

CUSTOS DE OPERAÇÃO E APOIO DE NOVOS MEIOS NAVAIS: ESTIMATIVAS DO PHM ATLÂNTICO COM BASE EM FONTES ABERTAS

Luiz Octávio Gavião¹

Marcio Magno de Farias Franco e Silva²

Emilia Machado³

Mariana Petine⁴

RESUMO

O PHM Atlântico foi recentemente adquirido pela Marinha do Brasil. O porte do navio indica que seus custos de operação e apoio devem ser os maiores entre os meios convencionais da Força. Em geral, os meios navais permanecem em serviço ativo por 25 a 30 anos, embora a Marinha esteja ampliando o tempo de serviço de alguns dos principais meios. O conhecimento dos custos de ciclo de vida dos seus meios permite que a Força efetue o adequado planejamento orçamentário a médio e longo prazo. Entretanto, os novos meios adquiridos, decorrentes de projetos de construção ou mesmo por compra de oportunidade, carecem de registros históricos de custos. Isto dificulta o cálculo estimativo dos custos de ciclo de vida. Este artigo tem por finalidade aplicar métodos por analogia e paramétricos, associados a modelos de inferência Bayesiana, para estimar os custos de operação e apoio do PHM Atlântico. Somente dados de fontes abertas foram utilizados na pesquisa. Os resultados por diferentes métodos apresentaram similaridade, oferecendo alternativas interessantes para o cálculo dos custos de ciclo de vida sob

Palavras-Chave: Custos de Ciclo de Vida; Método por Analogia; Método Paramétrico; Inferência Bayesiana; PHM Atlântico. escassez de dados.

¹ Doutor. Universidade Federal Fluminense (UFF). Rio de Janeiro -RJ.
E-mail:luiz.gaviao67@gmail.com

² Contra-Almirante (RM1), Superintendente e Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos da Escola de Guerra Naval (EGN). Rio de Janeiro - RJ. E-mail: marcio.magno@marinha.mil.br

³ Pós-graduanda em Segurança Internacional e Defesa, pela Escola Superior de Guerra (ESG). Rio de Janeiro (RJ), Brasil. E-mail: machado.emilia1@gmail.com

⁴ Pós-graduanda em andamento em Segurança Internacional e Defesa na Escola Superior de Guerra (ESG) - (RJ), Brasil. E-mail: marianapetine@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A gestão do ciclo de vida dos sistemas de defesa é um tema de maior relevância. Em geral, os sistemas de defesa são complexos por natureza, no sentido de apresentarem elevada quantidade de elementos, com diversas inter-relações com outros sistemas e entre os seus elementos, requerendo alta tecnologia para o seu emprego e manutenção. Nesse contexto, faz-se necessário conhecer, mensurar e gerir o ciclo de vida desses sistemas complexos, que podem permanecer ativos por mais de 40 anos (BRASIL, 2017).

O ciclo de vida inclui todo o espectro de atividades que envolvem um sistema de interesse, iniciando com a identificação de capacidades e requisitos, estendendo-se através do projeto e desenvolvimento do sistema, da produção e/ou construção, do seu emprego operacional, do apoio de manutenção e do desfazimento do material. Em cada fase do ciclo de vida, uma série de processos e modelos inerentes às aquisições, às contratações, ao desenvolvimento e ao custeio dos sistemas precisam ser abordados sob as melhores práticas de gestão. Essas diversas fases do ciclo de vida envolvem tempo e recursos, devendo receber a máxima atenção de gestores e assessores, para que a eficiente gestão do ciclo de vida contribua para a confiabilidade e disponibilidade dos sistemas de defesa empregados nas Forças Singulares (BRASIL, 2017).

Estimar custos das fases do ciclo de vida dos sistemas de defesa é essencial para uma gestão eficiente. Estimativas de custos são necessárias para programas de aquisição do governo por vários motivos: para apoiar decisões sobre o financiamento de um programa em detrimento de outro; para desenvolver o planejamento orçamentário anual; para avaliar requisitos em pontos chave de decisão durante a gestão do ciclo de vida; e para desenvolver referências para mensurar desempenho. Além disso, ter uma estimativa realista dos custos projetados torna efetiva a alocação de recursos e aumenta a probabilidade de sucesso de um programa (USGAO, 2009).

Entretanto, os desafios são consideráveis para mensurar custos de sistemas de defesa. As condições para desenvolver uma boa estimativa de custos requerem programas de desenvolvimento estáveis e precisos, acessibilidade a documentação detalhada e a dados históricos, disponibilidade de analistas de custos bem treinados e experientes, execução de análise de risco e incerteza, identificação de uma gama de níveis de confiança e reservas adequadas de contingência e gestão no

longo prazo com a melhor dessas circunstâncias. Essas condições, em geral, não pertencem ao mundo real. As informações não são precisas e plenamente disponíveis aos usuários. A documentação de apoio é escassa ou classificada, inexistem programas similares para comparação ou as metodologias de estimativa são sustentadas por dados irrelevantes ou desatualizados (USGAO, 2009). Em resumo, a tarefa de estimar custos requer ciência e julgamento do analista, para produzir resultados essencialmente probabilísticos.

Em recente entrevista ao jornal Valor Econômico, o Comandante da Marinha (CM) expôs algumas preocupações relacionadas à gestão do ciclo de vida dos meios navais. Desde 2013, os recursos da Marinha encolheram 55%, para R\$ 2,9 bilhões. Essa redução tem impactado os principais programas em andamento, provocando atrasos na construção dos submarinos e a extensão da vida útil de navios de superfície, quando deveriam operar entre 25 e 30 anos. Segundo o CM, o volume de investimento para a reconstrução da Marinha deveria ser de aproximadamente R\$ 1,2 bilhão por ano, porém a Força recebe, em média, um valor aproximado de R\$ 600 milhões (ROSA, 2018).

O cenário de restrição orçamentária da Marinha nos últimos anos torna ainda mais importante a capacidade de previsão de despesas futuras, para evitar uma depreciação prematura dos meios. No caso de novos produtos de defesa (PRODE), oriundos de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) ou mesmo adquiridos por oportunidade, essa capacidade de previsão é limitada, em decorrência da escassez de registros históricos de custos. Nesse caso, a Força corre o risco de adquirir um novo meio com elevados custos de ciclo de vida (CCV), agravando ainda mais as limitações orçamentárias. Esse problema de sustentabilidade econômica no longo prazo recebe a designação de “*affordability*” na literatura científica (MELESE, 2015).

A gestão do ciclo de vida de um sistema de defesa requer o uso de modelos de cálculo estimativo, em função das incertezas envolvidas ao longo de sua vida útil. As atividades operativas e, eventualmente, de combate dos meios ao longo de décadas podem impactar em custos adicionais de operação e apoio, dificultando o planejamento orçamentário das Forças. Isto pode ser agravado, em função dos necessários processos de modernização dos meios, para acompanhar o estado-da-arte de sistemas similares. Esta incerteza está representada nos resultados estimativos, ao serem expressos por faixas de valores, com intervalos de

probabilidade associados. À primeira vista, uma estimativa pode indicar uma conotação depreciada, em comparação a dados exatos. Porém, os dados de operação e manutenção de sistemas de defesa são naturalmente exclusivos e classificados por fabricantes e usuários. Assim, um resultado, mesmo estimativo, supera a ausência de informações necessárias à comparação de alternativas e à tomada de decisão.

Outro aspecto relevante do escopo desta pesquisa se refere ao uso de fontes abertas. Os resultados estimados com as informações disponíveis ao público são interessantes, pois permitem antecipar o planejamento e comparar cálculos com outros sistemas com potencial de desenvolvimento ou aquisição. Além disso, os resultados com as fontes abertas podem servir de referência, por ocasião do recebimento dos dados reservados, obtidos durante ou após o processo de negociação com países e fornecedores. Por exemplo, estimativas com dados reservados, consideravelmente inferiores aos resultados com fontes abertas podem indicar a omissão de dados ou erros de cálculo, com sérios prejuízos ao planejamento orçamentário de longo prazo. Por outro lado, resultados significativamente superiores podem alertar sobre determinados subsistemas ou componentes com alto custo de manutenção, caracterizando o novo meio como típico “fora da curva”. As fontes abertas aqui consideradas nesta pesquisa são dados de arquitetura naval, disponíveis em publicações de referência, dados oficiais publicados pela *Royal Navy* sobre o HMS Ocean e informações da imprensa especializada.

Nesse contexto, a recente aquisição do PHM Atlântico constitui o problema de pesquisa deste artigo. Por se tratar do navio de maior porte da Esquadra, é lícito assumir que este navio demandará a maior parcela de recursos entre os meios convencionais, aqui restritos aos meios sem propulsão nuclear. Considerando sua vida útil entre 25 e 30 anos, é esperado um significativo consumo de recursos para a sua operação e apoio. Para a *Royal Navy*, que projetou e lançou ao mar o então HMS Ocean em 1998, os custos de obtenção (CO) foram de £150 milhões, segundo informação da imprensa inglesa (ROBERTSON, 2018). Entretanto, o registro detalhado dos custos anuais de operação e apoio (COA) durante seu ciclo de vida, entre 1995 e 2018, não estão disponíveis em fontes abertas. Esses custos representam, em geral, a maior parcela dos custos totais de posse de um navio e o seu desconhecimento pode comprometer a prontidão da Força (GANSLER; LUCYSHYN, 2015).

Assim, a resposta à seguinte pergunta de pesquisa pode contribuir com o planejamento orçamentário da Marinha a médio e longo prazo: como estimar o COA do PHM Atlântico, sob escassez de dados, e qual esse montante médio anual?

Este artigo está dividido em quatro seções. Após a exposição do problema na seção introdutória, a Seção 2 apresenta os métodos de estimativa de CCV que se adequam ao problema, capazes de serem utilizados no estudo de caso. A Seção 3 apresenta os resultados obtidos com os modelos de cálculo para o PHM Atlântico. Por fim, a Seção 4 conclui o trabalho e traz os possíveis desdobramentos em novas pesquisas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os modelos matemáticos utilizados para a estimativa de CCV são, basicamente, explorados em Pesquisa Operacional (PO). Alguns autores defendem que o termo PO foi inicialmente usado na Grã-Bretanha, pouco antes da II Guerra Mundial, para distinguir a pesquisa aplicada para integrar a tecnologia do radar em operações de defesa aérea, da pesquisa desenvolvida em laboratórios e oficinas. Em 1941, descobriu-se que a PO era útil à tomada de decisão em problemas militares. Assim, as Forças reuniram cientistas, engenheiros e matemáticos, entre outros profissionais, para realizar pesquisas diretamente em apoio aos Estados-Maiores (THOMAS, 2015).

Com o fim da II Guerra Mundial, a PO evoluiu rapidamente na Inglaterra e Estados Unidos. Em 1947, o Pentágono implantou o projeto SCOOP (Scientific Computation of Optimal Programs), para o apoio à decisão na Força Aérea norte-americana. Nesse projeto, o matemático George Dantzig desenvolveu o método simplex, para problemas de programação linear (DANTZIG, 1987). No Brasil, o primeiro simpósio de PO ocorreu em 1968, no Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) (ARENALES et al., 2015).

Diversas definições para a PO têm sido propostas desde o seu surgimento. Em 1967, o periódico inglês *Operational Research Quarterly* resumiu a PO como o desenvolvimento de métodos científicos de sistemas complexos, com a finalidade de prever e comparar estratégias ou decisões alternativas. Outros autores definem a PO como uma

“abordagem científica para a solução de problemas no gerenciamento de sistemas complexos” ou, de forma sucinta, “um enfoque científico sobre a tomada de decisões” (ARENALES et al., 2015).

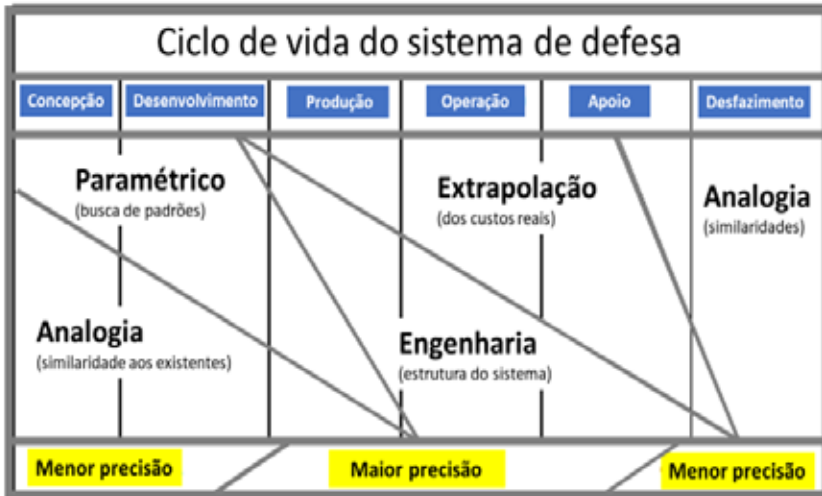


Fig.1: tipologia dos métodos em CCV. Fonte: (OTAN, 2007).

Durante as seis fases do ciclo de vida dos sistemas de defesa, é possível reunir as metodologias de estimativa de CCV em quatro grupos, conforme a Fig.1. Nas fases iniciais (i.e. concepção, desenvolvimento e produção), predominam os modelos de PO por analogia e por parâmetros. Durante as fases de operação e de apoio do sistema de defesa, novos dados de desempenho e custos podem ser coletados e registrados. Esses dados se acumulam ao longo dos anos de vida útil do meio, permitindo o uso de modelos de engenharia e de extrapolção dos dados reais, que garantem maior precisão aos resultados. Por fim, a raridade de casos de desfazimento de meios similares orienta o uso de modelos analógicos para as estimativas de CCV.

Os sistemas de defesa podem ser únicos em suas características e capacidades. Por exemplo, o primeiro navio que designa uma nova classe pode reunir subsistemas e componentes de vários navios, tornando-o exclusivo entre seus pares. Por isso, os modelos analógicos emulam os parâmetros de interesse de sistemas similares, para estimar os CCV nas fases iniciais do processo. Esses modelos também são comuns para os cálculos da fase de desfazimento do meio. Os modelos

paramétricos buscam relações entre as variáveis de custo com as outras variáveis de desempenho ou de atributos do novo sistema de defesa. Entre esses modelos se destacam as regressões lineares. Em face da aquisição de um novo meio para a Marinha, esta pesquisa explorou modelos analógicos e paramétricos para estimar os custos de operação e apoio do PHM Atlântico.

A doutrina da gestão de ciclo de vida em defesa ainda é recente no país. No Ministério da Defesa (MD), o arcabouço conceitual sobre o tema é conduzido no âmbito do Centro de Apoio a Sistemas Logísticos de Defesa (CASLODE) (BRASIL, 2017). Nos países desenvolvidos, a comunidade de aquisição de defesa tem desenvolvido pesquisas e publicado trabalhos acadêmicos sobre o tema nas últimas décadas. As teses, dissertações, relatórios técnicos e artigos científicos produzidos na Naval Post-Graduate School (NPS) e na Defense Acquisition University (DAU), ambas nos EUA, têm contribuído para ampliar o conhecimento e trazer novos dados e modelos de cálculo em CCV. Nesse contexto, dois trabalhos foram selecionados para apoiar o estudo de caso aqui proposto, em função da adequação entre os dados disponíveis do novo meio e as características dos métodos de cálculo utilizados na DAU e no NPS. A pesquisa de Brandt (1999) aplicou regressões lineares a 195 navios da Marinha norte-americana, com base no deslocamento, comprimento e tripulação desses meios. O autor reuniu os navios por similaridade de classes, de forma a diferenciar os resultados a partir de suas características afins.

2.1 ESTIMATIVAS POR ANALOGIA

A pesquisa de Jones et al. (2014) analisou a razão entre os custos de cada fase do ciclo de vida e os custos totais de posse de diferentes sistemas de defesa. Essa proporção foi doravante denominada de “Regra de Ouro”, para caracterizar o emprego da regra em estimativa de CCV. Esse modelo também pode ser caracterizado como analógico, no sentido de apoiar as estimativas do novo meio a partir de sistemas similares. Em geral, a estrutura de custos está dimensionada conforme a Fig. 2.



Fig. 2: Estrutura genérica dos custos por fases. Fonte: Jones et al. (2014).

A comunidade de aquisição em defesa utiliza, com frequência, uma relação de custo de 70:30 entre os custos de operação/apoio e os custos de aquisição de um sistema de armas médio (JONES et al., 2014). Com os dados operacionais de 37 programas de aquisição da Marinha e da Força Aérea norte-americanas, coletados entre 1989 e 2010, os autores estimaram a média da relação entre esses custos em 55:45, embora muitos sistemas de armas apresentem um desvio padrão significativo em relação a essa média de 55%. Diversos fatores contribuem para essa imprecisão de resultados, como a expectativa de vida e a estratégia de aquisição, que pode envolver o desenvolvimento de um novo sistema ou a modernização dos meios atuais.

Em sua pesquisa, Jones et al. (2014) desaconselham o uso de uma única relação de custos, capaz de atender a qualquer tipo de sistema de defesa. Dessa forma, os autores segregaram sua amostra para efetuarem os cálculos por categoria de sistemas de defesa. No caso específico dos navios de superfície, os resultados com a amostra de dez navios indicaram que os COA, em média, equivaleram a 53,26% dos custos totais, com desvio-padrão de 13,13%.

Dois relatórios do governo norte-americano também estabeleceram parâmetros para o uso da “Regra de Ouro”, porém em percentuais diferentes aos COA dos navios de superfície. Recentemente, o Departamento de Defesa dos EUA publicou os percentuais dos custos para diferentes sistemas de defesa (USDOD, 2014). Os percentuais informam as

estimativas em três fases: pesquisa e desenvolvimento (P&D), investimento e operação/apoio. O US DoD estimou 5% dos custos totais para P&D, 26% para investimento e 69% para operação e apoio. O relatório não incluiu o percentual de desfazimento do sistema de defesa.

A fase de P&D consiste em custos de estudos de comércio de solução de material e desenvolvimento de tecnologia avançada; projeto e integração de sistemas; desenvolvimento, fabricação, montagem e teste de hardware e software para protótipos e/ou modelos de desenvolvimento de engenharia; teste e avaliação do sistema; engenharia de sistemas e gerenciamento de programas; e elementos de suporte ao produto associados a protótipos e / ou modelos de desenvolvimento de engenharia. Para alguns programas, isso pode incluir custos adicionais de desenvolvimento associados a compilações ou incrementos posteriores (USDOD, 2014).

A fase de investimento inclui os custos associados à produção e implementação do hardware primário; engenharia de sistemas e gerenciamento de programas; elementos de suporte de produto, isto é, equipamento de suporte peculiar e comum, equipamento de treinamento peculiar / treinamento inicial, publicações / dados técnicos, e sobressalentes iniciais e peças de reparo, associados com ativos de produção; suporte temporário do empreiteiro que é considerado como parte da aquisição do sistema e está incluído no escopo do programa de aquisição (USDOD, 2014).

A fase de operação e apoio abrange os custos de manutenção incorridos desde a implantação inicial do sistema até o final das operações. Inclui todos os custos de operação, manutenção e suporte de um sistema em campo. Especificamente, isso consiste nos custos (orgânicos e contratados) de pessoal, equipamentos, suprimentos, software e serviços associados à operação, modificação, manutenção, fornecimento e suporte a um sistema no inventário do US DoD (USDOD, 2014).

Em relatório do *Government Accountability Office (GAO)*⁵, os percentuais dos custos de ciclo de vida para os navios de superfície são similares aos do US DoD (USGAO, 2009). O GAO tem especial atenção sobre a estimativa de custos de sistemas de defesa para fins de auditoria nesse setor. Esse órgão entende que a comunidade de defesa não possui uma política formal para conduzir ou revisar estimativas de custos. Assim, as orientações do GAO beneficiam as aquisições de defesa, por informar os critérios que o GAO usará para avaliar a credibilidade de uma estimativa de custo. Em relação aos navios de superfície, o GAO assume

⁵ O GAO equivale ao Tribunal de Contas da União (TCU) no Brasil.

que os custos de operação e apoio de meios de superfície superam a marca de 60% dos custos totais de posse. No relatório, este dado apresenta como fonte o próprio GAO e o US DoD, o que confere credibilidade ao uso da estimativa de 69% dos custos totais para operação e apoio (USGAO, 2009).

2.2 ESTIMATIVAS PARAMÉTRICAS

As estimativas paramétricas, tal qual os cálculos por analogia, também são normalmente explorados nas fases iniciais do ciclo de vida dos sistemas de defesa, conforme indicado na Fig.2. A maioria dos trabalhos acadêmicos disponíveis na literatura científica evidenciam o uso de técnicas de regressão linear nessa categoria de métodos (MAZUR, 2006; SANCHEZ et al., 2014; MELESE; RICHTER; SOLOMON, 2015; MISLICK; NUSSBAUM, 2015). A análise de regressão é a parte da estatística que investiga a relação entre duas ou mais variáveis relacionadas de maneira não-determinística. O objetivo desta técnica é explorar a relação entre duas (ou mais) variáveis, de modo a obter informações sobre uma delas, por meio dos valores conhecidos da(s) outra(s). Afirmar que as variáveis x e y estão relacionadas dessa maneira significa dizer que o conhecimento do valor de x implica o conhecimento do valor de y . A relação entre duas variáveis x e y é linear para $y=ax+b$, considerando a e b constantes. A relação é linear pois o gráfico da equação das duas variáveis é definida por uma reta. A variável y é denominada dependente e x a independente. Os cálculos da análise de regressão também revelam a qualidade da relação entre as variáveis, através do coeficiente de correlação (DEVORE, 2010).

O modelo desenvolvido por Brandt (1999) se adequa ao contexto de aquisição ou desenvolvimento de um novo meio. A ausência de dados históricos de operação e apoio do meio sob análise é atenuada, em função do uso de variáveis relacionadas às características estruturais (ex.: deslocamento e comprimento) e operacionais (ex.: tripulação) de navios similares, com significativa quantidade de dados. Para obter as equações de regressão e a variância dos resultados, o autor explorou a base de dados do Naval Center for Cost Analysis, uma organização militar da Marinha norte-americana criada em 1985, que gerencia os custos de operação e apoio dos meios navais, denominado Navy Visibility and Management of O&S Costs (VAMOSOC).

Quanto maior o deslocamento, o comprimento e a tripulação do navio, maior a estimativa de custos de operação e apoio. A escolha

desses parâmetros se deveu à disponibilidade dos dados, tanto para um meio já existente, adquirido por oportunidade, quanto para um meio a ser desenvolvido, a partir dos requisitos de Estado-Maior e demais informações de projeto. A pesquisa de Brandt (1999) explorou os dados do VAMOSC, que registrava 417 navios, de 77 classes, entre 1984 e 1996. O autor assumiu a hipótese de similaridade de navios de mesma classe, no que se refere às tarefas, ciclos de operação e de manutenção.

Os dados do VAMOSC correspondem a 122 elementos de custos, distribuídos em quatro conjuntos: (1) custos diretos; (2) custos diretos de manutenção intermediária; (3) custos diretos de manutenção geral; (4) custos indiretos de operação e apoio. Os custos diretos de cada navio incluem as despesas com a tripulação (ex.: pagamento e outros direitos trabalhistas), material (ex.: abastecimento de suprimentos de todas as classes, que incluem víveres, combustível, sobressalentes, entre outros) e serviços contratados que excetuem a manutenção (ex.: despesas com concessionárias e serviços terceirizados). Os custos diretos de manutenção intermediária incluem as despesas de material e pessoal envolvido na manutenção do navio, não caracterizados como manutenção geral, de grande porte ou de modernização do meio realizadas em estaleiros ou arsenais, que devem ser registrados na terceira categoria de custos. Por fim, os custos indiretos de operação e apoio incluem as despesas operativas de rotina, por exemplo, adestramento, serviços técnicos, carga e descarga de munição, entre outros não considerados investimento (BRANDT, 1999).

As equações desenvolvidas por Brandt (1999), resultantes da análise de regressão com os dados do VAMOSC, estabeleceram a estimativa de custo de operação e apoio para as classes de navios, o erro padrão dessa medida e os percentuais dessa estimativa para cada categoria de custo. As Equações (1) a (3) descrevem as relações entre cada parâmetro de deslocamento leve em toneladas (D), comprimento do navio em pés (L) e tripulação em numeral (T). Essas equações também estabelecem os limites inferior (Li) e superior (Ls) para os custos de operação de apoio médios anuais (COA). As Equações (4) a (7) apresentam as estimativas de custos e respectivos limites para os quatro conjuntos descritos, já considerando a classe de navios da Marinha norte-americana com maior similaridade à classe do PHM Atlântico. Os navios foram agrupados como meios de “Assalto Anfíbio”, reunindo as classes LPD, LSD, LST, LCC, LPH, LHA, LHD e LKA, para efeito de cálculo⁶. Os procedimentos estatísticos que

⁶ *Landing Platform Dock (LPD), Landing Ship Dock (LSD), Landing Ship Tank (LST), Landing*

resultam nessas equações estão detalhados em (BRANDT, 1999)

$$COA = 111.302(D)^{0,618}, L_1 = -31,68\%, L_2 = +46,37\% \quad (1)$$

$$COA = 1.223(L)^{1,6}, L_1 = -27,53\%, L_2 = +37,99\% \quad (2)$$

$$COA = 285.215(T)^{0,75}, L_1 = -24,35\%, L_2 = +32,18\% \quad (3)$$

$$\text{Conjunto 1} = 67,89\% \pm 17,53\% \quad (4)$$

$$\text{Conjunto 2} = 1,16\% \pm 0,88\% \quad (5)$$

$$\text{Conjunto 3} = 27,55\% \pm 18,40\% \quad (6)$$

$$\text{Conjunto 4} = 3,4\% \pm 1,95\% \quad (7)$$

Dessas equações, é possível identificar que o percentual dos custos diretos com pessoal e manutenção direta são os maiores entre os custos de operação e apoio. Esse procedimento de contabilizar as despesas dos navios com os vencimentos, indenizações, entre outras parcelas salariais da tripulação, conforme previsto no VAMOSOC, também é acompanhado pela doutrina de gestão de ciclo de vida da OTAN, conforme descrito nos relatórios sobre o tema (OTAN, 2003, 2007). Outro aspecto a destacar se refere à variedade de resultados para o COA, em função do uso de diferentes parâmetros de entrada nas equações de (BRANDT, 1999). Neste artigo, os resultados foram agregados estatisticamente, incluindo novas evidências de dados, de forma a considerar todas as informações disponíveis, justamente nas fases iniciais do ciclo de vida de sistemas de defesa, carentes de dados.

2.3 AGREGAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS COM NOVAS EVIDÊNCIAS

As estimativas apresentadas em relação à “Regra de Ouro” e ao COA, a partir da pesquisa de Brandt (1999), são probabilísticas, indicando intervalos aos resultados. A Estatística lida com dados. De um modo geral, o objetivo da estatística é fazer inferências com base em dados. Em estatística, a conclusão com precisão é rara, tendo em vista que parâmetros estatísticos decorrem de processos essencialmente aleatórios. Nesse contexto, buscou-se um método capaz de agregar estatisticamente os parâmetros obtidos nas pesquisas e nas evidências obtidas em fontes

Ship Command and Control (LCC), Landing Platform Helicopter (LPH), Landing Helicopter Assault (LHA), Landing Helicopter Dock (LHD) e Landing Cargo Amphibious (LKA).

abertas, acerca dos custos de operação e apoio do HMS Ocean e de navios de classes similares.

A inferência bayesiana é um método de inferência estatística no qual o teorema de Bayes é usado para atualizar a probabilidade de uma hipótese, à medida que mais evidências ou informações se tornam disponíveis. A inferência bayesiana é uma técnica importante em estatística. Em geral, o objetivo da inferência bayesiana é representar a incerteza a priori sobre os parâmetros do modelo com uma distribuição de probabilidade e atualizar essa incerteza a priori com as novas evidências obtidas, para produzir uma distribuição de probabilidade a posteriori para o parâmetro, com menor incerteza. No caso desta pesquisa, o parâmetro θ de interesse são os custos de operação e apoio (ANNIS; MILLER; PALMERI, 2017).

O teorema de Bayes, expresso em termos de distribuições de probabilidade, pode ser descrito conforme a Equação (8). As variáveis dessa equação indicam que $f(\theta|\text{dados})$ é a distribuição a posteriori do parâmetro θ , para os dados existentes. A função $f(\text{dados}|\theta)$ é a densidade da amostra de dados, considerada proporcional a uma função de verossimilhança à real densidade desconhecida, diferindo apenas por uma constante de normalização, para torna-la uma função de densidade. A função $f(\theta)$ é a distribuição a priori para o parâmetro θ e $f(\text{dados})$ é a probabilidade marginal dos dados. Para um espaço amostral contínuo, essa probabilidade marginal é calculada conforme a Equação (9), que integra a função densidade da amostra multiplicada pela distribuição a priori, no domínio do parâmetro θ . O resultado dessa integral representa uma constante de normalização, para transformar a função a posteriori em uma densidade de probabilidade. Com base na Equação (8), o Teorema de Bayes para distribuições de probabilidade é frequentemente descrito conforme a Equação (10), em que o símbolo “ α ” indica proporcionalidade (ANNIS; MILLER; PALMERI, 2017).

$$f(\theta|\text{dados}) = \frac{f(\text{dados}|\theta).f(\theta)}{f(\text{dados})} \quad (8)$$

$$f(\text{dados}) = \int_{\Omega_{\theta}} f(\text{dados}|\theta).f(\theta)d\theta \quad (9)$$

$$\text{Função “a posteriori”} \propto \text{Função de Verossimilhança} \times \text{Função “a priori”} \quad (10)$$

Embora o Teorema de Bayes seja conceitualmente simples, sua aplicação a dados e modelos reais é complexo. Por um lado, o cálculo da

Equação (9) envolve uma integral multivariada, cuja solução pode ser inextricável com as técnicas matemáticas tradicionais. Por outro lado, para modelos com apenas um ou dois parâmetros, a distribuição a posteriori pode às vezes ser calculada diretamente ou estimada por métodos numéricos. No entanto, à medida em que o número de parâmetros no modelo aumenta, as soluções matemáticas diretas tornam-se escassas e os métodos numéricos tradicionais insolúveis (ANNIS; MILLER; PALMERI, 2017). Nesse sentido, em decorrência das funções multivariadas geradas pelo modelo de (BRANDT, 1999) aplicado à inferência Bayesiana, houve a necessidade de aplicar técnicas de integração por simulação, com base na regra de Simpson (BAUWENS; LUBRANO; RICHARD, 2000). O software de análise estatística R foi usado para a modelagem das estimativas de custos (R-CORE-TEAM, 2018).

3. APLICAÇÃO E RESULTADOS

Os modelos apresentados na Seção 2 foram aplicados em dois estudos de caso, para o cálculo dos custos de operação e apoio do PHM Atlântico. O primeiro estudo aplicou a “Regra de Ouro”, com base nos valores disponíveis em fontes abertas, acerca dos custos de obtenção do HMS Ocean, entre 1995 e 1998, ano que marca o início da vida operativa do navio. O HMS Ocean operou por exatos 20 anos, sendo recentemente adquirido pela Marinha do Brasil. O segundo estudo de caso explorou o modelo paramétrico de Brandt (1999), para obter os custos de operação e apoio a partir dos dados de deslocamento, comprimento e efetivo da tripulação. Esses cálculos foram atualizados com novas evidências, obtidas a partir de Lei de Acesso a Informação no Reino Unido, obtida em fontes abertas.

3.1 ESTUDO DE CASO 1

Sob o ponto de vista matemático, a “Regra de Ouro” é apenas uma regra de três simples. O conhecimento dos percentuais de custos de cada fase do ciclo de vida permite que, com o valor de apenas uma das fases, calcular os custos das demais. Os dados percentuais derivam do histórico de custos de sistemas similares. Isto confere o caráter de analogia ao método de estimação com esta regra. Conforme exposto na Fig. 1, os

métodos analógicos são pouco precisos, tanto pelo aspecto de considerar dados de outros meios, quanto pela imprevisibilidade das condições em que o novo meio operará ao longo de sua vida útil. Entretanto, um valor aproximado é melhor do que a ausência de uma estimativa para o planejamento orçamentário. Ao menos é possível elaborar cenários otimistas e pessimistas com a estimativa, de forma a avaliar a capacidade de sustentabilidade econômica da Força nos exercícios subsequentes.

Neste primeiro estudo de caso, a incerteza acerca dos custos de operação e apoio foram atenuados com o emprego da inferência Bayesiana. Os valores projetados pelo US DoD (2014), corroborados pelo US GAO (2009), foram conjugados com os resultados de Jones et al. (2014), de forma a obter uma distribuição de probabilidade a posteriori ao percentual dos custos de operação e apoio. Esses percentuais foram então aplicados ao valor de £150 milhões, que corresponderam aos custos de obtenção do HMS Ocean, com a devida correção inflacionária para 2018 e conversão monetária ao Real. Esse valor de 1998 foi obtido em fonte aberta e assumido como premissa deste estudo de caso (ROBERTSON, 2018). As eventuais diferenças para mais ou menos desse valor de £150 milhões, em relação ao efetivamente gasto pela Royal Navy, também são minimizados pela abordagem probabilística, que considera a variância dos dados em relação aos parâmetros médios.

Em relação aos navios de superfície, Jones et al. (2014) obtiveram COA equivalentes a 53,26% dos custos totais, com desvio-padrão de 13,13%. Para o US DoD, os COA são estimados em 69% dos custos totais (USDOD, 2014). O desvio-padrão não foi informado na referência, sendo então assumido o mesmo desvio proposto por Jones et al. (2014), para o uso da inferência Bayesiana com amostras contínuas.

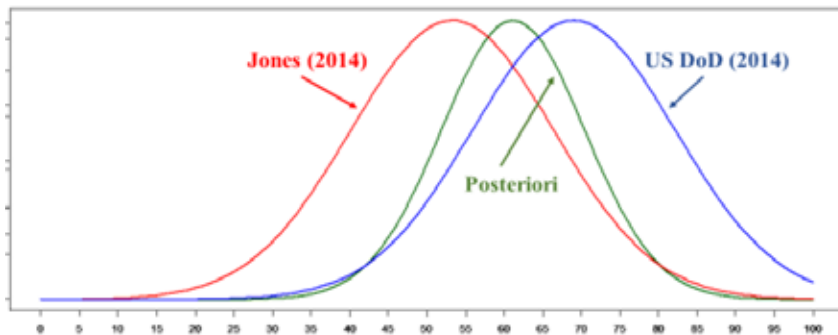


Fig.3: Inferência Bayesiana para a “Regra de Ouro”.

Os resultados da inferência Bayesiana aplicada aos dados de Jones et al. (2014) e do US DoD (2014) indicam a distribuição a posteriori da Fig. 3. Esta distribuição normal possui valor médio em 61,13% aos custos de operação e apoio e desvio-padrão de 3,8%, em relação aos custos totais do ciclo de vida do navio. A inflação no Reino Unido, entre 1998 e 2018, foi de 70,91% e uma libra esterlina equivalia a R\$ 4,82 em novembro de 2018. Assim, o custo de obtenção de £150 milhões em 1998 equivale a R\$ 1.606.383,00, em valores de 2018. Considerando o percentual de 31% a esses custos de obtenção, obtém-se o COA médio anual do PHM Atlântico em R\$ 121.833.700,00, com desvio-padrão de R\$ 117.208.300,00 e R\$ 126.459.100,00. É relevante acrescentar que esses valores representam todos os COA, que incluem as despesas anuais com pessoal, manutenção dos sistemas de bordo, pacotes de sobressalentes, serviços em estaleiros e arsenais, entre outras contabilizadas na base de dados do VAMOSOC. Cabe também mencionar que o chamado “custo Brasil” não foi adicionado à conversão dos valores, em virtude da ausência de informação sobre a influência dos serviços da indústria naval no Brasil em relação a serviços similares no Reino Unido ou nos EUA. Se, por um lado, o “custo Brasil” poderia aumentar o valor nominal dos custos de operação e apoio, é também lícito admitir que a rotina operativa dos meios navais no Brasil é inferior a desses países, no que se refere a dias de mar e intensidade do uso de sistemas em situações austeras. De alguma forma, a influência positiva do “custo Brasil” aos COA no país e negativa em relação ao emprego dos meios navais se neutralizam. Dessa forma, optou-se por não multiplicar os resultados pelo “custo Brasil”.

3.2 ESTUDO DE CASO 2

O segundo estudo de caso explorou as Equações (1) a (7), referentes ao modelo de Brandt (1999), e as Equações (8) e (9), referentes à inferência Bayesiana. A Fig. 4 apresenta os gráficos das funções de probabilidade, obtidas para cada parâmetro: deslocamento, comprimento e tripulação do PHM Atlântico. As equações produziram valores médios anuais e limites superiores e inferiores. A assimetria desses valores exigiu a modelagem dos dados com distribuição de probabilidade também assimétrica. Nesse caso, optou-se pelo uso da distribuição Beta PERT, amplamente empregada em análise de risco e gerenciamento de projetos, em função da modelagem

com parâmetros mínimo, máximo e mediano, equivalentes aos obtidos no estudo de caso (VOSE, 2008). Em função da dispersão dos resultados com os três parâmetros, optou-se por agrega-los sob uma distribuição mista, composta pelas três distribuições Beta PERT, em proporções iguais. Dessa forma, todos os valores estimados pelo modelo de Brandt (1999) são considerados para a estimativa do PHM Atlântico. Em relação aos parâmetros “D”, “L” e “T”, aplicados nas equações, o deslocamento leve do HMS Ocean é de 21.200 toneladas e seu comprimento é de 667 pés (UKMOD, 2003). O efetivo previsto do PHM Atlântico é de 432 militares (BRASIL, 2018).

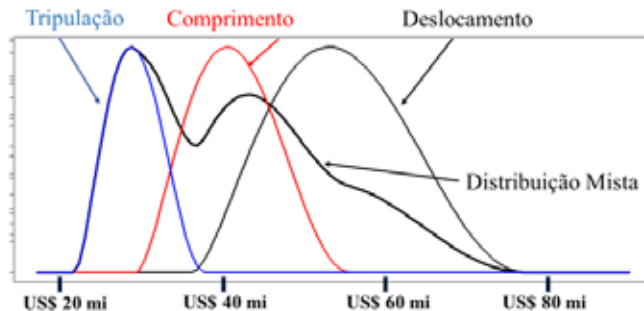


Fig.4: Resultados das equações de Brandt (1999) ao ano fiscal 1998, em US\$ milhões/ano.

Em 2015, a *Royal Navy* atendeu a uma solicitação pública por dados referentes aos custos de operação e apoio de sua esquadra. Esse pedido, similar à Lei de Acesso à Informação no Brasil, tornou pública uma nova evidência acerca desses custos do HMS Ocean. Os custos médios para o ano fiscal de 2014 foram de £ 12.345 milhões. Esses valores foram corrigidos pela inflação inglesa de 8,74%, entre 2015 e 2018, e convertidos a dólares norte-americanos, com a cotação de £1,00 igual a US\$ 1,27. A esse custo médio convertido, foram também considerados outros parâmetros para a modelagem com a distribuição Beta PERT. Os parâmetros mínimo e máximo foram arbitrados a partir dos custos médios de operação e apoio das classes dos navios anfíbios mais próximos ao HMS Ocean. O documento publicado pela Royal Navy permitiu identificar os custos médios de operação e apoio do LSD classe Bay, de £ 8.170 milhões e do LPD classe Albion, de £ 23.975 milhões, em 2014. Esses valores foram corrigidos e convertidos a dólares americanos, seguindo o mesmo procedimento aos custos do HMS Ocean.

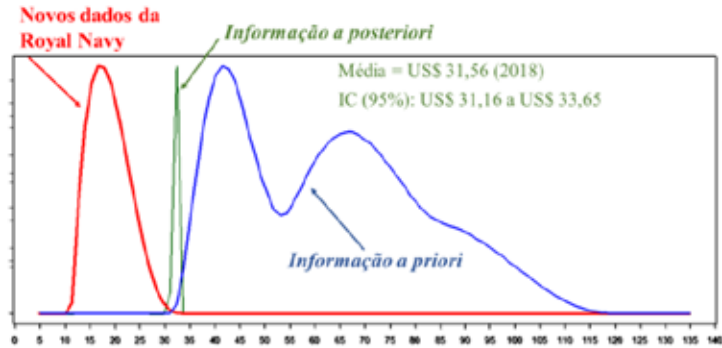


Fig.5: Resultados da inferência Bayesiana ao ano fiscal 2018, em US\$ milhões/ano.

Com esses parâmetros foi possível modelar a distribuição de probabilidade dos novos dados publicados pela Royal Navy, conforme indicados na Fig. 5. Com a distribuição mista, indicando a informação a priori do modelo de Brandt (1999), foi possível aplicar a inferência Bayesiana e obter a informação a posteriori. Assim, os custos médios anuais de operação e apoio do PHM Atlântico equivalem a US\$ 31,56 milhões, com um intervalo de confiança de 95% de que esse valor médio variará entre US\$ 31,16 milhões e US\$ 33,65 milhões. Com a cotação oficial do dólar norte-americano a R\$ 3,78, esses valores anuais podem ser convertidos à média de R\$ 119,3 milhões, com variação entre R\$ 117,78 milhões e R\$ 127,2 milhões. Valem também aqui as mesmas considerações descritas para os resultados do primeiro estudo de caso, acerca das categorias de custos que esses valores envolvem e sobre a opção de não incluir nova conversão com o “custo Brasil”.

Os resultados dos estudos de caso estão descritos na Tabela 1. As estimativas dos limites superior e inferior apresentados nas Equações (1) a (7), aplicados aos resultados obtidos por inferência Bayesiana à “Regra de Ouro” e ao modelo de Brandt (1999) permitiram projetar os custos para cada conjunto. No Conjunto 1, que inclui os custos com pessoal, material e manutenção básica, ainda cabe uma inferência adicional, para excluir os custos com pessoal. Essa nova estimativa permite simular os custos de manutenção nos ciclos operativos a curto prazo, tendo em vista que o HMS Ocean foi submetido a períodos de manutenção e modernizações de grande porte nos anos que precederam a sua venda ao Brasil. Dessa forma,

é lícito admitir que, nos próximos dois ou três anos, o PHM Atlântico não necessite incorrer em significativos custos dos demais conjuntos. Supondo que os custos com a tripulação do PHM Atlântico envolvam um valor aproximado de R\$ 24 milhões/ano, é possível que o abastecimento e a manutenção básica dos sistemas de bordo consumam valores, também aproximados, de R\$ 57,58 milhões/ano, nesse período inicial da vida operativa do navio.

Tabela 1: Resumo dos cálculos dos estudos de caso em R\$ milhões/ano.

Modelos		Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4
Regra de Ouro (média)	R\$ 121,834	R\$ 82,713	R\$ 1,413	R\$ 33,565	R\$ 4,142
	Limite <u>inf</u>	R\$ 61,355	R\$ 0,341	R\$ 11,148	R\$ 1,767
	Limite <u>sup</u>	R\$ 104,070	R\$ 2,485	R\$ 55,983	R\$ 6,518
Regra de Ouro (mínimo)	R\$ 117,208	R\$ 79,573	R\$ 1,360	R\$ 32,291	R\$ 3,985
	Limite <u>inf</u>	R\$ 59,026	R\$ 0,328	R\$ 10,725	R\$ 1,700
	Limite <u>sup</u>	R\$ 100,119	R\$ 2,391	R\$ 53,857	R\$ 6,271
Regra de Ouro (máximo)	R\$ 126,459	R\$ 85,853	R\$ 1,467	R\$ 34,839	R\$ 4,300
	Limite <u>inf</u>	R\$ 63,685	R\$ 0,354	R\$ 11,571	R\$ 1,834
	Limite <u>sup</u>	R\$ 108,021	R\$ 2,580	R\$ 58,108	R\$ 6,766
Equações de Brandt (média)	R\$ 119,300	R\$ 80,993	R\$ 1,384	R\$ 32,867	R\$ 4,056
	Limite <u>inf</u>	R\$ 60,079	R\$ 0,334	R\$ 10,916	R\$ 1,730
	Limite <u>sup</u>	R\$ 101,906	R\$ 2,434	R\$ 54,818	R\$ 6,383
Equações de Brandt (mínimo)	R\$ 117,780	R\$ 79,961	R\$ 1,366	R\$ 32,448	R\$ 4,005
	Limite <u>inf</u>	R\$ 59,314	R\$ 0,330	R\$ 10,777	R\$ 1,708
	Limite <u>sup</u>	R\$ 100,608	R\$ 2,403	R\$ 54,120	R\$ 6,301
Equações de Brandt (máximo)	R\$ 127,200	R\$ 86,356	R\$ 1,476	R\$ 35,044	R\$ 4,325
	Limite <u>inf</u>	R\$ 64,058	R\$ 0,356	R\$ 11,639	R\$ 1,844
	Limite <u>sup</u>	R\$ 108,654	R\$ 2,595	R\$ 58,448	R\$ 6,805
Médias dos modelos	R\$ 121,630	R\$ 82,575	R\$ 1,411	R\$ 33,509	R\$ 4,135

4. CONCLUSÃO

Sistemas de defesa complexos envolvem significativos custos para as sociedades. Diferentemente de produtos de consumo em larga escala, que atendem à população em geral, os produtos de defesa são por vezes únicos em suas atividades e características. Nesse caso, o registro e análise de dados é mais escasso, tornando complexa a estimativa de custos.

Neste artigo, foram analisados alguns modelos de cálculo de estimativas de custo de ciclo de vida de sistemas navais, com ênfase às fases iniciais de obtenção de novos sistemas, tanto por projeto quanto por compra de oportunidade.

Os métodos empregados nesta pesquisa permitiram levantar estimativas de custos de operação e apoio do PHM Atlântico. O uso da “Regra de Ouro”, que projeta percentuais do custo total de posse para cada fase do ciclo de vida, e as equações de Brandt (1999), ambos modelados com novas evidências, com base na inferência Bayesiana, conduziram a resultados aproximados e similares. Isto indica que os métodos propostos são úteis para o planejamento orçamentário, ao menos enquanto a Força não acumula registros em quantidade e qualidade, ao longo da vida útil do sistema de defesa. Na Marinha norte-americana, por exemplo, o VAMOSC acumula dados desde 1975, contendo 122 categorias de custos de todos os seus meios navais. Isto assegura as melhores condições para a análise de custos, com modelos matemáticos mais precisos e consistentes.

Alguns aperfeiçoamentos desta pesquisa são visualizados, em relação ao cálculo do “custo Brasil” para sistemas de defesa e em relação à proposta de um fator de correção do uso de sistemas navais nas Marinhas do Reino Unido e EUA, em relação ao Brasil. O “custo Brasil” pode indicar valores diferentes para cada atividade industrial, não devendo ser generalizado para produtos comerciais e sistemas de defesa. Assim, faz-se necessário o levantamento do “custo Brasil” para os sistemas de defesa, capazes de corrigir os cálculos estimativos entre esses países. O segundo aperfeiçoamento sugerido se refere à diferença de emprego dos meios entre os citados países, em função da intensidade de uso dos navios. Esse indicador poderia se basear na relação entre dias de mar dos meios, por exemplo. Assumindo a hipótese de que a maior quantidade de dias de mar exige maior aplicação de recursos em manutenção, em apoio de bases, maiores despesas com pessoal, entre outros, é possível projetar um fator para a redução dos custos de ciclo de vida, convertidos ao Brasil. Essas medidas propostas ampliam a acurácia dos modelos, entretanto não substituem os bancos de dados dedicados ao registro oportuno e preciso dos diversos custos para cada meio naval. Mensurar para gerenciar é a principal lição dos países que mais dispendem em recursos de defesa e essa boa prática contribui diretamente aos diferentes modelos matemáticos para o planejamento de defesa no longo prazo.

OPERATIONAL COSTS OF SUPPORTING NEW NAVAL MEANS: ESTIMATES OF THE HELICOPTER CARRIER ATLANTIC BASED ON OPEN SOURCES

ABSTRACT

PHM Atlântico was recently acquired by the Brazilian Navy. The size of the ship indicates that its operating and support costs must be the highest among the conventional means of the Force. In general, naval assets remain in active service for 25 to 30 years, although the Navy is extending the working time of some of its main means. Knowing the life cycle costs of your ships allows the Force to carry out the appropriate budget planning in the medium and long term. However, the new ships acquired, resulting from construction projects or even by opportunity purchase, lack historical cost records. This makes it difficult to estimate life cycle costs. This article aims to apply analogy and parametric methods, associated with Bayesian inference models, to estimate the operation and support costs of the PHM Atlântico. Only open source data was used in the research. The results by different methods were similar, offering interesting alternatives for the calculation of life cycle costs under data scarcity.

Keywords: Life Cycle Costs; Analogy method; Parametric method; Bayesian Inference; PHM Atlântico.

REFERÊNCIAS

ANNIS, J.; MILLER, B. J.; PALMERI, T. J. Bayesian inference with Stan: A tutorial on adding custom distributions. *Behavior research methods*, v. 49, n. 3, p. 863–886, 2017.

ARENALES, M.; MORABITO, R.; ARMENTANO, V.; YANASSE, H. *Pesquisa operacional: para cursos de engenharia*. [s.l.] Elsevier Brasil, 2015.

BAUWENS, L.; LUBRANO, M.; RICHARD, J.-F. *Bayesian inference in dynamic econometric models*. London: Oxford University Press, 2000.

BRANDT, J. M. *A parametric cost model for estimating operating and support costs of US Navy (non-nuclear) surface ships*. 1999. Naval Post-Graduate School, 1999.

BRASIL. *Doutrina de Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa - minuta*. Brasília-DF: Ministério da Defesa - Centro de Apoio a Sistemas Logísticos de Defesa, 2017.

BRASIL. *Porta-Helicópteros Multipropósito (PHM) Atlântico chega ao Rio de Janeiro*. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/sinopse/porta-helicopteros-multiproposito-phm-atlantico-chega-ao-rio-de-janeiro>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

DANTZIG, G. B. *Origins of the simplex method*. [s.l.] Stanford University-CA, Systems Optimization Lab, 1987.

DEVORE, J. L. *Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências*. São Paulo: Cengage Learning Edições Ltda., 2010.

GANSLER, J. S.; LUCYSHYN, W. *Allocating national security resources*. In: MELESE, F.; RICHTER, A.; SOLOMON, B. (Ed.). *Military Cost-Benefit Analysis*. 1. ed. New York: Routledge, 2015. p. 52–69.

JONES, G.; WHITE, E.; RYAN, E. T.; RITSCHER, J. D. *Investigation into the ratio of operating and support costs to life-cycle costs for DoD weapon systems*. *Defense ARJ*, v. 21, n. 1, p. 442–464, 2014.

MAZUR, D. J. *Defense mergers and acquisitions: in the name of efficiency*. 2006.

MELESE, F. *The economic evaluation of alternatives*. In: *Military Cost-Benefit Analysis*. Charlotte: Routledge, 2015. p. 108–144.

MELESE, F.; RICHTER, A.; SOLOMON, B. *Military Cost-Benefit Analysis: Theory and practice*. [s.l.] Routledge, 2015.

MISLICK, G. K.; NUSSBAUM, D. A. *Cost estimation: methods and tools*. [s.l.] John Wiley & Sons, 2015.

OTAN. RTO TECHNICAL REPORT TR-SAS-058 - *Cost Structure and Life Cycle Costs for Military Systems*. [s.l: s.n.].

OTAN. RTO TECHNICAL REPORT TR-SAS-054 - *Methods and Models for Life Cycle Costing*. [s.l: s.n.].

R-CORE-TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. <http://www.R-project.org> Vienna, Austria, 2018. .

ROBERTSON, A. Britain “sells Royal Navy’s flagship HMS Ocean to Brazil for £84million” even though new aircraft carrier HMS Queen Elizabeth won’t be fully operational until 2020. *Daily Mail*, p. 2, 2 jan. 2018. Disponível em: <<https://www.dailymail.co.uk/news/article-5228991/Britain-sells-Royal-Navys-flagship-HMS-Ocean-Brazil.html>>.

ROSA, J. L. Submarinos podem atrasar mais se houver novos cortes. *Valor Econômico*, v. 1, n. 1, 2018. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/brasil/5810051/submarinos-podem-atrasar-mais-se-houver-novos-cortes>>.

SANCHEZ, S. M.; MORSE, M. M.; UPTON, S. C.; MCDONALD, M. L.; NUSSBAUM, D. A. *A Robust Design Approach to Cost Estimation: Solar Energy for Marine Corps Expeditionary Operations*. [s.l.] Naval Postgraduate School Monterey CA - Graduate School of Business and Public, 2014.

THOMAS, W. *Rational Action: The Sciences of Policy in Britain and America, 1940-1960*. [s.l.] MIT Press, 2015.

UKMOD. *The Royal Navy Handbook: the Definitive MoD Guide*. 1. ed. London: Conway Maritime Press, 2003.

USDOD. *Operating and Support Cost-Estimating Guide: cost assessment and program evaluation*. [s.l: s.n.].

USGAO. *Cost Estimating and Assessment Guide: best practices for developing and managing capital program costs*. [s.l: s.n.].

VOSE, D. Risk analysis: a quantitative guide. New York: John Wiley & Sons, 2008.

Recebido em: 28/09/2018

Aprovado em: 27/12/2018