organizações de submarinos desses três países reconheceram a importância de extrair e documentar lições de programas passados para melhor formular e conduzir programas futuros.

Foram examinados os programas de submarinos *Ohio*, *Seawolf* e *Virginia*, dos EUA; *Astute*, do Reino Unido; e *Collins*, da Austrália. Para tanto, analisaram-se relatórios e outros documentos de cada programa e realizaram-se numerosas entrevistas com

civis e militares em organizações governamentais e no setor privado dos três países.

Nos EUA, a razão determinante do estudo foi a crescente preocupação em capitalizar experiência, diante de restrições orçamentárias e consequente redução na frequência de novos programas. O mesmo deve ter ocorrido no Reino Unido, onde tais restrições impuseram grande hiato entre os programas *Trafalgar* e *Astute*, além das dificuldades causadas por mudanças no processo de obtenção de navios para a Marinha Real Britânica. Na Austrália, a motivação certamente foi evitar no seu atual programa de submarinos — o SEA 1000 — as dificuldades ocorridas no Programa *Collins*, onde, pela primeira vez, a Marinha australiana passou a ter submarinos para ela especialmente projetados e na Austrália construídos.

A referência [2] resume as lições extraídas dos cinco programas, e as referências [3], [4] e [5] examinam e analisam detalhadamente cada um deles.

Os cinco programas de submarinos foram concebidos e realizados em três diferentes países e em diferentes condições de orçamentos, ameaças e Bases Logísticas de Defesa. Ainda assim, algumas das lições extraídas aplicam-se a todos os programas examinados.

Os EUA possuem o maior acervo de conhecimentos gerenciais e técnicos em projeto e construção de submarinos, tanto resultantes de experiência como de pesquisas e desenvolvimentos em sua poderosa Base Logística de Defesa. Antes do Programa *Ohio*, a Marinha americana já projetara e construíra dezenas de classes de submarinos convencionais e 17 classes de submarinos nucleares, tendo o papel principal nos projetos de concepção e preliminar de navios de guerra. Terminada a Guerra Fria em 1990, reduziram-se recursos e pessoal nos centros de excelência do Naval Sea Systems Command, enfraquecendo sua atuação em novos programas. Grande parte da capacidade assim perdida está sendo ou já foi recuperada, mas o setor privado agora

tem o papel principal até mesmo nas primeiras fases de projetos de submarinos para a Marinha americana. Os programas *Ohio*, *Seawolf* e *Virginia* ocorreram no período 1971-2008, de grande transformação no quadro de ameaças, redução de recursos e mudanças técnico-gerenciais.

No Reino Unido, o setor naval do Ministério da Defesa – MOD (N) – sempre manteve alta capacidade técnica e gerencial em projeto e construção de submarinos, apoiada por forte Base Logística de Defesa. As fases iniciais do projeto eram realizadas pelo governo e organizações navais. A excelência em construção de submarinos concentrava-se no estaleiro da Vickers, em Barrow-in-Furness. Até 1980, o Reino Unido projetara e construíra dezenas de classes de submarinos convencionais e cinco classes de submarinos nucleares. A última classe de submarinos britânicos projetada e construída nessas condições foi a *Trafalgar*, ainda durante a Guerra Fria. O primeiro submarino dessa classe foi lançado em 1982. Durante a década de 1990, restrições orçamentárias resultaram em rápidas mudanças. Visando economia, reduziram-se recursos financeiros e humanos no MOD (N), bem como sua atuação no processo de projeto e construção de submarinos. No Programa *Astute*, várias das atribuições do MOD (N) foram transferidas para o setor privado e o estaleiro da Vickers, que já era privado, duas vezes trocou de proprietários.

Situação bem diferente ocorreu na Austrália, que até 1987 não projetara nem construíra submarinos, e com uma Base Logística de Defesa ainda incipiente, quando comparada às dos EUA, Reino Unido, Japão, Alemanha, etc. Sua última classe de submarinos era a *Oberon*, britânica. A Austrália decidiu projetar na Suécia e construir em seu território uma classe de avançados submarinos diesel-elétricos que satisfizessem requisitos de operação específicos da Marinha australiana. Após licitação internacional,

escolheu a proposta da Kockums, firma sueca projetista e construtora de submarinos. Para realizar o empreendimento, formou-se uma empresa, a Australian Submarine Corporation (ASC), cujos acionistas originais foram o próprio governo australiano (25%), a Kockums (30%), a Chicago Bridge and Iron (20%) e a Wormald (25%).

BREVE EXAME DO PROGRAMA COLLINS

Este exame baseia-se principalmente no estudo das referências [2], [5], [6], [7] e [8], todas ostensivas, elaboradas para servir ao Ministério da Defesa e ao Parlamento da Austrália. Nossa contribuição resume-se quase exclusivamente aos *Comentários às Lições Específicas* e às *Lições Globais*, no final deste trabalho.

No programa *Collins*, o Ministério da Defesa e a Marinha da Austrália realizaram notável empreendimento tecnológico-militar, indo além do conhecimento e experiência que até então haviam acumulado. Os resultados que conseguiram superaram claramente os problemas pendentes. As análises técnico-gerenciais que solicitaram, alinhadas nas referências deste artigo, serão instrumento para firme progresso.

Introdução

“O *Collins* foi o primeiro submarino construído na Austrália. Como ocorre com qualquer empreendimento complexo enfrentado pela primeira vez, houve numerosos obstáculos até a entrega das unidades dessa classe. Ainda hoje permanecem desafios para manter operacionalmente prontos esses submarinos. Mas também houve várias realizações bem-sucedidas. Assim, o Programa *Collins* é terreno fértil para lições importantes na condução de um novo programa de submarinos.” [5]

Antecedentes

A moderna Austrália surgiu em 1901, quando as seis colônias britânicas ali existentes uniram-se numa federação. Em 2010, na Austrália havia apenas 21 milhões de habitantes, provenientes de 200 países. Segundo a classificação do World Bank, a Austrália ocupava a 13ª posição mundial em Produto Interno Bruto em 2010, e a 16ª em renda *per capita* em 2011. Nesses mesmos anos, o Brasil ocupava a 6ª e a 75ª posições, respectivamente.

A Força de Submarinos australiana originou-se em 1914, quando dois submarinos foram entregues à Austrália pela Marinha britânica (RN), ambos destruídos durante a Primeira Guerra Mundial. Entre 1919 e 1970, a Austrália praticamente não teve submarinos em operação, apesar de em 1919 ter recebido seis submarinos britânicos classe J, excedentes da guerra e em mau estado, e de haver comprado em 1924 o *Oxley* e o *Otway* da RN, devolvidos dois anos depois. [4] A capacidade da Austrália para reparar e fazer *refits* de submarinos era então insuficiente. Porém, entre 1939 e 1946, sua indústria naval de superfície expandiu-se e construiu mais de cem navios para a Marinha australiana (RAN). A partir de 1975, projetou e desenvolveu uma classe de caça-minas e construiu fragatas de projeto americano FFG-7, além de um navio tanque/de apoio projetado na França. Segundo a referência [5], essas realizações não foram satisfatórias.

Apesar de praticamente não dispor de submarinos em operação entre 1919 e 1970, muitos australianos serviram em submarinos da RN, e submarinos americanos do Pacífico basearam-se na Austrália durante a Segunda Guerra Mundial. Em 1949, a 4ª Flotilha de Submarinos da RN passou a ter sua base em Sidney. Isso permitiu ao estaleiro Cockatoo Island capacitar-se em manutenção e *refits* de submarinos.

Cockatoo Island foi um dos maiores estaleiros da Austrália durante quase 60 anos. A partir de 1913 serviu à RAN. Durante a Primeira Guerra Mundial construiu, reparou e fez *refits* de navios de superfície. Após essa guerra, construiu, entre outros, o Cruzador *Adelaide* e o Porta-Hidroaviões *Albatross*. Ao final da década de 1920, o governo australiano decidiu arrendá-lo ao setor privado. Antes e durante a Segunda Guerra Mundial, Cockatoo Island converteu navios mercantes e cruzeiros de luxo em transportes de tropas, navios de abastecimento e navios-hospitais e recebeu encomendas de contratorpedeiros [14]. Encerrou suas atividades em 1991.

Na década de 1970, a Austrália comprou seis submarinos novos da classe *Oberon*, todos construídos no Reino Unido. Eles se mostraram apropriados para missões de vigilância durante a Guerra Fria, operando durante longos períodos sem apoio de bases em terra. [5]

Cockatoo Island fazia os *refits* dos *Oberon*, mas a RAN dependia de fornecedores estrangeiros para 85% a 95% do apoio. Além disso, o *refit* quinzenal de cada *Oberon* custava até 76% do seu preço original de aquisição [5]. Pensou-se então em criar capacidade para construir e melhor apoiar submarinos na Austrália.

A grande decisão

Construir submarinos na Austrália e apoiá-los com menor dependência externa foi a grande decisão. Ela precisaria envolver toda a Base Logística de Defesa, assegurar um fluxo constante de construções e ter um

número suficiente de submarinos em serviço. Sem esse fluxo e número suficiente, não haveria demanda para manter e fazer progredir grande parte da Base Logística de Defesa a ser criada, modernizada ou expandida. Ela ficaria semicriosa após alguns anos. Em vez de progredir, feneceria, a não ser que pudesse exportar. Esta possibilidade era remota, diante de poderosos e tradicionais países exportadores de submarinos.

Portanto, a grande decisão dependia primeiramente de previsões dos custos de obtenção, operação e apoio logístico dos submarinos a construir; dos investimentos necessários na Base Logística de Defesa; e do crescimento realisticamente esperado para a economia da

Austrália durante uma ou mais décadas. Certamente considerando esses condicionantes, a Austrália decidiu construir submarinos em seu território, com intensa participação de sua Base Logística de Defesa.

A grande decisão australiana certamente tinha três grandes propósitos. O primeiro era obter modernos submarinos que atendessem a requisitos de operação específicos para as missões da RAN.

O segundo era o de a Austrália operar, manter e modernizar esses submarinos com reduzida dependência do exterior. O terceiro era apoiar a indústria australiana, então em crise, e impulsioná-la tecnologicamente [5]. Dessa grande decisão resultou o Programa *Collins*.

Decisões e riscos

Todo empreendimento tem riscos. Mas os riscos aumentam com o porte, a complexidade e a excepcionalidade de um empreen-

Construir submarinos na Austrália e apoiá-los com menor dependência externa foi a grande decisão. Ela precisaria envolver toda a Base Logística de Defesa, assegurar um fluxo constante de construções e ter um número suficiente de submarinos em serviço

dimento. É então necessário avaliar previamente os riscos e ter planos e meios para seu controle. Essa necessidade é vital quando não há suficiente conhecimento resultante de experiências em realizações anteriores. Sucinta análise desse tema encontra-se, por exemplo, na referência [10].

Para o programa *Collins*, a Austrália não tinha suficiente conhecimento resultante de experiências em realizações semelhantes. Certamente para reduzir riscos, decidiu que o projeto seria realizado no exterior e inicialmente especificou que ele deveria ser o de um submarino que estivesse em serviço, ou que estaria em serviço em 1986, mas que também pudesse ser *upgraded* para atender os requisitos específicos australianos [5]. Porém nenhum dos projetos assim abrangidos era compatível com os requisitos de desempenho estabelecidos pela RAN para velocidade de trânsito, taxa de indiscrição, carga de torpedos, raio de ação submerso, nível de ruído, sistema de combate, tempo e permanência em patrulha, etc. Eles queriam um casco bem maior.

Aumentando-se significativamente as dimensões de um projeto de submarino, normalmente acaba-se gerando um projeto totalmente novo, particularmente no que se refere à propulsão e aos sistemas distribuídos pelo submarino, tais como o elétrico, o de aquecimento e condicionamento de ar etc. Este fato é facilmente perceptível por arquitetos navais.

A incompatibilidade entre o desejo de não ter um projeto praticamente novo e os requisitos operativos australianos era tecnicamente insuperável. Mantidos os requisitos

operativos, seria indispensável optar por um projeto de submarino diesel-elétrico muito mais avançado do que os da época. A Austrália fez essa opção. Mas o projeto resultante seria necessariamente o de um protótipo. E também haveria obstáculos a superar na Base Logística de Defesa australiana.

O Programa *Collins* tornou-se então o de um protótipo do mais avançado submarino diesel-elétrico das décadas de 1980/90. Portanto, o protótipo teria que ser um produto não evolutivo, isto é, que não decorresse de modificações graduais em produtos precedentes. O programa passou a ser de alto risco. E o *Collins*, primeiro da classe, teria que ser

tratado como protótipo, num longo processo de desenvolvimento.

Protótipos de produtos não evolutivos sempre têm riscos altos e diversos. Quanto maiores as diferenças do protótipo em relação a produtos precedentes, maiores serão os riscos e maiores serão os cuidados. Para bem avaliar e controlar riscos num projeto não evolutivo, deve-se reconhecer o caráter não evolutivo do projeto e estabelecer um processo

apropriado para obter e aperfeiçoar o protótipo. No Programa *Collins*, isso não ocorreu. O transcurso do programa foi o que se poderia esperar para produtos evolutivos. É provável que necessidades urgentes tenham prevalecido.

Participação nacional no projeto, na fabricação e nos testes e avaliações de sistemas e equipamentos é o que se deve entender corretamente por nacionalização. Ela era essencial para o segundo propósito do Programa *Collins*: operar, manter e modernizar submarinos com reduzida dependência do

Todo empreendimento tem riscos. Mas os riscos aumentam com o porte, a complexidade e a excepcionalidade de um empreendimento. É então necessário avaliar previamente os riscos e ter planos e meios para seu controle

exterior. Em nacionalizações também há muitos riscos que devem ser previamente identificados, avaliados e depois controlados. Eles se adicionaram aos decorrentes de o *Collins* ser um projeto não evolutivo.

A combinação dos riscos de um projeto não evolutivo com os inerentes a nacionalizações elevou muito o risco total do Programa *Collins*, e conseqüentemente os obstáculos para sua realização. A grande decisão geradora do *Collins* foi muito além da experiência em realizações anteriores. Daí decorreram efeitos indesejados em custos e desempenhos. Porém, os propósitos do programa foram parcialmente atingidos [5].

Base Logística de Defesa australiana

Não temos informações para avaliar a Base Logística de Defesa australiana na década em que se definiu o Programa *Collins*. Provavelmente era considerável para um país fora do círculo das potências militares. Já em 1960 projetara o míssil *Ikara*, portador de torpedos antissubmarinos, que chegou a equipar navios da Austrália, da Nova Zelândia, do Brasil, do Chile e, com modificações, do Reino Unido. Na década de 1970, o Submarine Warfare Systems Center australiano conseguiu projetar e integrar *upgrades* do sistema de armas dos submarinos *Oberon*, tornando-os capazes de lançarem submersos versões de mísseis antissuperfície (*Harpoon*) e torpedos MK48. Esse programa de *upgrades* tornou os *Oberon* australianos provavelmente os mais capazes submarinos diesel-elétricos da época e deu à equipe realizadora grande confiança em sua capacidade de executar projetos ainda mais complexos. No entanto, os empreendimentos

australianos em projeto e construção de navios de guerra na década de 1970 foram poucos e não satisfatórios [5].

Marcos cronológicos [4], [6]

1974 – O estaleiro de Cockatoo Island passa a ser propriedade da Vickers Holdings Pty Limited, uma companhia *holding* australiana da Vickers Limited, do Reino Unido.

Final da década de 1970 – A RAN recebe os dois últimos submarinos *Oberon*.

1978 – O Director of Submarine Policy expõe a necessidade de um plano de substituição dos submarinos *Oberon*.

1979 – O estaleiro Cockatoo Island começa um estudo de três anos sobre a exequibilidade de construir modernos submarinos na Austrália, concluindo positivamente.

1981-1982 – O governo aprova no orçamento a primeira fase da aquisição do novo submarino.

Janeiro de 1982 – Começam os estudos

de definição do projeto.

Fevereiro de 1982 – A classe *Collins* é estabelecida oficialmente como “Projeto 114 – Novos Submarinos”. Forma-se o New Submarine Office, com uma equipe de experientes oficiais submarinistas, engenheiros e arquitetos navais. No primeiro ano, a equipe considerou a possibilidade de comprar um submarino nuclear dos EUA, Reino Unido ou França. Somente a França estava disposta a vender submarinos nucleares da classe *Rubis*, com custo de aquisição cerca de 70% superior ao de um submarino francês convencional. Porém as autoridades australianas consideraram que ele traria várias desvantagens, das quais a mais importante era ter que de-

Para bem avaliar e controlar riscos num projeto não evolutivo, deve-se reconhecer o caráter não evolutivo do projeto e estabelecer um processo apropriado para obter e aperfeiçoar o protótipo

pendar da França para manutenção e apoio. Além disso, os custos de revisões gerais e reabastecimento nuclear seriam muito altos, adicionados aos da infraestrutura necessária para manter um navio nuclear. Decidiu-se que o melhor seria comprar um projeto existente de submarino e construí-lo na Austrália [5].

Final de 1982 – Visa-se a um programa para dez submarinos, a um custo superior a A\$100 milhões por unidade, num total de A\$*1,0 bilhão.

1983, antes de resposta da indústria – quatro a oito submarinos, a um custo de A\$1,5 bilhão.

Maio de 1983 – Solicitação de propostas para projeto e construção dos submarinos.

Maio de 1985 – Apresentação de propostas iniciais por sete competidores. Contratação de dois deles, AMS e ASC, para desenvolver os projetos de suas propostas iniciais. O programa é reduzido para oito submarinos, a um custo de A\$2,6 bilhões.

1986 – AMS, ASC, Rockwell e Signaal apresentam suas propostas finais.

1987 – A Vickers Holdings Pty Limited

põe à venda o estaleiro de Cockatoo Island e pouco depois anuncia que lá não mais serão feitos *refits* de *Oberons*.

Maio de 1987 – Seleção da ASC como licitante vencedora. O programa reduz-se para seis submarinos, a um custo de A\$3,9 bilhões (preços de junho de 1986).

1989 – Começa a construção dos cascos no estaleiro da ASC, em Adelaide.

1991 – Fechamento do estaleiro de Cockatoo Island.

1996 – Entrega do Submarino *Collins*.

1998 – Entrega do Submarino *Farncomb*.

1999 – Entrega do Submarino *Walter*.

Dezembro de 1999 – O programa de seis submarinos atinge um custo de aquisição de A\$5,1 bilhões.

1999-2000 – A Kockums passa a pertencer ao estaleiro alemão HDW.

2000 – O governo australiano decide assumir a propriedade total da ASC.

2001 – Entrega do Submarino *Dechaineux*.

2001 – Entrega do Submarino *Sheehan*.

2003 – Entrega do Submarino *Rankin*.

2005 – Formação do ThyssenKrupp Marine Systems (TKMS), da Alemanha, um grupo e companhia *holding* de firmas de projetistas e construtoras de navios de guerra de superfície e de submarinos. A fundação ocorreu quando o grande conglomerado industrial ThyssenKrupp adquiriu a Howaldtswerke-Deutsche Werft (HDW) em janeiro de 2005. Além da

HDW e da Kockums, o TKMS possui outras duas empresas com estaleiros: a Blhom + Voss e a Hellenic Shipyards.

Seleção dos contratados principais

Concorreram inicialmente no Programa

Collins sete competidores:

- Itália – Cantieri Navali Riutini, com uma versão aumentada do *Sauro*, projetado no início da década de 1970;

- França – Charles Dubigeon, com uma versão diesel-elétrica do Submarino nuclear *Rubis*;

- Holanda – United Shipbuilder Bureaux and P Roterdansche Droogdok Maatchappig, com o *Walrus*, versão adaptada do submarino americano *Barbel*;

- Reino Unido – com o Tipo 2400A, versão aumentada do Tipo 2400, da Vickers;

- Alemanha – projetos IKL/HDW Tipo 2000 e Thyssen Tipo TR700;

Em maio de 1987, o contrato para projeto e construção da plataforma dos Collins foi adjudicado à ASC, e o do sistema de combate à Rockwell

* A\$ – dólar australiano.

• Suécia – Tipo 4 da Kockums (A17 aumentado).

Associado a cada uma das plataformas estava um sistema de combate. A referência [8] detalha as principais características das plataformas constantes das propostas iniciais e comenta fases, processos e critérios que determinaram a seleção final da ASC.

Desses sete competidores iniciais, dois foram contratados para a fase de estudo de desenvolvimento da plataforma: a Australian Maritime Systems (AMS), uma *joint venture* da Ego Engineering na Austrália com a IKL/HDW na Alemanha; e a Australian Submarine Corporation (ASC), um consórcio formado para construir o projeto sueco da Kockums, cujos acionistas originais eram a Kockums (30%), a Chicago Bridge and Iron (20%), a Wormald (25%) e a Australian Industry Development Corporation, um banco comercial do governo australiano (25%).

A Kockums da Suécia e a IKL/HDW da Alemanha realizaram o estudo de desenvolvimento do projeto da plataforma para a ASC e a AMS, respectivamente. Para o estudo de desenvolvimento do sistema de combate foram contratadas a Rockwell dos Estados Unidos e a Signaal da Holanda.

No final de 1986, a ASC, a AMS, a Rockwell e a Signaal apresentaram suas propostas. Em maio de 1987, o contrato para projeto e construção da plataforma dos *Collins* foi adjudicado à ASC, e o do sistema de combate à Rockwell.

“Infelizmente, de acordo com Yule e Woolner, o estudo de definição não produziu, como principal resultado, um conjunto firme de detalhes de desempenho e produção que

pudessem facilmente ser transformados em forma contratual. As propostas foram consideradas como equivalentes ao estágio de projeto preliminar, requerendo desenvolvimento substancial antes de poder-se preparar uma especificação de construção” [4]. Quando o contrato foi assinado com a ASC, somente cerca de 10% do projeto estavam prontos [4].

No parágrafo acima, estudo de definição certamente é o estudo de desenvolvimento do projeto, para o qual foram contratadas a AMS e a ASC, e que determinaria a seleção final da ASC e da Rockwell. O conjunto firme de detalhes de desempenho e produção é o que na Marinha designamos por projeto de contrato, sempre anexado

e integrado ao contrato propriamente dito. Na Marinha, ele é precedido pelo projeto preliminar. Portanto, após a adjudicação do contrato é que a Kockums da Suécia teria que produzir todos os desenhos, dados, especificações e demais informações normalmente constantes de um projeto de contrato, para daí passar-se ao projeto

de construção. Ou, então, teria que reduzir os elementos de um projeto de contrato e incluir os restantes no projeto de construção. Para uma ou outra dessas alternativas, a ASC subcontratou a Kockums da Suécia. Porém é possível que a ASC tenha realizado parte do projeto de construção mais tarde, após compor suficientemente uma equipe de projeto. Ainda assim teria que depender da Kockums da Suécia.

A ASC era um consórcio. O governo australiano, um dos seus acionistas. A Kockums, acionista e portadora de *know-how*. Porém o *know-how* pertencia à Kockums da Suécia, subcontratada para projetar os *Collins*. A Kockums era uma empresa independente,

A ASC era um consórcio. O governo australiano, um dos seus acionistas. A Kockums, acionista e portadora de *know-how*. Porém o *know-how* pertencia à Kockums da Suécia, subcontratada para projetar os *Collins*

renomada projetista e construtora de submarinos para a Marinha sueca e realizadora dos estudos que levaram à adjudicação do contrato à ASC. Por outro lado, o governo australiano, acionista da ASC, era também o seu cliente. Esta situação aumentou os riscos administrativos do programa. Viria a causar litígios legais ainda sem solução final.

Projeto e construção

A equipe de projeto trabalhava em Malmoe, Suécia. A construção realizava-se a 15.000 km, em Adelaide. O escritório de obtenção dos submarinos ficava em Cambera. Sem as facilidades atuais da internet, as dificuldades de comunicação e compartilhamento de dados eram então consideráveis.

Um grupo de 18 projetistas australianos foi enviado a Malmoe para trabalhar com os suecos. Como a Austrália jamais projetara submarinos, eles certamente não tinham suficiente experiência e conhecimento nesse assunto. A RAN enviou a Malmoe um grupo de 20 pessoas para supervisionar o projeto e esclarecer requisitos, mas certamente sem experiência em supervisão de projetos de tal complexidade e custo.

Designou-se a Kockums da Suécia como autoridade de projeto², responsável pelo projeto inicial, por revisões do projeto, por aprovação interna do projeto de sistemas materiais e pelo projeto de modificações ou mudanças

num sistema material [4]. Quando a Kockums e a RAN não conseguiam concordar sobre uma questão, ela era submetida ao escritório do projeto em Cambera, frequentemente transformando-se numa questão contratual [4].

Selecionada para construir os *Collins*, a ASC ainda tinha que compor uma força de trabalho altamente especializada. Iniciou então um programa de recrutamento em todos os níveis. Muitos engenheiros e outros profissionais nela ingressaram em 1987. Ai se incluíram projetistas e engenheiros australianos e experientes projetistas e construtores vindos dos Estados Unidos e da Grã-Bretanha [4]. A ASC também teve que criar centenas de subcontratos, dos quais pelo menos 70% na Austrália, pois na licitação para obterem-se os *Collins* os requisitos de participação da base industrial australiana foram severos [6].

Quando a construção do casco começou na ASC em 1989, somente 10% dos desenhos de construção estavam prontos. Daí resultaram dispendiosas modificações em trabalhos já feitos ao surgirem mudanças no projeto [4].

A Kockums notabilizara-se por seus processos de construção modular. Eles foram usados na construção dos *Collins*. Várias seções do casco foram produzidas em diferentes estaleiros. Mas somente a seção de proa do primeiro submarino foi fabricada na Suécia [6]. Porém, para a construção na Austrália, a ASC necessitou dos serviços técnicos da Kockums da Suécia.

2 Em projeto e construção de navios de guerra, é importante o conceito e a designação de *autoridade de projeto* e *autoridade técnica*. Há várias autoridades num programa novo. A marinha americana, por exemplo, faz distinção entre autoridade de projeto e autoridade técnica.

O papel da autoridade de projeto é estabelecer para o projetista as especificações ou regras. Essas geralmente se baseiam no conceito de submarino que foi selecionado nos estudos de concepção que precedem o projeto propriamente dito. A autoridade de projeto deve ser consultada e aprovar, ou não, quaisquer mudanças na especificação do projeto.

A autoridade técnica é a especialista em várias áreas, tais como casco, engenharias mecânica e elétrica, segurança do submarino e projeto e engenharia do navio. Ela é responsável por estabelecer padrões técnicos em cada área e avaliar o risco, se durante o projeto e a construção houver desvios desses padrões.

Para serem eficazes, a autoridade de projeto e a autoridade técnica precisam de pessoal capaz e experiente, cuja especialidade seja predominantemente técnica e de engenharia [4]. Há países em que só existe a autoridade de projeto, com todas as atribuições mencionadas acima.

Para os nossos submarinos IKL, construímos o primeiro na Alemanha e os demais no Brasil, mas com um mínimo de serviços técnicos do estaleiro estrangeiro, graças ao excelente programa de absorção de tecnologia de construção e garantia de qualidade realizado por nossos engenheiros, técnicos e operários na Alemanha, com experiência nas construções de fragatas, navio-escola e corvetas. Essa absorção estava prevista contratualmente e não foi classificada como transferência de tecnologia.

Não obstante sua elevada reputação como projetista de submarinos, a experiência da Kockums era em projetos de submarinos da Marinha sueca, empregados em patrulhas curtas nas águas frias do Báltico. Como já mencionado, os requisitos de operação australianos requeriam um submarino bem maior (com mais de 3 mil toneladas de deslocamento submerso), para operar em águas quentes de longas patrulhas oceânicas distantes de sua base. Portanto requeriam um protótipo não evolutivo, aumentando ainda mais os riscos do projeto e problemas operacionais e de apoio.

O desempenho da ASC na construção foi eficiente. Apesar de recém-constituída, em 14 anos entregou à RAN seis submarinos praticamente sem deficiências de construção, exceto possivelmente como participante no grave problema do sistema de combustível e lastro. Entre 1999 e 2003, produziu em média um submarino por ano. Porém essa vantagem não foi capitalizada, pois a ASC não constrói submarinos desde 2003.

ÁREAS CRÍTICAS

Área crítica é aquela em que más decisões ou falhas podem ter grande impacto em custo, desempenho e tempo de realização de um programa. As áreas críticas são tão mais numerosas quanto mais complexo e menos evolutivo é o projeto.

No Programa *Collins*, complexo e não evolutivo, todas as áreas eram críticas: direção e gerência, projeto, construção da plataforma, sistema de combate e nacionalização de sistemas, equipamentos e materiais. Das referências [5], [6] e [7], conclui-se que no sistema de combate é que surgiram as maiores dificuldades. A área

menos problemática foi a de construção da plataforma.

Direção e gerência

Direção e gerência é a mais crítica das áreas. Nela se concentram as grandes decisões operativas, técnicas, organizacionais, contratuais e financeiras. Determina os resultados principais. É crítica durante todo um em-

preendimento, mas principalmente na sua origem e primeiros tempos. Estima-se que o maior impacto sobre um projeto ou programa decorre das decisões nos primeiros 17% de sua execução.

Um programa naval bem-sucedido requer direção e gerência eficazes durante todo o seu ciclo de vida, desde a concepção até o descarte final dos navios.

O Ministério da Defesa australianos dirigiu em alto nível o Programa *Collins*. A gerência coube ao escritório de obtenção dos submarinos em Camberra, agindo em nome da RAN.

Área crítica é aquela em que más decisões ou falhas podem ter grande impacto em custo, desempenho e tempo de realização de um programa. As áreas críticas são tão mais numerosas quanto mais complexo e menos evolutivo é o projeto

Direção e gerência na origem do programa e concepção do projeto

A direção de um programa naval começa na origem do programa. A origem é a identificação de necessidades operativas num cenário político-estratégico. Daí nascem os requisitos operativos, formulados inicialmente em termos amplos pela Marinha, no caso a RAN. Em processo lógico, seguem-se fases de viabilidade e concepção de diferentes soluções possíveis até selecionar-se a concepção de solução mais promissora. Essas duas fases, viabilidade e concepção, requerem intenso diálogo e interação entre o setor operativo da Marinha e a entidade projetista, pertença ela à própria Marinha ou não. Durante essas fases o setor operativo pode detalhar e modificar requisitos iniciais para obter-se a melhor concepção de solução para o projeto, diante dos resultados que vão sendo apresentados pela entidade projetista ao setor operativo.

Terminada a concepção, a máxima probabilidade de sucesso de um projeto está determinada. É também ao término da concepção que alguns dos principais riscos podem ser identificados, e formulados planos iniciais para seu controle.

Direção e gerência é a mais crítica das áreas. Nela se concentram as grandes decisões operativas, técnicas, organizacionais, contratuais e financeiras

Terminada a concepção, a máxima probabilidade de sucesso de um projeto está determinada. É também ao término da concepção que alguns dos principais riscos podem ser identificados, e formulados planos iniciais para seu controle

Quando a entidade projetista pertence à própria Marinha, não é muito difícil seu eficaz diálogo e interação com o setor operativo. A dificuldade aumenta quando a entidade projetista não pertence à Marinha. Aumenta ainda mais quando é estrangeira, ligada a interesses comerciais. E cresce

drasticamente se a direção e a gerência não tiverem suficiente conhecimento resultante de experiência.

Exceto para as potências militares, o porte e a complexidade do Programa *Collins* eram inéditos. Pode-se então imaginar as dificuldades

para sua direção e gerência.

Certamente para abrandar dificuldades, a direção do Programa *Collins* pretendeu inicialmente obter um projeto de submarino não muito diferente dos já aprovados

em operação, mas que satisfizesse os requisitos específicos para as missões da RAN. Como já vimos, tal pretensão era tecnicamente impossível. A essa conclusão se pode chegar antes da fase de concepção.

Nas propostas iniciais entregues em 1985, os projetos da HDW/IKL e da Kockums eram novos; os

da DTCN, Vickers e do Cantieri Navale Riuniti eram antigos e consideravelmente modificados; o da Rotterdamsche Droogdok Maatschapij, baseado no *Walrus*, era o menos modificado, seguido pelo da ThyssenKrupp, mas tinha tripulação 29% superior à especificada

pela RAN³ [8]. Foram então contratadas a HDW/IKL e a Kockums para desenvolver os projetos que apresentaram e submeterem propostas finais.

“O provável aumento de custo e o risco inerente a um projeto não provado em serviço de outras Marinhas, causaram resistência em comitês decisórios do Departamento de Defesa. Em particular, funcionários civis do Departamento argumentavam que o programa deveria voltar-se para projetos menos dispendiosos e menores. O Ministro da Defesa recente, Kim Beasley, determinou que o Departamento examinasse a opção de submarinos que deslocassem cerca de 1.500 toneladas” [8]. Porém tal opção foi considerada desvantajosa. Seria necessário abrandar os requisitos operativos a tal ponto que frustraria os propósitos operativos da RAN.

Manter ou abrandar os requisitos operativos foi uma questão crucial de direção. Os requisitos foram mantidos, daí resultando um protótipo. Ele teria que ser testado e aperfeiçoado para gerar submarinos progressivamente melhores. Isso não ocorreu. Os seis submarinos resultantes foram produzidos em série, todos iguais. Certamente prevaleceram

extremas urgências operativas. Para evitá-las, o processo de obtenção teria que começar mais cedo, antes mesmo da entrega dos dois últimos *Oberons*.

Manter ou abrandar os requisitos operativos foi uma questão crucial de direção. Os requisitos foram mantidos, daí resultando um protótipo. Ele teria que ser testado e aperfeiçoado para gerar submarinos progressivamente melhores

Outra decisão crucial de direção, ainda na fase de concepção do projeto, foi obter o sistema de combate separadamente segundo uma especificação da RAN, independentemente do projeto de plataforma que seria escolhido. Embora indispensável para assegurar os propósitos técnico-operativos da RAN, ela foi mal implementada e se tornou uma das causas de insucesso na obtenção do sistema de combate,

como se relata adiante.

Ainda na origem do programa, houve uma decisão crucial: o governo australiano ser acionista de um dos consórcios competidores, a ASC, da qual viria a ser também cliente. Na ASC, a Kockums era acionista e portadora de *know-how*, embora este pertencesse à Kockums da Suécia. A posição do governo australiano como cliente se enfraqueceu em questões que requeriam solicitações de serviços técnicos da

Também na origem do programa parece não ter havido suficiente percepção da necessidade de uma estratégia válida para apoiar eficazmente os submarinos durante toda a sua vida útil, e dos custos reais necessários

ASC à Kockums da Suécia, e que causariam custos adicionais num contrato do tipo *fixed price*.

³ O tamanho da tripulação inicialmente especificado mostrou-se inadequado para operar o submarino. O *Collins* atualmente tem uma tripulação de oito oficiais e 50 homens de outras graduações [5].

Também na origem do programa parece não ter havido suficiente percepção da necessidade de uma estratégia válida para apoiar eficazmente os submarinos durante toda a sua vida útil, e dos custos reais necessários. “Problemas específicos incluíram regime de manutenção inadequado, baixa confiabilidade dos sistemas, necessidade de depender de autoridades de projeto e fabricantes no exterior e insuficiente conhecimento técnico na força de trabalho local” [5].

Direção e gerência na seleção final e contratação

O processo de seleção final foi detalhado. Uma equipe de projeto de submarino com 280 pessoas, organizadas em cinco grupos, avaliou as propostas. Cada grupo examinou separadamente aspectos específicos do projeto [8].

A direção do programa deu grande ênfase à participação da indústria australiana na construção dos *Collins*. Ela era considerada duplamente importante: reduziria a dependência externa no apoio aos submarinos durante suas vidas úteis e contribuiria para o avanço tecnológico na Base Logística de Defesa australiana. Esses dois efeitos conjugados aumentariam o poder de deterrence dos submarinos e de futuros meios de defesa. Em particular, esperava-se que a construção em estaleiro na Austrália, detentor de *know-how* específico sobre submarinos, fosse peça fundamental para os propósitos a atingir. Consequentemente, durante o processo de seleção, os competidores tiveram que detalhar como promoveriam a participação

da indústria australiana, até mesmo diante de comitês do Congresso da Austrália. Embora a ideia inicial fosse obter um projeto já provado em serviço, ou a ser provado até 1986, parece ter havido o desejo de que ele incluísse tecnologias novas, particularmente em automação do submarino e em processos de projeto e produção.

Apesar de a seleção final do competidor da plataforma ter sido bem elaborada, parece ter havido falhas importantes na contratação, como se depreende dos dois parágrafos seguintes.

“Infelizmente, de acordo com Yule e Woolner, o estudo de definição não produziu, como principal resultado, um conjunto firme de detalhes de desempenho e produção que pudessem facilmente ser transformados em forma contratual. As propostas (finais)⁴ foram consideradas como equivalentes ao estágio de projeto preliminar, requerendo desenvolvimento substancial antes de poder-se preparar uma especificação de construção” [4]. “Quando o contrato foi assinado com a ASC, somente cerca de 10% do projeto estavam prontos” [5].

Ao que parece, nos contratos envolvendo o governo australiano, a ASC e a Kockums da Suécia não ficaram assegurados ao primeiro direitos de propriedade intelectual⁵ da plataforma básica e equipamentos. “Sem tais direitos de propriedade intelectual, os esforços de projeto australianos na classe de submarinos que substituirá a *Collins* poderão ficar restringidos. Apesar de a Kockums e o Departamento de Defesa terem chegado em 2004 a um acordo que deu à ASC e seus subcontratados acesso à propriedade intelectual

4 O termo entre parênteses foi inserido pelo autor.

5 Mesmo quando se consegue assegurar o direito de propriedade intelectual, resta obter o capital intelectual. Este é “o conhecimento coletivo (documentado ou não) de indivíduos numa organização ou sociedade. Esse conhecimento pode ser usado para produzir riqueza, multiplicar rendimentos ou bens físicos, ganhar vantagem competitiva e/ou aumentar o valor de outros tipos de capital. O capital intelectual começa a ser classificado como um verdadeiro custo de capital, porque requer (1) investimentos em pessoas equivalentes a investimentos em máquinas e instalações e (2) despesas em educação e treinamento (para manter a ‘vida de prateleira’ dos bens intelectuais) equivalentes aos custos de depreciação de bens físicos” [5].

da Kockums, as informações de propriedade da Kockums permaneceram protegidas, de modo que nenhuma propriedade intelectual oriunda do *Collins* poderia ser usada num novo projeto de submarino australiano” [5].

Direção e gerência após a contratação

“Durante a construção do *Collins*, a ASC teve problemas de negócios, legais e contratuais. A questão principal envolveu a Kockums como a projetista subcontratada e coproprietária da ASC. No período 1998-2000, após a entrega do primeiro submarino da classe *Collins*, a Kockums perdeu muito de sua capacidade e foi vendida à firma alemã Howaldtswerke-Deutsche Werft (HDW). A HDW prometeu resolver algumas das questões relativas ao *Collins*, mas não foi adiante. O governo australiano decidiu assumir a propriedade total da ASC em 2000” [5].

Após a contratação, também se tornaram críticas outras questões de direção e gerência, oriundas ou não das fases pré-contratuais, de cunho jurídico, administrativo, técnico ou financeiro. Elas estão implícitas nos tópicos restantes deste artigo.

Direção e gerência: sistema de combate

O sistema de combate foi certamente a área mais crítica do Programa *Collins*.

Com suas realizações, na década de 1970, em projeto e *upgrades* do sistema de armas dos submarinos *Oberon*, tornando-os capazes de lançarem submersos versões de mísseis antissuperfície (Harpoon) e torpedos MK48, os australianos sentiram-se confiantes para realizar projetos ainda mais complexos. Essa confiança, aliada ao rápido avanço da tecnologia de informação na década de 1980,

influenciou os requisitos da RAN, que especificou um sistema de combate totalmente integrado, capaz de assimilar mil contactos simultaneamente e reduzi-los aos seis mais ameaçadores. A RAN também especificou a linguagem de programação ADA.

Esperava-se que o sistema de combate permitisse que um operador pudesse executar qualquer função, em qualquer console, em qualquer instante. Essa decisão especificou uma solução para o sistema de combate, em vez de definir requisitos de desempenho e deixar que a indústria desenvolvesse a solução que achasse preferível. Daí resultariam grandes problemas.

A situação decorrente das especificações

**O governo australiano
decidiu assumir a
propriedade total da ASC
em 2000**

para o sistema de combate são assim resumidas na referência [5]: “Em retrospectiva, a tecnologia para integrar o sistema de combate não estava suficientemente desenvolvida para ser viável

na classe *Collins*. A necessária potência de computação e a arquitetura de sistema não estiveram disponíveis até dez anos mais tarde. Além disso, o projeto do sistema de combate era desnecessariamente integrado. O projeto resultante era extremamente complexo e quase impossível de desenvolver”.

“O Programa *Collins* começou com o desejo de baseá-lo no projeto de um submarino existente ou que logo estivesse em serviço noutra Marinha. Infelizmente, nem a Kockums nem a RAN consideraram devidamente as diferenças entre os requisitos de operação do *Collins* e as capacidades dos submarinos convencionais existentes. O resultado final foi um submarino que forçou os limites da tecnologia, especialmente no caso do sistema de combate. No programa, não se entendeu prontamente quais os riscos envolvidos, ou não se planejou seu controle” [5].

“Para o sistema de combate, o governo australiano negociou o contrato e instruiu a ASC a adjudicá-lo à Rockwell como um subcontrato. No início, a ASC nem possuía a necessária credencial de segurança para ver as especificações do seu próprio subcontratado. Durante toda a fase de aquisição, o governo falava diretamente com a Rockwell, em vez de envolver a ASC nas negociações. Isso enfraqueceu a autoridade da ASC para administrar o subcontrato” [5].

“A Rockwell liderou um consórcio com a Singer Librascope, a fabricante de sonar francesa Thomson CSF e a Computer Sciences of Australia (CSA). Só a Singer Librascope e a Thomson tinham ampla experiência em sistemas de combate de submarinos. A Singer Librascope esperava escrever o *software* do sistema sem ter que revelar seu código-fonte à Rockwell, para não criar competidor. A Rockwell reagiu, aumentando o escopo do trabalho da CSA para incluir também o *software* do sistema. Adicionalmente, a Rockwell teve problemas com a Thomson por questões de propriedade intelectual. Excluída de um papel importante, a Singer Librascope rapidamente concluiu seu trabalho e entregou os consoles antes que o *software* da CSA estivesse pronto. As relações entre a Rockwell e a Thomson ficaram antagônicas. Ambas as companhias seguiram estritamente as letras de seus contratos, resultando em seus caminhos serem divergentes, e não convergentes. Apesar de a maioria dos equipamentos funcionar satisfatoriamente quando isolados, a integração do sistema falhava e o sistema normalmente tinha *crashes*. Em 1993, surgiram questões de responsabilidades, quando a ASC ficou mais e mais preocupada com as falhas do sistema de combate. A ASC tentou, sem bom resultado, declarar que a Rockwell estava em falta contratual. Em vez de admi-

tir uma falta contratual, o governo instruiu a ASC a aceitar a entrega do sistema de combate em múltiplos incrementos, com crescente funcionalidade e complexidade. Após isso, a ASC deixou de ter responsabilidade pela administração do sistema da Rockwell para o governo” [5].

“Como resultado do atraso no cronograma do sistema de combate, o contrato foi alterado para permitir entrega em dois estágios em 1991, de modo que as provas da plataforma do submarino pudessem prosseguir antes de se ter um sistema de combate que totalmente cumprisse o contrato. Em 1993, o contrato foi novamente alterado, e ainda não estava pronto em 1996, quando o HMAS *Collins* foi entregue pelo contratado. Em 1997, foram divulgadas falhas no sistema de combate depois de provas do HMAS *Collins* após sua entrega” [5].

“O contrato entre a ASC e a Rockwell suscitou muitas questões durante todo o programa, entre as quais não foi menos importante a questão de segurança, que não permitia que a ASC visse as especificações do sistema de combate. Foi difícil realizar mudanças durante o processo, porque não existiam ferramentas e procedimentos para tornar o contrato mais flexível” [5].

Em 2001, já entregues quatro dos seis submarinos classe *Collins*, graves problemas no sistema de combate persistiam e pareciam insuperáveis. Após recomendações, o governo australiano aprovou a substituição do sistema de combate por outro de tecnologia corrente, mas aberto, modular e provado em serviço, e solicitou propostas. Pouco mais tarde, cancelou a avaliação dessas propostas [6]. A partir daí, a tendência parece ter sido a de uma empresa dos Estados Unidos encarregar-se da substituição do sistema de combate, mas não existe um sistema de combate americano apropriado para um submarino convencional.

Direção e gerência: motores diesel, sistema de combustível e nível de ruído

Motores diesel, sistema de combustível e nível de ruído foram problemas graves com raízes em três áreas: projeto; direção e gerência; e construção.

Em projeto anterior, a Kockums utilizou motores diesel Hedemora de 12 cilindros. Eles haviam tido bons desempenhos em diferentes aplicações. Para a potência elétrica requerida pelo *Collins*, a Kockums optou por utilizar três motores Hedemora de 16 cilindros, dispostos lado a lado, em vez de

dois pares de motores de 12 cilindros, um par atrás do outro. A opção por motores Hedemora de 16 cilindros foi uma decisão crítica de projeto. Eles não existiam. Teriam que ser um novo produto, específico para a RAN⁶, a ser fabricado na Austrália, à exceção do primeiro. Aceita essa decisão pela direção e gerência do *Collins*, aumentou-se muito o risco do programa. Ele deveria ter sido logo identificado e devidamente controlado. Para isso, **o primeiro motor de 16 cilindros deveria ter sido tratado como um protótipo, e como tal submetido a um detalhado e extenso plano de inspeções, testes e provas apropriados à aprovação de um protótipo.**

A seleção da firma que se associaria à fabricante sueca Hedemora para fabricar os motores na Austrália teria que ser rigorosa. A firma australiana, devidamente apoiada pela Hedemora, deveria ter condições mínimas de estabilidade e corpo técnico para

fabricar, testar, montar e dar apoio à ASC e à RAN na construção e no apoio aos submarinos em serviço. Quanto aos motores seguintes a um protótipo aprovado, eles deveriam ter um plano de inspeções, testes e provas decorrentes da experiência obtida durante a fabricação e testes do protótipo. E para bem formular e conduzir todas essas ações, teria que haver uma Autoridade Inspetora e uma organização de Garantia de Qualidade (GQ) (*Quality Assurance*) abrangendo todos os agentes envolvidos, a começar pela ASC, o Ministério da Defesa australiano e a RAN.

A opção por motores Hedemora de 16 cilindros foi uma decisão crítica de projeto. Eles não existiam. Teriam que ser um novo produto, específico para a RAN

Os motores Hedemora de 16 cilindros vieram a ser fontes de constantes problemas [5] [6]. Além disso, durante a construção, a fabricante australiana esteve à venda [5]. Até outubro de 1998, já entregues os três primeiros submarinos, haviam sido registrados 750 defeitos nos

motores diesel. As falhas foram atribuídas tanto à vibração excessiva como à contaminação do combustível por água do mar, e incluíram quebra de pistões e trens de engrenagens, emperramento de injetores de combustível e bombas de combustível, ruptura de balancins e de acoplamentos de gerador e uma avaria em virabrequim que teve que ser substituído [7]. Além disso, os motores consumiam excessivamente óleo lubrificante, concorrendo para reduzir o raio de ação.

A capacidade da Hedemora em assistir a ASC foi mínima. A Austrália teve que arcar com a responsabilidade de operar

⁶ Uma classe anterior de submarinos para a Suécia usa os motores diesel V-12 Hedemora, mas a Suécia especificou outros motores para os seus submarinos após o *Collins* [5].

e apoiar um motor que só ela possuía e que era fundamental para o sucesso dos submarinos.

Também houve falha no projeto ou na construção do sistema de combustível e lastro do submarino, básico para atender ao requisito de raio de ação. O combustível contaminava-se com o lastro e agravava as falhas dos motores diesel. Para atenuar o problema, a RAN foi obrigada a reduzir o raio de ação efetivo, deixando 30% do combustível nos tanques [5].

Questão operativa vital é o nível de ruído do submarino. Ele resulta principalmente do projeto, mas também da construção. Depende do casco e de seus invólucros e apêndices, do hélice e dos equipamentos e seu sistema de montagem e isolamento a bordo. Especificar contratualmente os requisitos de ruído requer conhecimento e experiência técnico-gerencial. Além disso, verificar se foram atendidos exige pessoal, instalações, instrumentos e procedimentos para sua medição precisa, e uma competente organização de GQ. Nos *Collins*, o nível de ruído gerou controvérsias e notícias negativas. Em 1996, a RAN considerou-os mais altos do que se esperava [5].

Outros problemas importantes surgiram em operação. Provavelmente foram resolvidos, mas acumulando custos e reduzindo disponibilidades: cavitação e fratura frágil nos hélices, vibração dos periscópios e mastros de comunicação não confiáveis. Contudo, problemas equivalentes não são

incomuns até mesmo em países líderes em projeto e construção de navios e guerra.

Direção e gerência: apoio logístico integrado

O Programa *Collins* resultou em projetos não evolutivos para a plataforma e seu sistema de combate, com todas as dificuldades e problemas inerentes a protótipos não evolutivos. No entanto, os protótipos foram tratados como produtos normais de série, com prejuízos em desempenho, custo e tempo. A natureza não evolutiva do protótipo da

O Programa Collins resultou em projetos não evolutivos para a plataforma e seu sistema de combate, com todas as dificuldades e problemas inerentes a protótipos não evolutivos

plataforma e o processo para sua obtenção também requeriam uma avaliação detalhada das necessidades de apoio logístico para apoiar eficazmente os submarinos durante toda a sua vida útil, daí devendo resultar um adequado Plano de Apoio Logístico. Os estudos de apoio logístico devem nascer na fase de concepção do projeto, e convém que a primeira

versão do Plano de Apoio Logístico se elabore durante o projeto de contrato, quando os sistemas e equipamentos principais já estão definidos. Mas “as propostas (que levaram ao contrato)⁷ foram consideradas como equivalentes ao estágio de projeto preliminar, requerendo desenvolvimento substancial antes de poder-se preparar uma especificação de construção” [5].

Uma avaliação detalhada das necessidades de apoio logístico para apoiar eficazmente os submarinos durante toda a sua vida útil teria que partir de alguns fatos básicos alinhados a seguir.

⁷ A expressão entre parênteses foi introduzida pelo autor.

a) Antes do Programa *Collins*, a RAN teve como *parent navy*⁸ a RN, de onde procediam o projeto, a construção e o apoio logístico dos submarinos da RAN, aí se incluindo o treinamento de tripulações. De 1974 a 1986, o estaleiro de Cockatoo Island foi propriedade da Vickers Holdings Pty Limited, uma companhia *holding* australiana da Vickers Limited do Reino Unido, firma construtora de navios e produtos de defesa. Muitos trabalhadores vieram do Reino Unido para a Austrália, a fim de trabalhar nos *refits* dos *Oberons*, e assim cresceu a experiência do estaleiro. Mas a Vickers pôs à venda o estaleiro de Cockatoo Island em maio de 1987, e depois anunciou que lá não mais seriam feitos *refits* de *Oberons*. A RAN apoiava-se na capacidade técnica do estaleiro Cockatoo Island. Além disso, havia um canal aberto para capacidade técnica adicional do Reino Unido ao estaleiro, quando necessária. Com o tempo, a autoconfiança do estaleiro e da RAN cresceram, e suas dependências de ajuda do Reino Unido diminuíram [5].

b) “Os *Oberons* eram submarinos em operação na RN, e portanto a indústria e o pessoal do Reino Unido sabiam como tratar de seus problemas. Os *Collins* eram projeto totalmente novo, e portanto não havia australianos que conhecessem seus sistemas e a plataforma. A RAN teria que treinar suas tripulações para esta nova plataforma, área em que ela não tinha a mínima experiência” [5].

c) “Não havia nada equivalente a um acordo de ‘apoio aos *Oberons*’, nem algo equivalente ao denominado Clube dos *Oberons*. A classe *Oberon* foi construída inicialmente para a RN, e depois para o Canadá, a Austrália, o Brasil e o Chile.” Isso criou um conjunto de experiências e uma comunidade

de especialistas para apoio. Para os *Collins*, não havia especialistas disponíveis para tratar de problemas de apoio. A RAN teria que iniciar essa acumulação de experiência, resultando em processos muito mais lentos de solução de problemas. Pela primeira vez a RAN teria que se responsabilizar por todos os aspectos de sua força de submarinos.

d) A ASC teve que construir um estaleiro em novo local e, apesar de haver recrutado algumas pessoas experientes do estaleiro Cockatoo Island, precisou criar uma força de trabalho quase do estágio zero.

Segundo a referência [5], a RAN esperava que a Marinha sueca preenchesse o papel de *parent navy*. Mas o provável é que a direção e a gerência do programa não tenham tido a percepção e o tempo requeridos para avaliar devidamente a magnitude, a complexidade, a dificuldade e o custo necessários para planejar e montar um eficaz sistema de apoio logístico de um protótipo não evolutivo.

Segundo o contrato de construção, a ASC e seus subcontratados encarregavam-se de treinar a guarnição dos *Collins*, mas a qualidade dos cursos de treinamento era afetada por atrasos e pela abordagem da tarefa. Nos cursos de treinamento, supunha-se incorretamente que haveria um alto grau de redundância e boa condição dos equipamentos, de modo que a guarnição não precisaria aprender a consertar coisa alguma.

A ASC tem com a RAN um contrato de cinco anos para administrar e prover treinamento em submarinos, desde o treinamento ao nível de recrutamento até treinamento avançado de requalificação em plataforma. Anualmente, 85 a 100 submarinistas saem do Submarine Training Center.

Em 2003, o Departamento de Defesa firmou com a ASC Pty Ltd um contrato

⁸ Entenda-se como *parent navy* uma Marinha que apoia logisticamente uma outra em todas as suas necessidades, desde projeto e construção de navios até fornecimento de sistemas, materiais e treinamento.

de A\$3,5 bilhões e 25 anos de duração denominado Through Life Support Agreement (TLSA), para apoio de manutenção e serviços de projeto destinados aos *Collins*. O TLSA cobre 60% do custo total de apoio. O restante corresponde a contratos para os sistemas de combate, a Submarine Escape Training and Facility, o Submarine Escape and Rescue Centre e inventários de fornecedores menores.

Da literatura consultada, não chegamos a saber até que ponto a RAN conseguiu reunir, organizar e articular todas as peças de um eficaz sistema de apoio logístico integrado. Essas peças devem decorrer dos estudos de apoio logístico iniciados junto com o projeto, e da versão inicial do Plano de Apoio Logístico Integrado, anterior ao contrato de construção.

RESULTADOS DO PROGRAMA COLLINS

Segundo a referência [4], frequentemente declara-se que os *Collins* são os mais impressionantes submarinos diesel-elétricos atuais. Mais impressionantes eles serão à medida que se solucionarem os problemas ainda existentes em seus sistemas de combate e motores diesel.

No processo de obtenção e operação inicial dos *Collins*, o Ministério da Defesa e a RAN realizaram um grande e complexo empreendimento, muito além do seu conhecimento resultante de experiências anteriores. A experiência que agora obtiveram poderá ser um resultado tão importante

quanto os próprios submarinos, desde que seja transformada em conhecimento. E tudo indica que em conhecimento será transformada. Vários e substanciais relatórios técnico-gerenciais durante e após o empreendimento foram elaborados por diferentes fontes e dirigidos ao Ministério da Defesa e ao parlamento australiano. As referências [5], [6], [7] e [8] são algumas dessas fontes, por sua vez baseadas em outras, públicas ou confidenciais. A recente iniciativa do Ministério da Defesa solicitando a referência [5] indica firme determinação em transformar a experiência dos *Collins* em conhecimento.

Parte do conhecimento obtido no Programa *Collins* se perderá se houver longo intervalo entre a construção do último dos *Collins*, entregue em 2003, e o projeto do primeiro submarino do programa SEA 1000

Porém, parte do conhecimento obtido no Programa *Collins* se perderá se houver um longo intervalo entre a construção do último dos *Collins*, entregue em 2003, e o projeto do primeiro submarino do programa SEA 1000⁹.

Deve-se indagar se foram atingidos os propósitos da grande decisão que resultou no Programa *Collins*.

Eles eram: a) obter

modernos submarinos que atendessem a requisitos de operação específicos para as missões da RAN; b) a Austrália operar, manter e modernizar esses submarinos com reduzida dependência do exterior; c) apoiar a indústria australiana, então em crise, e impulsioná-la tecnologicamente [4], [5].

O propósito a) foi atingido, mas com limitações importantes. Estas poderão ser parcial ou totalmente eliminadas, ainda que isso implique custo e queda temporária da disponibilidade operativa dos submarinos.

9 A Austrália iniciou o processo de definição de uma nova classe de submarinos (de um programa denominado SEA 1000) para substituir a classe *Collins*. Os líderes australianos de Defesa ainda não determinaram se os submarinos desse programa resultarão de um projeto australiano ou de um projeto de outro país [2].

Atingiu-se parcialmente o propósito b), pois agora a Austrália tem uma empresa totalmente australiana que construiu os seis *Collins* com alta produtividade e poucas falhas. Desde que sua força de trabalho seja mantida, aperfeiçoada e paulatinamente renovada, e desde que continue tendo indispensável autonomia, é e será uma peça-chave para construir, manter e modernizar submarinos na Austrália. No entanto, continuará excessivamente dependente do exterior nas questões básicas de projeto, até mesmo para o apoio aos *Collins*. Não tendo mais construído submarinos após 2003, tende a desatualizar-se tecnicamente, apesar de o Ministério da Defesa cuidar do seu vigor mediante os contratos de apoio aos *Oberons*, mencionados em parágrafos acima.

A dependência do exterior também seria reduzida se as empresas subcontratadas da ASC localizadas na Austrália se mantivessem ativas e atualizadas, o que será muito difícil sem um fluxo constante de construções de submarinos. No apoio aos *Collins*, poderão ou não contribuir para reduzir dependências, dependendo de terem ou não produzido equipamentos, peças e materiais de substituição frequente.

É provável que o propósito c) tenha sido atingido. “Quando o projeto de submarino começou, havia somente 35 companhias australianas certificadas nos níveis de qualidade requeridos para trabalhos de defesa. Em 1998, havia 1.500. Mas nem todo esse avanço pode ser creditado ao projeto de submarino” [6]. Além disso, houve êxitos distintos em apoio e impulsão tecnológica à indústria australiana. Alguns deles citam-se nos três parágrafos seguintes.

Uma das áreas inicialmente consideradas de mais alto risco era a do sistema de automação do submarino (*automated submarine management system*). No entanto, todos os seus requisitos foram satisfeitos. A RAN declarou que os *Collins* são os primei-

ros submarinos do mundo a *fly by wire* [6]. Esse êxito parece ter sido reconhecido pelo próprio serviço de submarinos nucleares da Marinha americana.

As Marinhas americana e britânica recusaram-se a dar detalhes dos ladrilhos anecoicos que revestem os cascos de seus submarinos. A Defence Science and Technology Organisation australiana então desenvolveu ladrilhos anecoicos, cujo desempenho foi superior [6].

Ainda segundo a referência [4], 70% do trabalho físico (*physical work*) foram realizados na Austrália, assim como 45% da eletrônica, resultando em A\$4 bilhões terem sido gastos na Austrália, dos A\$5,1 bilhões de todo o programa.

LIÇÕES DO PROGRAMA *COLLINS*

Lições específicas

Os cinco primeiros capítulos da referência [5] são um exame analítico do Programa *Collins*. O sexto capítulo sintetiza em 20 páginas as lições decorrentes desse exame e merece leitura atenta. Por brevidade, só apresentaremos as partes mais essenciais dessas lições.

Apoio e administração do programa

1 – Apoio e administração devem ser eficazes durante toda a vida do programa, desde a concepção até o descarte final.

2 – Apoio é indispensável na Marinha, no governo, na comunidade técnico-científica e no público em geral. Tanto os sucessos quanto os problemas devem ser divulgados.

Comentário: Excessiva ênfase na divulgação de sucessos pode gerar desânimo quando se divulgarem problemas.

3 – É necessário haver continuidade em todos os níveis. Mudanças de pessoas são

inevitáveis, particularmente para militares, mas devem ser minimizadas. Em substituições, é útil aproveitar os que já participem ou tenham participado do programa.

Comentário: Continuidade em programas tecnológicos de longa duração requer alta percentagem de profissionais civis em todos os níveis.

4 – Desde o início do programa, nele se devem incluir as organizações, comandos e pessoas apropriadas. A direção e a gerência do programa precisam ser bem informadas. Para isso é necessário haver pessoas com conhecimento e experiência em operação, manutenção e em todas as áreas técnicas de projeto e construção de submarinos. Esse conjunto de experiências e conhecimentos deve identificar riscos e soluções, desde o início e durante todo o transcurso do programa.

5 – Para êxito de um programa, elementos experientes deverão estar em posições-chave de direção e gerência. Isso requer a preparação de pessoas em várias disciplinas para virem a ocupar essas posições.

Comentário: A preparação de pessoas para posições-chave consiste em formação adequada e participação em realizações semelhantes. Como estas são raras em países de desenvolvimento retardado, nelas a preparação é problemática.

6 – Programas de projeto e construção de submarinos devem prever a necessidade de atualizá-los com novas tecnologias e capacidades, diante da evolução de ameaças e recursos tecnológicos. Para isso, a Base Logística de Defesa — geradora de projeto, construção e apoio logístico — tem que ser constantemente mantida e aperfeiçoada.

Comentário: Isso é impossível sem um fluxo constante de novos projetos e construções. Entre a decisão inicial de projetar e construir uma classe de submarinos e a entrada em serviço do primeiro da classe decorrem oito a 12 anos em países desenvolvidos. Durante esse tempo evolui rapidamente a tecnologia, e possivelmente o quadro de ameaças. Portanto, quando o primeiro submarino de uma classe entra em serviço, já é tempo de iniciar seu projeto

Para êxito de um programa, elementos experientes deverão estar em posições-chave de direção e gerência. Isso requer a preparação de pessoas em várias disciplinas para virem a ocupar essas posições

de modernização. Além disso, durante os dois anos iniciais de serviço, o primeiro submarino da classe deve ser técnica e operativamente avaliado, gerando resultados para o projeto seguinte e para possíveis alterações em outros submarinos da classe. Em resumo, quando o primeiro submarino de uma classe entra em

serviço, ou mesmo antes, já é tempo de iniciar-se o projeto da classe seguinte.

Estabelecimento de requisitos de operação

1 – As primeiras decisões num programa condicionam sua probabilidade de sucesso. Nelas se destacam os requisitos de operação. Eles se transformam em especificações de desempenho e resultam em escolhas de tecnologias. Portanto, a direção e a gerência de um programa devem conhecer o estado corrente da tecnologia e avaliar como os requisitos de operação podem afetar as tecnologias a serem adotadas, e conseqüentemente os riscos e custos. Para isso, terá que se apoiar no setor técnico-científico da Base Logística de Defesa. Este deverá conhecer

e avaliar as tecnologias importantes para o programa, onde elas existem e quais as que ainda precisam avançar muito para serem confiáveis.

Comentário: Exceto em países desenvolvidos, é raro agregar-se o setor técnico-científico nacional a programas importantes, particularmente os de defesa, e mormente logo no seu início. Consulte-se a referência [13].

2 – Requisitos de operação resultam em especificações técnicas de desempenho. Elas só serão eficazes se determinarem como cada desempenho deverá ser medido. Para isso, no contrato deverão constar as respectivas provas e testes, os respectivos procedimentos, as instalações e entidades que os realizarão e os critérios de aprovação ou reprovação.

Comentário: Num programa bem conduzido, todas essas necessidades devem ser examinadas desde a fase de projeto preliminar e dão origem a um Plano de Inspeções, Testes e Provas que é progressivamente detalhado nas fases de projeto de contrato e de construção. Ele é um dos muitos documentos técnicos que devem ser partes integrantes do contrato da plataforma e do sistema de combate.

Contratação

As relações entre o contratante e os contratados principais, e entre estes e seus subcontratados, são importantes para o sucesso de um programa. Elas poderão vir a ser tensas e até conflituosas. Se tal acontecer, haverá inevitáveis prejuízos em desempenho, tempo e custo. Embora isso possa acontecer inde-

pendentemente de disposições contratuais, a probabilidade de efeitos indesejáveis poderá ser reduzida se adotarem-se adequados procedimentos contratuais.

1 – A estrutura dos contratos com os contratados principais (para a plataforma e o sistema de combate) deverá ter cláusulas adequadas para administrarem-se os riscos técnicos do programa. Os riscos e seu tratamento deverão ter sido alvo de estudos anteriores ao contrato, incluindo seu exame com os futuros contratados principais. Daí deverão resultar cláusulas que permitam a necessária flexibilidade ao contrato. Nelas se estabelecerão responsabilidades, procedimentos e distribuição de

A estrutura dos contratos com os contratados principais (para a plataforma e o sistema de combate) deverá ter cláusulas adequadas para administrarem-se os riscos técnicos do programa

riscos entre o contratante e o contratado, tanto em termos gerenciais como em margens de tempo e custo. Contratos de preço fixo são apropriados somente quando os riscos são mínimos. Tentativas de atribuir todos os riscos ao contratado serão inúteis. Se o contratado falir, o risco recairá inaceitavelmente sobre o

contratante. No caso de um navio de guerra, o risco será muito grave.

2 – Os contratos com os contratados principais deverão requerer que cláusulas equivalentes às do item 1 acima estejam nos contratos com os subcontratados.

3 – Não basta especificar os requisitos de desempenho: deverão ser também especificados os testes e provas para sua medição. Para isso, é importante a participação da área tecnológica da Base Logística de Defesa. Porém não se deve especificar como atingir os requisitos de desempenho. Tal responsabilidade é dos contratados.

4 – No contrato, deverá ser estabelecido um processo de decisão detalhado e ágil, capaz de examinar e solucionar em tempo hábil questões que surgem durante um programa. O processo deverá incluir as organizações apropriadas.

Comentário: As questões que surgem sempre são técnicas, financeiras e legais. As técnicas são as mais frequentes. Entre elas, destacam-se as de GQ (Quality Assurance). Para essas, deverá haver um sistema preestabelecido e organizações competentes, tanto da parte do contratante como dos contratados e subcontratados. Tal sistema existe nas Marinhas de países desenvolvidos. Nossa Marinha gradativamente montou e utilizou um Sistema de GQ nos programas navais das décadas de 1980 e 1990.

5 – Também no contrato deverá ser estabelecido um processo para tratar de alterações. Estas sempre são propostas durante um programa, tanto por iniciativa do contratante como do contratado. Podem incidir sobre os requisitos de desempenho da plataforma ou de seus sistemas e equipamentos sobre o cronograma do projeto, ou sobre as responsabilidades das organizações envolvidas no projeto, na construção e nos testes e provas da plataforma. É importante que a direção e a gerência entendam o impacto de alterações propostas — em tempos, custos e desempenhos — e que tenham um procedimento para aprovar ou rejeitar as propostas. Para isso precisará da base tecnológica de apoio.

Comentário: Nos programas navais das décadas de 1980 e 1990, a Marinha instituiu e utilizou um satisfatório processo para tratar de alterações.

6 – O contrato deverá conter detalhados procedimentos e cronogramas para sua execução física, financeira e documental.

Comentário: Pagamentos antecipados são risco inaceitável, exceto em casos especiais. Pagamentos insuficientes geram riscos. A cada evento contratual de pagamento deverão corresponder as respectivas obrigações que o contratado deverá cumprir: obrigações físicas (estruturas, sistemas, equipamentos, etc, construídos, montados ou instalados); obrigações de GQ (estruturas, sistemas, equipamentos etc, aprovados em inspeções, testes ou provas); obrigações

Obrigações de documentação são difíceis de especificar, e há contratados que relutam em cumpri-las. São vitais para o sucesso de um programa e para projetos futuros

documentais (desenhos, especificações, documentação de GQ, documentação de apoio logístico, documentação de *software*, etc, aprovadas). Obrigações de documentação são difíceis de especificar, e há contratados que relutam em cumpri-las. São vitais para o sucesso de um programa e

para projetos futuros.

7 – No contrato deverá haver margem adequada para contingências decorrentes dos riscos técnicos do programa. A margem deverá ser proporcional aos riscos. Num programa como o do Collins, a margem deveria ser de 10% a 15%.

Projeto e construção de submarinos

1 – Desde as fases iniciais do projeto, é importante que dele também participem os que irão construir, operar e manter o submarino, bem como o setor tecnológico da Base Logística de Defesa.

Comentário: Exceto em países desenvolvidos, é quase impossível implementar esta lição, pois o projeto sempre é feito no

exterior, e no exterior quase sempre ocorre a construção do primeiro submarino da classe.

2 – Deve-se ter atenção às advertências sobre riscos expressas pelo setor tecnológico da Base Logística de Defesa.

Comentário: Isso pressupõe uma Base Logística de Defesa suficientemente desenvolvida.

3 – É necessário ter estimativas realistas dos custos para construir, manter e operar os submarinos, incluindo modernizações que se tornem necessárias por mudanças nos requisitos de operação e evolução tecnológica. Aí se devem incluir margens para contingências que surjam, e que serão tanto maiores quanto maiores forem os riscos do projeto.

4 – No projeto deverá haver espaços e rotas para remoção, reinstalação ou substituição de equipamentos volumosos durante grandes períodos de manutenção e modernizações.

5 – Deverão ser especificadas margens para as diversas fases do projeto, da construção e da vida útil do submarino, aí se incluindo modernizações. Elas precisam ser monitoradas.

Comentário: Margens de projeto são questão básica para projetos de navios em geral, e mais ainda para navios de guerra. Aplicam-se a deslocamentos, potência elétrica, propulsão, refrigeração, *bandwidth* etc. Até hoje suscitam estudos e artigos em renomados foros técnicos. Só países desenvolvidos projetam submarinos e aplicam tais margens. Os demais devem pelo menos conhecer as margens dos projetos que compram.

6 – A nacionalização parcial ou total de sistemas e equipamentos requer cuidados especiais para assegurar que ela será tecnologi-

camente importante e redutora de dependência externa durante toda a vida útil do submarino.

Comentário: Nacionalização implica associação de firma estrangeira com empresa nacional. É indispensável: 1) que ambas tenham reputação técnica e estabilidade apropriadas; 2) real interesse da firma estrangeira em aprofundar sua atuação no país; 3) real interesse da firma nacional em elevar seu nível tecnológico para gerar lucros. Esses três fatores só existirão se houver credibilidade sobre a sustentação do programa naval a médio e longo prazos.

7 – A maioria dos desenhos de construção deverá estar pronta antes de começar-se a construção. Se tal não se fizer, haverá inevi-

táveis perdas de trabalho e prejuízos em tempo e custo, decorrentes de modificações que surgem à medida que o projeto de construção avança.

8 – Deve-se elaborar um detalhado Plano de Inspeções, Testes e Provas durante as fases de projeto e construção. Veja-se o item 2 sob o título Estabelecimento de Requisitos de Operação.

9 – O contrato deve assegurar a obtenção dos

direitos de propriedade intelectual do projeto, para apoio a modernizações do submarino durante sua vida útil e uso em futuros projetos. Esses direitos devem abranger a plataforma e muitos dos seus sistemas e equipamentos.

É necessário ter estimativas realistas dos custos para construir, manter e operar os submarinos, incluindo modernizações que se tornem necessárias por mudanças nos requisitos de operação e evolução tecnológica

Planejamento do apoio logístico integrado

1 – Deve-se formular um plano estratégico de Apoio Logístico Integrado (ALI) durante as fases de projeto de um novo programa.

Comentário 1: Exceto em países desenvolvidos, o real significado e as conseqüentes implicações do Apoio Logístico Integrado não são bem entendidos. O Apoio Logístico só é Integrado quando faz parte do projeto do navio. Inicia-se com o projeto, ou mesmo antes, e nele prossegue *pari passu*. Incorpora e atualiza todos os elementos de apoio necessários à eficaz operação do submarino. E vai além do projeto e da construção, mediante contínuos aperfeiçoamentos decorrentes do acompanhamento técnico-operativo do navio em serviço. Apoio Logístico Integrado é disciplina técnica a ser estudada e praticada em equipes, reunindo engenheiros, supridores, mantenedores e operadores, que nela se tornarão especialistas. Apoio Logístico Integrado é parte do projeto do navio e portanto só pode realmente existir em Marinhas que projetem seus navios.

Comentário 2: Nas estimativas de custo de um programa, referidas no item 3 sob o título *Projeto e Construção dos Sub-*

marinos, deverão ser incluídas as previsões de custo para o Apoio Logístico Integrado.

Comentário 3: Na condução de um programa, tende-se a reduzir sistematicamente os fundos para Apoio Logístico Integrado, desviando-os para outras necessidades inesperadas e não cobertas por verbas de contingência.

2 – Devem ser especificados os conceitos de operação e de manutenção do submarino. “O Plano Estratégico de Apoio Logístico Integrado deve iniciar-se com conceitos de como os submarinos devem ser operados e mantidos. Os conceitos de operação desejados são parte do estabelecimento

de requisitos para a plataforma e dados de entrada no projeto da plataforma. E os conceitos de operação devem reconhecer que será necessário tempo para manutenções preventivas e corretivas do submarino e para modernização de equipamentos. O resultado final deve ser ciclos periódicos de treinamentos, operações e manutenções que se estendem por toda a vida útil do submarino. A formulação dos conceitos de operação e manutenção deve ter a participação de operadores e mantenedores” [5].

3 – Deve-se conhecer as confiabilidades dos equipamentos e as necessidades de suas manutenções preventiva e corretiva. Formular um plano de manutenção requer que se entenda bem a confiabilidade e manu-

O contrato deve assegurar a obtenção dos direitos de propriedade intelectual do projeto, para apoio a modernizações do submarino durante sua vida útil e uso em futuros projetos

tenibilidade dos equipamentos, bem como a necessidade de controlar a corrosão e a fadiga do casco do submarino. Isso requer frequentes interações com as autoridades de projeto¹⁰ e os fabricantes originais dos equipamentos para obterem-se as informações e os dados necessários. Também requer um completo entendi-

mento da confiabilidade e manutenibilidade de quaisquer equipamentos já em serviço, com base numa competente base de dados. Deve-se ter cuidado quando a autoridade de projeto ou os fabricantes originais dos equipamentos não forem nacionais. No Programa *Collins*, “a dependência em autoridades de projeto estrangeiras e fabricantes originais de equipamento estrangeiros resultaram numa cadeia logística retorcida e lenta, e portanto dispendiosa”.

Comentário: A lição imediatamente acima só poderá ser bem aplicada em Marinhas que disponham de equipes es-

pecialistas em apoio logístico integrado e que incluam engenheiros, supridores, mantenedores e operadores.

4 – O Plano Estratégico de Apoio Logístico Integrado deve determinar as épocas, os locais e as organizações que realizarão manutenções, modernizações e treinamento.

Comentário: Para que o Plano Estratégico de Apoio Logístico seja realista, é indispensável que a lição do item 3 tenha sido implementada, pois é impossível determinar épocas, locais e organizações para manutenções, modernizações e treinamentos sem conhecer as confiabilidades dos equipamentos e as necessidades de suas manutenções preventiva e corretiva. Sem esse conhecimento também não se pode saber quais serão necessidades de capacitação técnica de mão de obra, instalações e aparelhamento para cada uma das manutenções e treinamento, e portanto não se saberá onde cada manutenção ou treinamento poderá ser realizado. Daí se conclui que o Plano Estratégico de Apoio Logístico, formulado no início do projeto, deverá ter várias edições, evoluindo *pari passu* com o projeto e a construção do submarino.

5 – Deve-se planejar atualizações e modernizações de equipamentos do submarino, principalmente de equipamentos eletrônicos. Elas deverão incluir-se no Plano Estratégico de Apoio Logístico Integrado e, para equipamentos eletrônicos, deverão abranger *hardware* e *software* em atualizações periódicas que estabeleçam um ritmo de modernizações ao longo de todo o programa.

6 – O Plano de Apoio Logístico Integrado do programa deverá ser compatível com as necessidades de apoio logístico dos demais navios da Marinha com as quais terá que compartilhar recursos e instalações.

7 – Deve-se estabelecer uma função de planejamento de manutenção e desenvol-

ver uma base de dados de confiabilidade. A função de planejamento de manutenção monitora e atualiza a base de dados histórica de manutenções e estabelece futuras cargas de trabalho, para assegurar que as corretas manutenções sejam feitas nas ocasiões certas. Além disso, mantém contato constante com as autoridades de projeto e os fabricantes originais dos equipamentos, para entender quaisquer mudanças em requisitos e procedimentos aplicáveis à plataforma e seus equipamentos.

Comentário: Resta saber que organização exercerá essa função de planejamento de manutenção, desenvolvimento e monitoração de uma base de dados de confiabilidade e contato constante com as autoridades de projeto e os fabricantes originais dos equipamentos. Segundo a referência [5], ela poderá ser exercida por uma organização do governo ou por uma empresa privada. Se tal acontecer, haverá uma descontinuidade irrecuperável e danosa em todo o processo de apoio logístico integrado que se iniciou e desenvolveu com o projeto e que deverá prosseguir, aperfeiçoando-se no trato da vida operativa do submarino. Será mais lógico e seguro atribuir essa função a uma parte da equipe de especialistas de apoio logístico que formulou e desenvolveu o apoio logístico integrado durante o projeto e construção do primeiro submarino. Quando este iniciar a vida operativa, essa parte da equipe de especialistas se desligará das atividades de projeto e passará a gerenciar o apoio logístico da classe de submarinos, dentro do sistema de apoio logístico da Marinha.

8 – Deve-se planejar o treinamento e a transição de tripulações para a nova plataforma. Parte importante do planejamento é a determinação de quando e como os simuladores e outros dispositivos de treinamento serão usados para realizar o treinamento.

10 Veja-se a nota de rodapé número 2.

9 – Deve-se prover e manter verbas adequadas para desenvolver o Plano de Apoio Logístico Integrado, evitando-se que elas sejam desviadas para outras necessidades durante o projeto e a construção.

Lições globais

Além das lições específicas apresentadas na referência [4] e resumidas acima, há lições globais que se podem extrair examinando os principais determinantes, condicionantes e rumos do Programa *Collins*. As lições globais são uma envoltória das lições específicas.

Os principais determinantes do Programa *Collins* foram os requisitos particulares da Marinha australiana, que só poderiam ser satisfeitos por um novo e avançado projeto de submarino diesel-elétrico, apto a cumprir missões com clara vantagem em relação aos prováveis oponentes. Estes determinantes, embora aparentemente inexistentes nos requisitos iniciais, tornaram-se claros durante o longo processo de seleção do licitante vencedor, e ainda mais no firme apego aos requisitos iniciais para o sistema de combate.

Condicionaram o Programa *Collins*:

- a inexistência de realizações semelhantes no passado. A Austrália jamais projetara navios de guerra, à exceção de um caça-minas. E construía sofrivelmente alguns poucos navios de guerra projetados no exterior [5];

- a longa e forte relação de dependência da RAN em relação à Royal Navy para todas as necessidades logísticas, desde o projeto e a construção de submarinos até o treinamento de tripulações;

- a dispersão da reduzida capacidade de construção e manutenção de navios de guerra. Mesmo sem ter uma grande armada, o governo australiano não controlava os principais recursos de projeto, construção e manutenção. Até mesmo para *refits* de

submarinos, a RAN dependia da Vickers britânica instalada na Austrália, e que se retirou em 1991;

- a crise que a indústria australiana atravessava quando nasceu o programa. Esta foi considerada oportunidade para estímulo econômico e avanço tecnológico;

- as urgências operativas. Embora o Programa *Collins* tenha se iniciado em 1978, coincidindo com o recebimento dos dois últimos *Oberons*, a entrega do primeiro submarino só ocorreu 18 anos depois, quase ao final da vida útil dos primeiros *Oberons*. Desses 18 anos, nove decorreram até a assinatura do contrato para projeto e construção. E o intervalo de 18 anos poderia ser ainda mais longo se os recursos financeiros tivessem escasseado, ou se o desempenho construtivo da ASC não fosse tão eficiente. Mesmo que urgências operativas não tenham condicionado o programa desde o início, certamente passaram a condicioná-lo quando se assinou o contrato. Elas não mais permitiriam que se considerasse o primeiro submarino como um protótipo, nem alterações importantes na obtenção do sistema de combate, tal como deveria ter ocorrido.

Diante desses determinantes e condicionantes, não era possível seguir um caminho seguro e lógico, tal como o indicado pelas lições específicas acima, ainda que tais lições fossem conhecidas e aceitas. A Austrália fez o que era possível para atingir seus propósitos sem todos os meios necessários, e em pouco tempo:

- 1 – Decidiu construir o submarino na Austrália, mas projetá-lo no exterior.

- 2 – Formulou um processo de seleção reunindo todos os projetistas e construtores de submarinos do mundo, exceto os do Japão e da Rússia. Nele estabeleceu e enfatizou cláusulas de participação da indústria australiana. Nesse processo, dois dos licitantes da plataforma eram consórcios nos quais um dos componentes era a

parte forte, notável detentora de *know-how* em projeto e construção de submarinos.

3 – Conduziu o processo de seleção em duas etapas. A segunda, com apenas dois competidores, foi um pré-contrato pago pelo governo australiano para desenvolvimento dos projetos iniciais apresentados na primeira etapa.

4 – Avaliou detidamente as propostas finais. Porém estas não haviam atingido o nível de um projeto de contrato [5].

5 – Entre quatro importantes competidores para o sistema de combate, escolheu a Rockwell, que mais lhe pareceu apta a satisfazer os rigorosos requisitos da RAN.

6 – Enviou à Kockums da Suécia uma equipe de 18 projetistas para trabalhar com os suecos, e uma equipe de 20 pessoas da RAN para esclarecimentos sobre os requisitos.

7 – Decidiu ser acionista de um dos consórcios concorrentes, a ASC. Talvez esperasse que assim pudesse melhor conduzir todo o programa, influenciando nas decisões mais importantes que a ASC viesse a tomar, caso vencedora do projeto e construção da plataforma. A ASC acabou sendo a vencedora. Mas a Kockums era a parte forte da ASC, por ser a portadora de *know-how*. Este, porém, estava na Kockums da Suécia, subcontratada da ASC. O governo australiano tornou-se simultaneamente cliente e acionista de uma empresa em que não preponderava, pois o conhecimento é que preponderava. E ainda no meio do programa, já com grandes problemas técnicos pendentes, a Kockums foi vendida à HDW, para a qual havia perdido a competição de projeto e construção dos *Collins*. Um ano depois, o governo australiano assumiu o controle total da ASC. Mas continuou dependendo do *know-how* da Kockums, já vendida à HDW.

8 – Apesar de ter negociado e selecionado a Rockwell para o sistema de combate, o governo australiano instruiu a ASC para contratá-la, mas continuou a entender-se com a Rockwell [4].

A partir daí sucederam-se distintos sucessos e também insucessos técnicos, operativos e logísticos. Alguns dos insucessos ainda perduram e deixam os resultados muito aquém do que se esperava obter. Mas também deixaram lições para formular e conduzir o novo programa de submarinos australianos, o SEA 1000. Elas certamente estão sendo consideradas pelo Ministério da Defesa australiano.

Dos insucessos, os mais graves foram o sistema de combate, os motores diesel e o sistema de combustível e lastro. Os insucessos do sistema de combate são predominantes; os dos motores diesel afetam a confiabilidade e a disponibilidade; e o do sistema de combustível e lastro reduz praticamente em 30% o raio de ação [4]. Nenhum desses insucessos é atribuível primariamente à RAN. Nenhum deles seria de esperar diante da capacidade dos contratados principais: a Rockwell e a ASC apoiada na Kockums. Se os requisitos da RAN para o sistema de combate eram inexecutáveis na época, não ficou claro por que os licitantes assim não os julgaram. E também não ficou claro por que a Kockums, tendo optado por um novo protótipo para os motores diesel, não implementou, por intermédio da ASC, um rigoroso programa para sua aprovação e posterior produção dos demais motores. E a falha na separação da água do mar no sistema de combustível e lastro situa-se exclusivamente nas áreas de projeto e construção, ambas nas atribuições da Kockums.

No Programa *Collins*, a Austrália associou-se a renomados detentores de *know-how*. Mas só poderia conseguir resultados melhores se tivesse o conhecimento e a experiência que ainda não acumulara.

Alinham-se abaixo as lições globais que se inferem desses determinantes, condicionantes e rumos, e também de todo o relato deste artigo. Elas não cogitam de obtenções mediante projeto e construção no exterior.

1 – Os riscos crescem com a grandeza, a complexidade e a excepcionalidade de um empreendimento. Conhecimento próprio, resultante de experiência, é essencial para identificar, controlar e superar riscos.

2 – Para complementar conhecimento e experiência, associações com entidades estrangeiras são úteis, mas não podem garantir sucesso. Para delas obter bons resultados, é necessário ter suficiente conhecimento e experiência.

3 – Em programas de longa duração, associações com entidades estrangeiras ou nacionais podem mudar, por motivos financeiros, econômicos ou políticos. Os riscos daí decorrentes devem ser previamente avaliados e deve haver planos para superá-los.

4 – O processo total de obtenção do primeiro submarino de uma nova classe¹¹, ou de qualquer navio de guerra de complexidade comparável, requer de dez a 15 anos em países desenvolvidos,

a não ser que resulte de pequenas alterações na classe anterior. Nos demais países, o tempo requerido poderá ser bem mais longo. Durante esse período, ocorrem mudanças importantes no cenário de ameaças, evolução tecnológica e relacionamentos políticos. Essas mudanças podem afetar cooperações tecnológicas.

5 – O primeiro navio de guerra de uma nova classe é sempre um protótipo. Deve

ser avaliado sistematicamente num processo técnico-operativo durante período suficiente antes de entrar em serviço. Daí surgem alterações em projeto e construção dos demais navios da classe.

6 – Protótipos não evolutivos têm riscos elevados e requerem períodos mais longos para sua sistemática avaliação técnico-operativa antes de entrarem em serviço. As alterações no projeto e construção dos demais navios da classe poderão ser de grande porte e complexidade. Protótipos não evolutivos são os que resultam de alterações significativas no casco ou em

sistemas principais da plataforma, ou no sistema de combate, quando comparados aos de realizações recentes.

7 – Dado o tempo total de obtenção do primeiro submarino de uma classe — oito a 12 anos em países desenvolvidos —, além da evolução tecnológica e do quadro de ameaças nesse período, o processo de obtenção de uma nova classe de submarinos deve iniciar-se quando se incorpora à Armada o primeiro submarino da classe anterior. O mesmo se aplica a navios de guerra de superfície com equivalente complexidade.

8 – A probabilidade de sucesso de um programa de obtenção de submarinos aumentará muito se forem adotadas as Lições Específicas da referência [5]. Para adotá-las, é necessário haver uma Base Logística de Defesa desenvolvida.

O processo de obtenção de uma nova classe de submarinos deve iniciar-se quando se incorpora à Armada o primeiro submarino da classe anterior. O mesmo se aplica a navios de guerra de superfície com equivalente complexidade

¹¹ Considere-se como início desse processo a primeira versão dos Requisitos de Estado-Maior para a nova classe de submarinos ou a declaração formal da necessidade de uma nova classe de submarinos.

Não havendo, a adoção terá que ser gradual, aumentando com o progresso da Base Logística de Defesa e sucessivos

programas de obtenção. O progresso será lento. Descontinuidades causarão retrocessos.

📁 CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<CIÊNCIA & TECNOLOGIA>; Construção Naval; Submarino; Marinha; Marinha da Austrália; Ciência e Tecnologia na Marinha;

REFERÊNCIAS

- [1] Estratégia Nacional de Defesa – 2ª Edição -- Ministério da Defesa – Brasil – dezembro de 2008.
- [2] *Learning from Experience*, Volume I: Lessons from the Submarine Programs of the United States, United Kingdom and Australia – John F. Schank, Robert E. Murphy, Mark V. Arena, Gordon T. Lee – Rand Corporation – National Defense Research Institute – 2011
- [3] MG-1128/2 – NAVY, *Learning from Experience*, Volume II: Lessons from the U. S. Navy *Ohio*’s, *Seawolf* and *Virginia* submarine Programs
- [4] MG-1128/3 – NAVY, *Learning from Experience*, Volume III: Lessons from the United Kingdom’s Astute Submarine Program
- [5] MG-1128/4 – NAVY, *Learning from Experience*, Volume IV: Lessons from Australia’s *Collins* Submarine Program
- [6] *Getting in Early: Lessons of the Collins Submarine Program for Improved Oversight of Defence Procurement* – Research Paper nº 3 2001-2002 – Department of Parliamentary Library – Information and Research Services – Derek Woolner – Foreign Affairs and Trade Group – 18 September 2001
- [7] *Report to the Minister For Defence on the Collins Class Submarine and Related Matters* – Malcom K. McIntosh and John. B. Prescott – June 1999
- [8] How Kockums Was Selected for the Collins Class Submarine – Derek Woolner – Research Paper 4 2001– 02 – Parliament of Australia
- [9] *Políticas Industriais para a Cadeia Industrial de Defesa: Desenvolvimento Tecnológico* – Relatório Final – 30/12/2011 – Eduardo Siqueira Brick, Jorge Nogueira de Paiva Britto, Marco Antônio Vargas, Waldimir Pirró e Longo, Ariela Diniz
- [10] “A Busca de Grandeza II” – Vice-Almirante (Ref^o -EN) Elcio de Sá Freitas – *Revista Marítima Brasileira* – 2º trimestre de 2007.
- [11] “A Busca de Grandeza III” – Vice-Almirante (Ref^o -EN) Elcio de Sá Freitas – *Revista Marítima Brasileira* – 1º trimestre de 2011.
- [12] “A Busca de Grandeza IV” – Vice-Almirante (Ref^o -EN) Elcio de Sá Freitas – *Revista Marítima Brasileira* – 2º trimestre de 2011.
- [13] “A Busca de Grandeza VI” – Vice-Almirante (Ref^o -EN) Elcio de Sá Freitas – *Revista Marítima Brasileira* – 2º trimestre de 2012.
- [14] <http://www.cockatooisland.gov.au/about/history/shipbuilding.html>