A UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO LOGÍSTICO NA GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE HELICÓPTERO DE EMPREGO MILITAR

Vida útil dos atuais helicópteros *Black Hawk* da Aviação do Exército Brasileiro

Adriano Alves da Silva[1]

Adilson da Hora Sampaio[2]

Resumo

O presente artigo aborda a utilização de indicadores de desempenho logístico na gestão da vida útil dos atuais helicópteros *Black Hawk* operados pela Aviação do Exército Brasileiro (AvEx). Nesse contexto, o estudo tem por objetivo analisar como a utilização de indicadores de desempenho logístico pode contribuir à definição do limite de vida útil desse modelo de aeronave. Nesse contexto, o estudo em tela pode ser classificado, quanto sua natureza, como pesquisa aplicada, sendo sua abordagem qualitativa e quantitativa. Da análise dos resultados obtidos, foi possível concluir que indicadores logísticos (com destaque para a "Disponibilidade da Frota") são determinantes à definição do Ponto Econômico de Encerramento do Ciclo de Vida. Além disso, conclui-se que o acompanhamento e análise de indicadores de desempenho logístico contribui de forma decisiva para a definição do limite de vida útil desse modelo de aeronave. Do exposto, pretende-se que os conhecimentos decorrentes do presente estudo possam vir a ser úteis e aplicados no aprimoramento da gestão do ciclo de vida da atual frota de helicópteros *Black Hawk* da Aviação do Exército.

Palavras-chave: *Black Hawk*. Indicadores. Ciclo de vida.

(1) Pós-graduado em logística empresarial e especialista em gerência de manutenção de aeronaves. Tenente Coronel do Exército Brasileiro. E-mail: adriano.silva@eb.mil.br

(2) Doutorando em Administração pelo NPGA da Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia-UFBA. Mestre em Administração pelo NPGA/EAUFBA. Analista Sênior da FIOCRUZ e Professor Orientador de TCC do Centro Universitário Leonardo Da Vinci-UNIASSELVI. E-mail: adilson.sampaio@fiocruz.br

THE USE OF LOGISTIC PERFORMANCE INDICATORS IN THE MANAGEMENT OF THE LIFE CYCLE OF MILITARY EMPLOYMENT HELICOPTER

Service life of Black Hawk helicopters operated by the Brazilian Army Aviation

Abstract

This article discusses the use of logistic performance indicators in the management of the service life of current Black Hawk helicopters operated by the Brazilian Army Aviation (AvEx). In this context, the study aims to analyze how the use of logistics performance indicators can contribute to the definition of a lifespan of this aircraft model. In this context, the proposed study can be evaluated, in terms of its nature, as applied research, with qualitative and quantitative approach. From the analysis of the results obtained, it was possible to conclude that the logistical indicators (with emphasis on "Fleet Availability") are determinant to the definition of the Economic Point of Closing the Life Cycle. In addition, it is concluded that the monitoring and analysis of logistic performance indicators contributes decisively to the definition of a lifespan of this aircraft model. Based on the above considerations, it is intended that the knowledge acquired from the study on screen may prove to become useful and applied for the improvement of the service life management of the current fleet of Black Hawk helicopters operated by the Army Aviation.

Keywords: Black Hawk. Indicators. Life cycle.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho aborda, por meio de estudo de caso, a utilização de indicadores de desempenho logístico na gestão do ciclo de vida de helicóptero de emprego militar: as aeronaves S-70 *Black Hawk.*

Diferente do que ocorre com as demais frotas de aeronaves operadas pela Aviação do Exército Brasileiro (AvEx), o programa de manutenção dos helicópteros S-70 *Black Hawk* não prevê limite de vida por tempo calendário; mas somente por horas de voo.

De acordo com a Sikorsky Aircraft Corporation (1997), o limite de vida útil da estrutura desse modelo de helicóptero é de 10.000 horas de voo. Considerando que a AvEx mantenha sua média histórica de horas de voo por aeronave (150 horas - aeronave/ano), os atuais helicópteros *Black Hawk* não atingirão a marca de 10 mil horas de voo nos próximos 20 anos de operação e, portanto, esse limite não serve como marco de referência na gestão do ciclo de vida desse importante Material de Emprego Militar (MEM).

Nesse contexto, o presente artigo tem por objetivo analisar como a utilização de indicadores de desempenho logístico pode contribuir à definição do limite de vida útil da atual frota de helicópteros *Black Hawk* da AvEx, ou seja, trata-se de um estudo de caso.

O desenvolvimento do trabalho proposto foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica de obras relacionadas aos temas: gestão do ciclo de vida de materiais e logística. Além disso, as

informações específicas das aeronaves *Black Hawk* foram coletadas nos manuais do fabricante e, ainda, nos protocolos e bancos de dados da AvEx.

Na fase de análise dos dados coletados, os indicadores logísticos apurados (disponibilidade orgânica da frota, custo da hora de voo e horas voadas) foram inseridos em uma planilha de apoio, a qual, por meio do "Método dos Custos Médios por Período", aponta o "Ponto Econômico de Encerramento do Ciclo de Vida - PEECV". A planilha em questão integra um estudo realizado no ano de 2015, pelo Grupo de Ensaios do Comando de Aviação do Exército, estudo este produzido por meio de fundamentação teórica apresentada na Dissertação de Mestrado "A Renovação da Frota de Helicópteros da Aviação do Exército: uma proposta", relacionada nas referências deste trabalho.

Do exposto, o presente trabalho se mostra importante à gestão do ciclo de vida dos referidos helicópteros, pois apresenta uma análise de como a utilização de indicadores de desempenho logístico pode contribuir à definição do limite de vida útil da atual frota de *Black Hawk* da AvEx.

Para o atingimento dos objetivos propostos, serão abordados os aspectos mais relevantes da Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas de Materiais de Emprego Militar e, também, as características e atribuições da Aviação do Exército. Neste contexto, serão elencados e analisados indicadores de desempenho logístico na gestão do ciclo de vida de sua frota de helicópteros *Black Hawk*. Finalmente, os dados serão analisados e inseridos na planilha de apoio supracitada, a fim de definir o Ponto Econômico de Encerramento do Ciclo de Vida (PEECV) desse modelo de aeronave da AvEx.

2. INDICADORES DE DESEMPENHO LOGÍSTICO NA GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE HELICÓPTERO DE EMPREGO MILITAR

2.1 Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas de Materiais de Emprego Militar

De acordo com Ministério da Defesa (2019), o objetivo da Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa é planejar, obter, manter e otimizar as Capacidades Militares de Defesa considerando desempenho, segurança, qualidade e custo ao longo de todo o ciclo de vida.

Segundo a Diretoria de Material de Aviação do Exército (2010), pode-se definir ciclo de vida como sendo o intervalo de tempo que tem início com a entrada do material em serviço e finaliza com uma intervenção do tipo revitalização/ modernização (marco para início de um novo ciclo de vida) ou com a desativação.

No que se refere a aviões e helicópteros, há consenso no meio aeronáutico de que o ciclo de vida tem, em média, a duração de 30 anos. Do acompanhamento prático, ao longo de quase 20 anos de atuação no gerenciamento de manutenção de aeronaves na Aviação do Exército, pôde-se observar que esse limite, normalmente, decorre da obsolescência das tecnologias e sistemas embarcados, de interrupções da cadeia de suprimentos pelos fabricantes e, ainda, do atingimento do

limite de vida estrutural desses equipamentos, fato este que resulta no crescimento exponencial do custo do suporte logístico dos mesmos.

Segundo Exército Brasileiro (2016), a fase de utilização de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) se encerra quando o sistema ou material atinge o fim da vida útil ou, por motivos logísticos, doutrinários, técnicos ou por uma combinação desses, deixa de cumprir adequadamente suas funções, oportunidade na qual são consideradas às seguintes opções: revitalização, repotencialização, modernização, desativação, desativação combinada com a obtenção de novo SMEM.

Nesse contexto, e mais especificamente em relação aos seus meios aéreos, o Exército Brasileiro já optou por modernizar dois dos cinco modelos de helicópteros que opera atualmente. Isso decorreu em razão da considerável elevação dos custos de suporte logístico daqueles modelos de helicópteros após, em média, 25 anos de operação.

2.2 Aviação do Exército

"A Aviação do Exército (AvEx) é o segmento aéreo do Exército Brasileiro e foi recriada com o objetivo primaz de proporcionar aeromobilidade à Força Terrestre.'' (COMANDO DE AVIAÇÃO DO EXÉRCITO, 2018).

A Organização é constituída por um Comando, quatro Batalhões de Aviação (unidades operacionais), um Batalhão de Manutenção e Suprimento (unidade logística), uma Base de Aviação (unidade administrativa), um Centro de Instrução (unidade de ensino) e uma Diretoria de Aviação (unidade gestora do material). Com uma frota de mais de noventa helicópteros, a AvEx, da mesma forma que as maiores empresas de aviação do país, enfrenta inúmeros desafios logísticos para se manter em elevado nível de eficiência e operacionalidade.

Atualmente, a AvEx opera cinco modelos de aeronaves de asas rotativas: S-70A *Black Hawk*, AS532UE Cougar, H225M Jaguar, AS550A2 Fennec e AS365K2 Pantera, sendo que os dois últimos modelos citados estão concluindo o processo de modernização, após o encerramento do seu ciclo de vida original.

2.2.1 Frota de aeronaves S-70A *Black Hawk* da AvEx

Segundo a Diretoria de Material de Aviação do Exército (DMAvEx), órgão de apoio setorial responsável pela gestão do material da Aviação do Exército Brasileiro, a frota de aeronaves S-70A - *Black Hawk* foi adquirida por meio do Contrato Nº 001/1997 DMAvEx/DMB, de 25 JUL 97, firmado com a empresa Sikorsky Export Corporation, sendo a entrega das aeronaves realizada no mês de agosto de 1997, na cidade de Stratford, Connecticut-EUA.

Os *Black Hawk* encontram-se em operação no Exército Brasileiro há 23 anos. Nesse período a frota voou conforme descrito na tabela seguinte.

Tabela 1 – resumo das horas de voo da frota de helicópteros *Black Hawk* da AvEx

Aeronave	Horas de Voo em 2020	Total de Horas de Voo
EB 3001	142.1	3.878.8
EB 3002	68.3	3.380.0
EB 3003	115.4	4.200.1
EB 3004	74.8	3.473.4

Fonte SisAvEx – acesso em 8 de agosto de 2020

Como pontuado na introdução deste trabalho, de acordo com a Sikorsky, fabricante das aeronaves *Black Hawk*, o limite de vida útil da estrutura desse modelo de helicóptero é de 10.000 horas de voo. Portanto, pode-se afirmar que a frota *Black Hawk* da Aviação do Exército voou aproximadamente 40% de seu potencial.

O Comando de Aviação do Exército (2015) relata que passados 23 anos do seu recebimento não foram realizados serviços de modernização ou atualização das aeronaves *Black Hawk* da AvEx e complementa citando que a referida frota está passando por um momento em que será necessário decidir por sua modernização ou substituição.

Uma descrição detalhada dos principais itens em processo de obsolescência se encontra no Relatório da Seção de Manutenção da DMAvEx, de 10 de abril de 2018, o qual destaca a situação dos seguintes sistemas/ subsistemas: comunicação, navegação, estabilização de voo (piloto automático) e radar meteorológico.

Quadro 1 – Principais equipamentos da frota *Black Hawk* da AvEx em processo de obsolescência

DESCRIÇÃO	**PN MODELO ORIGINAL**	**PN MODELO NOVO**
Amplificador do estabilizador	70902-02001-048	70902-02801-101
Atuador do estabilizador	70400-06641-117	70400-06641-201
Computador do SAS/FPS	70901-02903-104	70901-01802-101
Painel de controle de voo	70902-01070-048	TRC0701070048
Eixo do motor	70361-08004-043	70071-35005-011
Radar meteorológico	RDR 1400C	Honeywell Primus 701a
GPS	TNL 8100 GPS	UNS1Espw
Transponder	APX100 IFF	APX117 IFF

Fonte: Relatório Seção de Manutenção/ DMAvEx, de 10 de abril de 2018

Assim, considerando que a AvEx mantenha sua média histórica de horas de voo por aeronave, os atuais helicópteros *Black Hawk* não atingirão a marca de 10 mil horas de voo nos próximos 20 anos de operação e, portanto, esse limite não serve como marco de referência na gestão do seu ciclo de vida.

Nessa perspectiva, pode-se inferir que o limite de vida desses helicópteros não decorrerá do atingimento do limite de horas de voo, mas sim de eventuais restrições logísticas e/ou técnicas resultantes do processo de obsolescência dos seus sistemas e equipamentos embarcados.

Sugere-se, portanto, que o acompanhamento dos indicadores de desempenho logístico se mostra como importante instrumento de medida à identificação do atingimento do limite de vida do helicóptero, oportunidade na qual serão consideradas às seguintes opções: revitalização, repotencialização, modernização, desativação, desativação combinada com a obtenção de novo SMEM.

2.2.1.1 Indicadores de desempenho logístico da frota *Black Hawk* da AvEx

Atualmente, os Indicadores de Desempenho, do inglês *Key Performance Indicator* - KPI, são amplamente utilizados para medir e avaliar os resultados dos processos apontados como fundamentais pela organização.

Angelo (2005) relata que os indicadores se tornaram tão populares para controlar a qualidade da manufatura que passaram a ser usados em outras áreas para outras finalidades. Na logística, por exemplo, os KPIs têm por finalidade identificar os processos que devem ser melhorados para aumentar o desempenho logístico, tais como: a acuracidade de inventário, nível médio de estoque, nível de serviço de entrega, índice de extravios e danos, dentre outros.

Já no escopo deste trabalho, por se tratar de estudo voltado à logística de aviação, foram considerados os seguintes indicadores de desempenho logístico da frota *Black Hawk* da AvEx: índice de disponibilidade média anual, quantitativo anual de horas de voo, custo da hora de voo, custeio anual médio por aeronave e custeio anual por aeronave disponível. Os dados apresentados neste estudo foram apurados no Sistema Integrado dos Sistemas da Aviação do Exército (SISAvEx) ou por meio de projeções, utilizando-se software específico.

2.2.1.1.1 Base de dados - Sistema Integrado dos Sistemas da Aviação do Exército (SISAvEx)

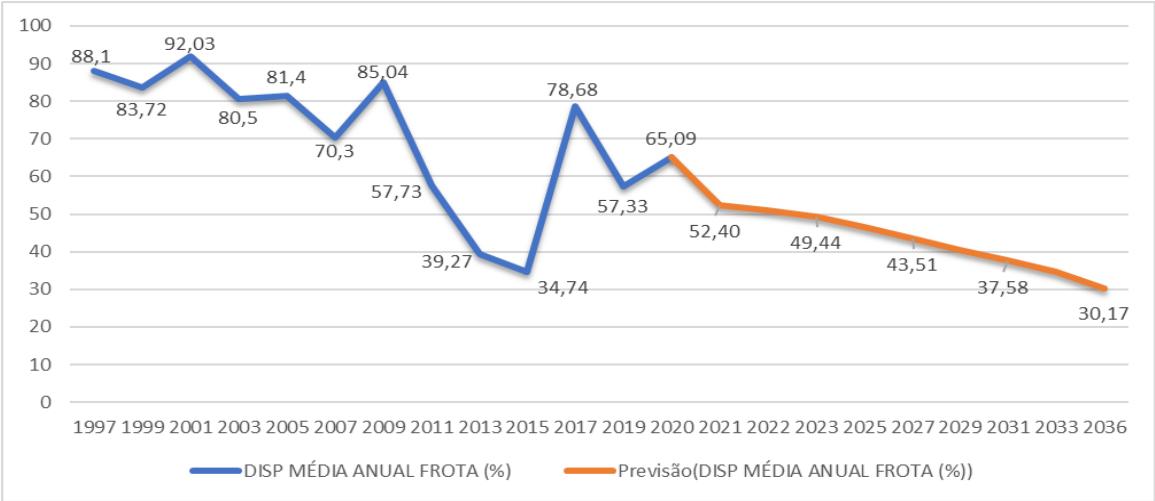
O Sistema Integrado dos Sistemas da Aviação do Exército (SISAvEx) é a principal ferramenta de tecnologia da informação (TI) utilizada pela AvEx. O SISAvEx foi totalmente desenvolvido por técnicos da própria AvEx e possui 6 (seis) subsistemas de controles: Sistema de Manutenção; Sistema de Suprimentos; Sistema de Reparáveis; Sistema de Horas de Voo; Sistema de Gerenciamento da DMAvEx e Sistema de Apoio à Decisão.

No que se refere ao período entre os anos de 1997 e 2020, os dados utilizados neste estudo foram extraídos do Módulo “Apoio à Decisão” do Sistema Integrado dos Sistemas da Aviação do Exército.

Para o período compreendido entre os anos de 2021 e 2037, os dados foram projetados utilizando-se a ferramenta “Planilha de Previsão” do aplicativo Excel (definindo como base o ano de 2010, intervalo de confiança de 95% e detecção automática de sazonalidade).

2.2.1.1.2 Índice de disponibilidade média anual da frota *Black Hawk* da AvEx

Gráfico 1



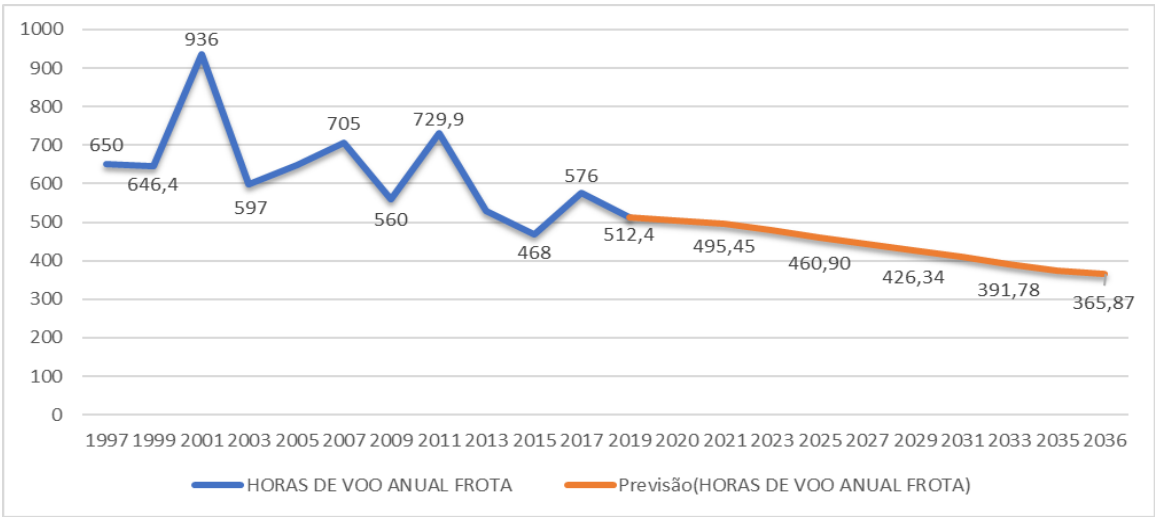
Fonte: elaborado pelo autor (2020)

Segundo a InAvEx 3005, uma aeronave é considerada disponível quando a mesma se encontra em condições de realizar todos os tipos de voos previstos no envelope do fabricante, ainda que seja necessária a sua reconfiguração.

No gráfico 1, verifica-se a tendência de queda da disponibilidade da frota *Black Hawk* da AvEx. A DMAvEx tem como meta manter a frota com uma disponibilidade mínima de 70%, para tanto se faz necessário o dispêndio de altos valores financeiros.

2.2.1.1.3 Quantitativo anual de horas de voo da frota *Black Hawk* da AvEx

Gráfico 2



Fonte: elaborado pelo autor (2020)

No gráfico 2, verifica-se uma tendência de queda do quantitativo anual de horas de voo da frota *Black Hawk* da AvEx. A série histórica de horas de voo por aeronave da Aviação do Exército é de 150 (cento e cinquenta) horas de voo ao ano. Esse quantitativo é considerado bastante baixo, principalmente se comparado com a média de horas de voo de operadores de aviação de *Off-Shore*,

por exemplo. Em razão dos elevados custos fixos e variáveis de manutenção, o valor da hora de voo tende a aumentar muito à medida que se emprega um quantitativo menor de horas de voo.

2.2.1.1.4 Custo da hora de voo da frota *Black Hawk* da AvEx

Inicialmente, cabe ressaltar que todos os custos elencados neste artigo são apresentados em dólares americanos (USD).

No Exército Brasileiro, o cálculo do custo dessas horas de voo (HV) é baseado em metodologia regulada por Instrução Normativa da Aviação do Exército que trata do assunto, são elas: INAvEx 3009, de agosto de 1999 e INAvEx 3010, de agosto de 1999.

Nesse cálculo são considerados o custo total de operação e o custo de manutenção. O custo total da operação é uma totalização das parcelas que podem ser, direta ou indiretamente, imputáveis ao desenvolvimento das atividades operacionais da frota de helicópteros, como despesas com manutenção, peças, óleos lubrificantes, combustível, seguros, custos administrativos, dentre outros.

O custo de manutenção é a totalização das parcelas de despesas necessárias para manter o helicóptero em estado de disponibilidade operacional e inclui instrução de pessoal, aquisição e manutenção de ferramental, documentação técnica, aquisição de componentes consumíveis, reparáveis, inspeções programadas e não programadas, dentre outras despesas.

Neste trabalho não foi considerado o valor da hora de voo conforme metodologia regulada por Instrução Normativa da Aviação do Exército. Isso porque, na prática, os recursos financeiros disponibilizados para o custeio da frota se encontram muito abaixo do valor apurado pelo cálculo determinado pelas InAvEx e, portanto, esses valores não são de fato representativos.

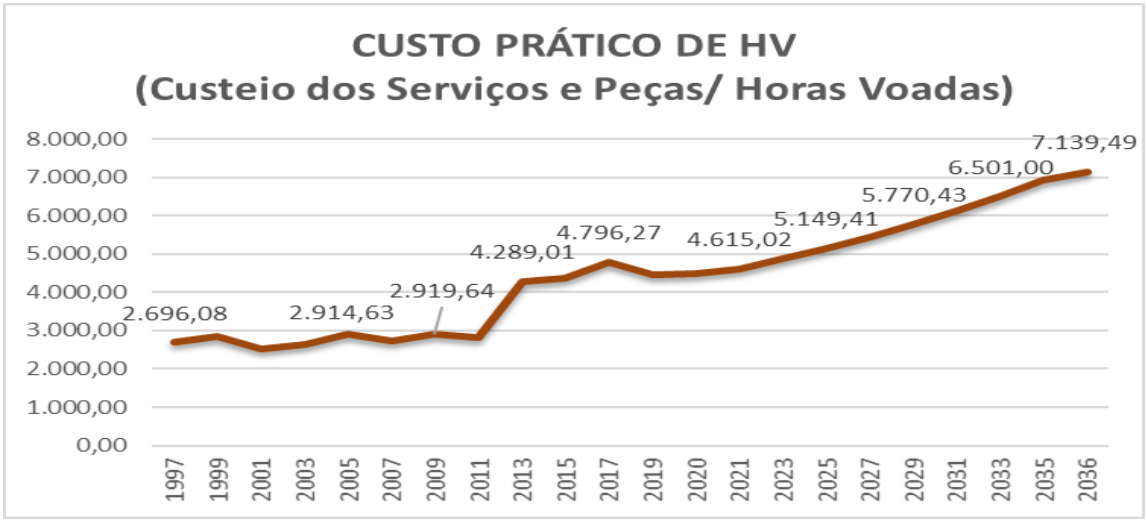
> É sabido que a defasagem entre as necessidades orçamentárias e os recursos efetivamente empenhados para a gestão logística da frota AvEx (fazer voar e projetos) deve-se a fatores variados e por vezes fora do controle da DMAvEx. Cita-se como exemplo o previsto na EC 95/2016 que instituiu o Novo Regime Fiscal e colocou limites para o aumento do orçamento federal por duas décadas. Com o objetivo de equilibrar as contas públicas por meio de um rígido mecanismo de controle de gastos, a EC 95/2016 determina que a partir de 2018 as despesas federais só poderão aumentar de acordo com a inflação acumulada conforme o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). (DMAVEX, 2019).

Sendo assim, neste trabalho, foi considerado como custo da hora de voo, não o valor apontado pelas InAvEx, mas sim a razão entre o real valor aplicado em manutenção e peças para a frota *Black Hawk* pelo quantitativo de horas voadas no ano, o qual foi denominado por este autor de "Financiamento de Horas de Voo" ou "Custo Prático de Horas de Voo".

Nesse valor de "financiamento" não foram consideradas as despesas com óleos lubrificantes, selantes, graxas, combustível, custos administrativos. Isso porque, esses custos são comuns a todas as demais frotas e, normalmente, não variam com o tempo de uso dos helicópteros. Também não foram considerados os custos com assistência técnica, seguros e modernizações de sistemas, pois são investimentos opcionais e não obrigatórios, mas que os eventuais valores aplicados nos mesmos podem interferir nos resultadas da pesquisa. Ou seja, foram considerados apenas os recursos

financeiros diretamente aplicados nos serviços de manutenção e na aquisição de peças para as aeronaves *Black Hawk* da AvEx.

Gráfico 3

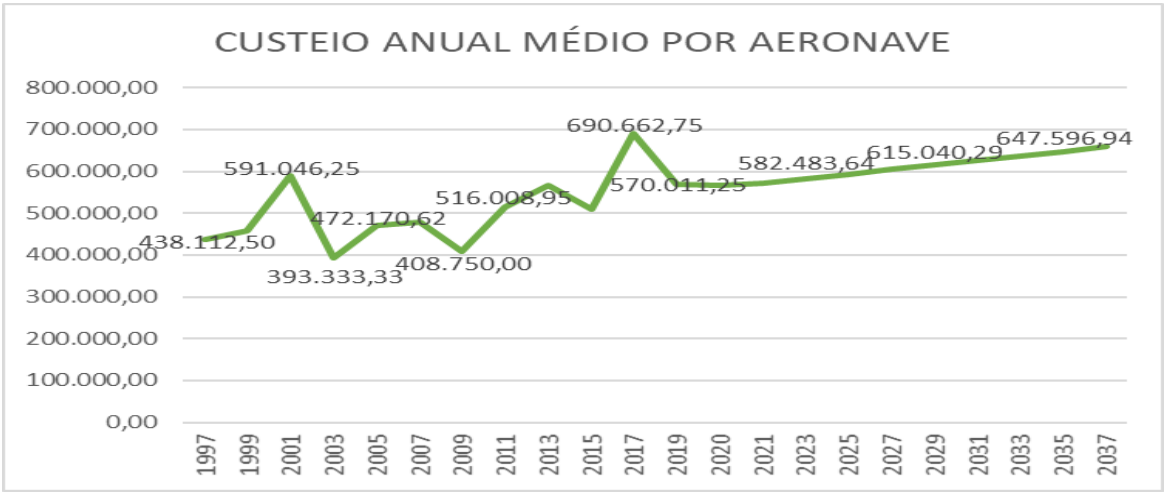


Fonte: elaborado pelo autor (2020)

No gráfico 3, verifica-se uma tendência de elevação do custo da hora de voo da frota *Black Hawk* da AvEx. O resultado representa a relação dos recursos financeiros diretamente aplicados nos serviços de manutenção e na aquisição de peças e o quantitativo de horas voadas pela frota. Ou seja, representa quanto foi possível voar com os recursos destinados ao custeio da frota (manutenção e suprimentos). Trata-se, portando, do financiamento das horas de voo, ou, em outras palavras, o custo prático das horas de voo.

2.2.1.1.5 Custeio Anual Médio por Aeronave *Black Hawk* da AvEx

Gráfico 4

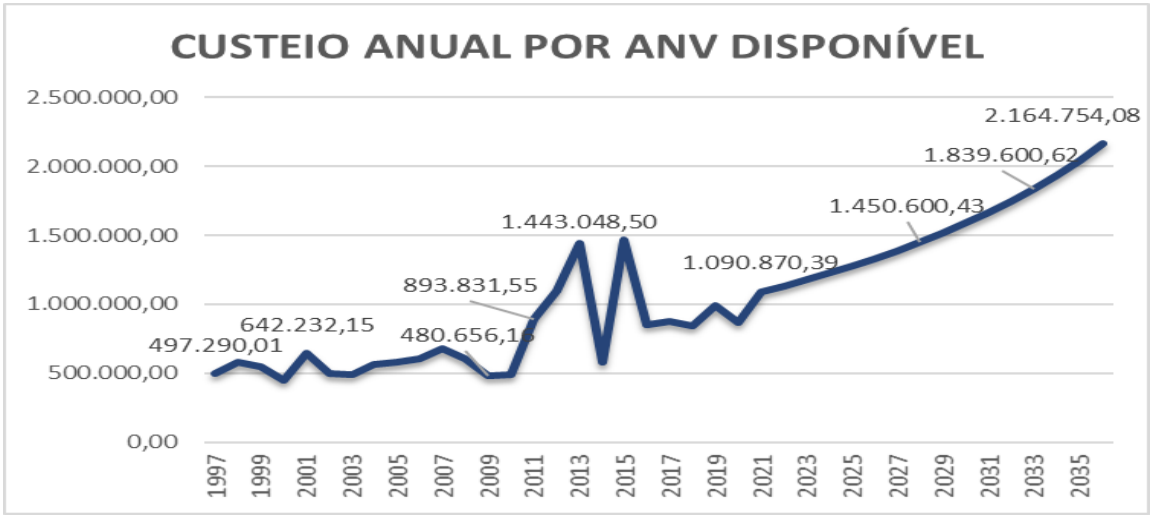


Fonte: elaborado pelo autor (2020)

No gráfico 4, O resultado representa a relação dos recursos financeiros diretamente aplicados nos serviços de manutenção e na aquisição de peças e o quantitativo médio de horas voadas por aeronave, sem considerar a disponibilidade das aeronaves no período.

2.2.1.1.6 Custeio Anual por Aeronave Disponível da Frota *Black Hawk* da AvEx

Gráfico 5

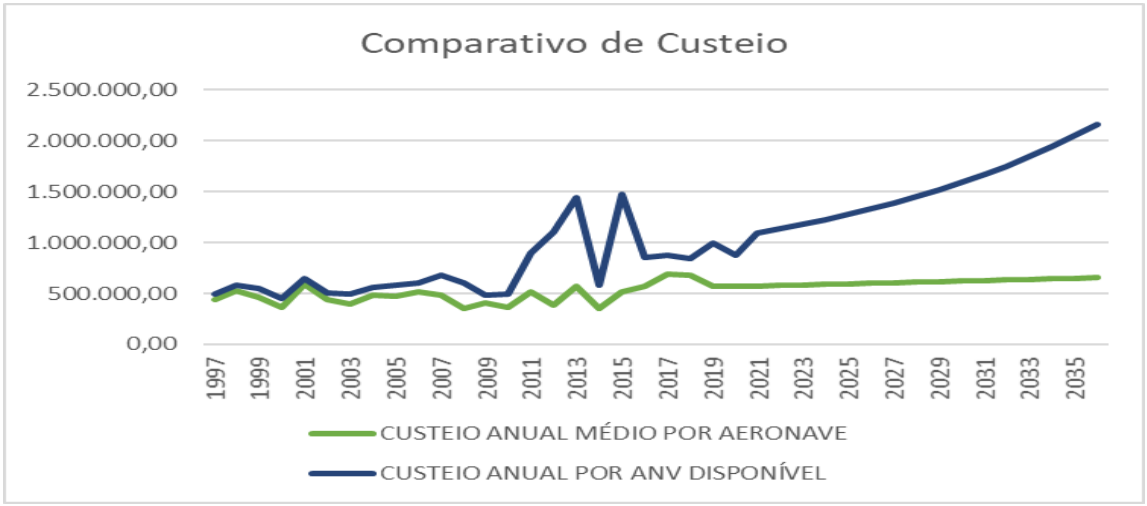


Fonte: elaborado pelo autor (2020)

No gráfico 5, verifica-se uma tendência de expressiva elevação do custo da hora de voo. Neste caso, o resultado representa a relação dos recursos financeiros diretamente aplicados nos serviços de manutenção e na aquisição de peças para as aeronaves *Black Hawk* pelo quantitativo de horas voadas pela frota, considerando a disponibilidade média da frota no período. Ou seja, quanto mais baixa a disponibilidade da frota, maior fica o custo da hora de voo.

2.2.1.1.7 Comparativo: Custeio por Aeronave da Frota vs Custeio por Aeronave Disponível (frota *Black Hawk* da AvEx)

Gráfico 6



Fonte: elaborado pelo autor (2020)

No gráfico 6, verifica-se o forte impacto que a redução da disponibilidade da frota tem sobre o custeio da frota disponível para o voo. Sobre esse aspecto vale apontar um dos indicadores de desempenho das instruções Normativas da AvEx (InAvEx) 3.009, “Desempenho da frota AvEx”,

cujo descritor é: *"*O máximo desempenho da frota AvEx seria a razão entre sua máxima disponibilidade dos helicópteros e o seu mínimo custo da hora de voo".

O resultado obtido é muito representativo pois para uma Aviação Militar a disponibilidade dos seus meios significa poder de combate. Entenda-se, quanto maior a disponibilidade dos meios, em tese, maior o seu estado de prontidão e poder de combate. Ou seja, para uma Aviação Militar ter apenas um helicóptero disponível para voar até 800 horas em um ano não equivale a ter 4 helicópteros disponíveis para voar até 200 horas por ano cada aeronave, por exemplo.

Nesse contexto, cabe retomar as considerações de Exército Brasileiro (2016), o qual aponta que a fase de utilização de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) se encerra quando o sistema ou material atinge o fim da vida útil ou, por motivos logísticos, doutrinários, técnicos ou por uma combinação desses, deixa de cumprir adequadamente suas funções. Neste contexto, a redução do desempenho da frota, representada neste caso pela redução da disponibilidade das aeronaves, pode apontar a proximidade do encerramento do ciclo de vida do material.

2.3. Ponto Econômico de Encerramento do Ciclo de Vida (PEECV)

> "O desgaste mecânico faz com os custos de manutenção de uma aeronave cresçam proporcionalmente a sua utilização. Deve-se considerar, também, que uma aeronave é submetida a grandes inspeções periódicas que a colocam na condição de nova. Estas grandes inspeções representam um acréscimo considerável nos custos de operação de uma aeronave". (MOREIRA, 2006, p. 45-93).

Moreira (2006) complementa pontuando que o custo do capital investido, é composto por depreciação e a remuneração de capital e que os custos do capital estão ligados ao valor da aeronave e, ao contrário dos custos de manutenção, tendem a diminuir com o passar do tempo.

Por fim, Moreira (2006) define vida útil econômica como sendo o intervalo que vai desde a entrada do equipamento novo em operação, até o momento em que se atinge o Ponto Econômico de Encerramento do Ciclo de Vida.

Dessa forma, a identificação oportuna do PEECV permite ao gestor planejar com maior antecipação, clareza e propriedade técnica a etapa seguinte ao encerramento do ciclo de vida em curso, decidindo oportunamente por: revitalizar, repotencializar, modernizar ou desativar o SMEM.

No que se refere aos meios aéreos (aviões e helicópteros), a pratica demonstra que a não observação do PEECV por parte dos gestores de material resulta na elevação do custo da hora de voo, na redução da disponibilidade das aeronaves e, por consequência, no aumento do custeio e perda de operacionalidade da Força, respectivamente.

2.3.1 Método dos Custos Médios por Período

Moreira (2006) apresenta que este método pode ser aplicado a uma aeronave em particular ou a um grupo delas, sendo apenas necessário reunir em uma tabela os custos que serão divididos em custos de capital e custos diretos de operação.

Segundo o Comando de Aviação do Exército (2015), para obter os valores de mercado, em função da depreciação anual e das manutenções realizadas, pode ser utilizado software como, por exemplo, o "*Life Cycle Cost"* (LCC) da empresa Conkin & de Decker, especializada nesse tipo de análise para diversos tipos de aeronaves.

Ainda segundo Moreira (2006), para esta metodologia, o Ponto Econômico de Encerramento do Ciclo de Vida é identificado quando os custos médios atingem o seu menor valor no período e não quando os custos são os menores.

Em complemento, o Comando de Aviação do Exército (2015) afirma que enquanto os custos do capital investido tendem a aumentar ao máximo a vida do equipamento, os custos de manutenção tendem a encurtar a vida desse mesmo equipamento, uma vez que se mostram crescentes.

Dessa forma, entende-se que o Método dos Custos Médios por Período se mostra uma ferramenta útil e eficiente para a análise e a definição do ponto econômico de encerramento do ciclo de vida de aeronaves, incluindo os helicópteros *Black Hawk* da AvEx.

2.3.1.1 Análise Econômica da Aeronave *Black Hawk* da AvEx

Neste estudo, a análise econômica da aeronave *Black Hawk* da AvEx foi realizada por meio do Método dos Custos Médios descrito anteriormente. Para tanto, foi utilizada a planilha de aplicação dos custos médios por período constante do Relatório nº 002/2015, do Grupo de Ensaios e Avaliações (GEA) do Comando de Aviação do Exército.

Quadro 2 – Extrato da planilha de aplicação dos custos médios por período

Ano	Tempo de Uso	Horas Voadas (HV)	Custo da HV	Valor da Aeronave	Depreciação	Remuneração de capital	Custos de Capital	Custos de Operação	Custos totais no período	Custos Acumulados	Custos Médios
–	0	–	–	10660000.00	–	–	–	–	–	–	–
1998	1	150	5735.55	8383796.78	2276203.22	639600.00	2915803.22	860333.11	3776136.34	3776136.34	–
1999	2	300	5822.90	8043241.59	340555.19	503027.81	843583.00	873434.63	1717017.63	5493153.97	5493153.97
2000	3	450	5911.57	7649635.76	393605.83	482594.50	876200.32	886735.67	1762935.99	7256089.96	3628044.98
2001	4	600	6001.60	7796025.97	-146390.22	458978.15	312587.93	900239.26	1212827.19	8468917.14	2822972.38
2002	5	750	6092.99	7633808.04	162217.94	467761.56	629979.50	913948.48	1543927.98	10012845.12	2503211.28
2003	6	900	6185.78	7541362.69	92445.34	458028.48	550473.83	927866.48	1478340.31	11491185.43	2298237.09
2004	7	1050	6279.98	7706772.49	-165409.79	452481.76	287071.97	941996.43	1229068.39	12720253.82	2120042.30

Fonte: Relatório nº 002/2015, do Grupo de Ensaios e Avaliações (GEA) do Comando de Aviação do Exército

No estudo do GEA, foi considerado um *rate* fixo de horas de voo (150 horas por aeronave/ ano). Além disso, o custo da hora de voo teve como valor inicial USD 5.735,55 e a partir daí foi calculado com uma variação anual de 1,5% e 3%. Dessa premissa, decorre os resultados obtidos e inseridos na coluna "Custo de Operação" e, consequentemente, a determinação do "Ponto Econômico de Encerramento do Ciclo de Vida". Nesse contexto, o Relatório nº 002/2015, do Grupo de Ensaios e Avaliações apontou o ano de 2027 (considerando uma variação anual do custo da hora de voo de 1,5%) e 2034 (considerando uma variação anual do custo da hora de voo de 3%) como

sendo o “Ponto Econômico de Encerramento do Ciclo de Vida” das atuais aeronaves *Black Hawk* da AvEx.

Entretanto, como apresentado anteriormente, o quantitativo de horas de voo, bem como a disponibilidade da frota impacta fortemente o custo de operação e, consequentemente, repercute na determinação do “Ponto Econômico de Encerramento do Ciclo de Vida”. Sendo assim, neste estudo, foram considerados os quantitativos e os custos de horas de voo realmente apurados, ou seja, os quantitativos de horas de voo e o respectivo montante de recursos aplicados no seu suporte logístico (manutenção e suprimentos).

Cabe ressaltar que aplicar valores apurados e não pré-estabelecidos de quantitativo e custo de hora de voo tem por finalidade identificar como a utilização de indicadores de desempenho logístico interfere à definição do limite de vida útil da atual frota. Em relação aos Custos de Capital, foram mantidos os mesmos valores utilizados no estudo do GEA, por não ser o foco deste estudo.

Os resultados obtidos neste estudo foram os seguintes:

- o atingimento do limite de vida útil da atual frota será no ano de 2034, considerando o custeio anual médio por aeronave; e

- o atingimento do limite de vida útil da atual frota já ocorreu no ano de 2011, considerando o custeio anual médio por aeronave disponível.

Quadro 3 – Extrato da planilha de aplicação dos custos médios por período - custeio anual médio por aeronave

Ano	Tempo de Uso	HV	Custo da HV	Valor da Aeronave	Depreciação	Remuneração de capital	Custos de Capital	Custos de Operação	Custos totais no período	Custos Acumulados	Custos Médios
2019	22	3300	5931,30	5703241,42	391041,10	365656,95	756698,05	570011,25	1326709,30	25143808,58	1197324,22
2020	23	3450	6020,27	5472358,85	230882,57	342194,49	573077,05	566205,32	1139282,37	26283090,95	1194685,95
2021	24	3600	6110,58	5860187,18	-387828,33	328341,53	-59486,80	571631,42	512144,63	26795235,58	1165010,24
2022	25	3750	6202,24	5614321,66	245865,52	351611,23	597476,75	577057,53	1174534,28	27969769,86	1165407,08
2023	26	3900	6295,27	5550130,69	64190,97	336859,30	401050,27	582483,64	983533,91	28953303,77	1158132,15
2024	27	4050	6389,70	5959204,35	-409073,66	333007,84	-76065,82	587909,75	511843,93	29465147,70	1133274,91
2025	28	4200	6485,54	5685644,67	273559,68	357552,26	631111,94	593335,86	1224447,80	30689595,50	1136651,69
2026	29	4350	6582,83	5607508,87	78135,80	341138,68	419274,48	598761,97	1018036,45	31707631,95	1132415,43
2027	30	4500	6681,57	6038802,09	-431293,22	336450,53	-94842,69	604188,07	509345,39	32216977,34	1110930,25
2028	31	4650	6781,79	5734743,00	304059,09	362328,13	666387,21	609614,18	1276001,39	33492978,73	1116432,62
2029	32	4800	6883,52	5411706,71	323036,29	344084,58	667120,87	615040,29	1282161,16	34775139,89	1121778,71
2030	33	4950	6986,77	5239285,44	172421,27	324702,40	497123,67	620466,40	1117590,07	35892729,97	1121647,81
2031	34	5100	7091,57	5757777,25	-518491,81	314357,13	-204134,68	625892,51	421757,82	36314487,79	1100439,02
2032	35	5250	7197,95	5399454,65	358322,60	345466,63	703789,23	631318,62	1335107,85	37649595,64	1107341,05
2033	36	5400	7305,92	5329558,60	69896,05	323967,28	393863,33	636744,73	1030608,06	38680203,70	1105148,68
2034	37	5550	7415,51	5750448,97	-420890,37	319773,52	-101116,85	642170,83	541053,98	39221257,68	1089479,38
2035	38	5700	7526,74	5486219,02	264229,94	345026,94	609256,88	647596,94	1256853,83	40478111,50	1094003,01
2036	39	5850	7639,64	5402738,54	83480,48	329173,14	412653,62	653023,05	1065676,67	41543788,18	1093257,58

Fonte: elaborado pelo autor (2020)

Quadro 4 – Extrato da planilha de aplicação dos custos médios por período - custeio anual médio por aeronave disponível

Ano	Tempo de Uso	HV	Custo da HV	Valor da Aeronave	Depreciação	Remuneração de capital	Custos de Capital	Custos de Operação	Custos totais no período	Custos Acumulados	Custos Médios
1997	0			10660000,00							
1998	1	150	5735,55	8383796,78	2276203,22	639600,00	2915803,22	567397,93	3483201,16	3483201,16	
1999	2	300	5822,90	8043241,59	340555,19	503027,81	843583,00	534443,54	1378026,53	4861227,69	4861227,69
2000	3	450	5911,57	7649635,76	393605,83	482594,50	876200,32	451030,93	1327231,25	6188458,94	3094229,47
2001	4	600	6001,60	7796025,97	-146390,22	458978,15	312587,93	615480,83	928068,76	7116527,70	2372175,90
2002	5	750	6092,99	7633808,04	162217,94	467761,56	629979,50	495611,34	1125590,83	8242118,54	2060529,63
2003	6	900	6185,78	7541362,69	92445,34	458028,48	550473,83	488612,84	1039086,66	9281205,20	1856241,04
2004	7	1050	6279,98	7706772,49	-165409,79	452481,76	287071,97	542269,19	829341,15	10110546,35	1685091,06
2005	8	1200	6375,61	7497039,56	209732,93	462406,35	672139,28	566151,82	1238291,10	11348837,46	1621262,49
2006	9	1350	6472,70	7376957,01	120082,55	449822,37	569904,92	591072,89	1160977,82	12509815,27	1563726,91
2007	10	1500	6571,27	7422923,57	-45966,56	442617,42	396650,86	679964,32	1076615,19	13586430,46	1509603,38
2008	11	1650	6671,34	7027373,46	395550,11	445375,41	840925,52	606834,57	1447760,09	15034190,54	1503419,05
2009	12	1800	5296,38	6870280,08	157093,38	421642,41	578735,79	480656,16	1059391,95	16093582,50	1463052,95
2010	13	1950	5691,45	6423768,24	446511,84	412216,80	858728,64	493386,92	1352115,56	17445698,06	1453808,17
2011	14	2100	4444,83	6593754,51	-169986,27	385426,09	215439,83	893831,55	1109271,37	18554969,43	1427305,34
2012	15	2250	4842,07	6548928,07	44826,44	395625,27	440451,71	1100439,59	1540891,30	20095860,74	1435418,62
2013	16	2400	5705,88	6188222,99	360705,07	392935,68	753640,76	1443048,50	2196689,25	22292549,99	1486170,00
2014	17	2550	5667,8	6378697,08	-190474,09	371293,38	180819,29	581420,21	762239,50	23054789,49	1440924,34

Fonte: elaborado pelo autor (2020)

Quadro 5 – Comparativos dos estudos GEA/ Autor

Estudo	**Disponibilidade da Frota**	**Quantidade HVAnv/ Ano**	**Valor HV**	PEECV **(ano)**
GEA	Não considerado	Fixo (150 HV)	Projetado com variação de 1,5% ano	2027
			Projetado com variação de 3% ano	2034
Autor	Análise 1: Não considerado	Real apurado (1997 a 2020)	Real apurado (1997 a 2020)	2034 (Análise 1 – Sem considerar a disponibilidade da frota)
	Analise 2: Considerado	Projetado (2021 a 2037)	Projetado (2021 a 2037)	2011 (Análise 2 – Considerando a disponibilidade da frota)

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

No quadro 5 estão descritos, de forma resumida, os critérios utilizados nos estudos realizados por GEA (2015) e neste trabalho; bem como os resultados obtidos em cada um deles. Dessa análise, observa-se que, mesmo sendo aplicados critérios diferentes no levantamento dos

indicadores “Valor de Hora de Voo” e “Quantidade de Horas de Voo”, os estudos obtiveram resultados equivalentes quando não foi considerado o indicador “Disponibilidade da Frota” (GEA: 2023/ 2034 e neste estudo: 2034). Entretanto, quando o indicador “Disponibilidade da Frota” foi levado em conta (conforme Análise 2 deste estudo), o resultado se mostrou muito mais conservativo, sinalizando que o Ponto Econômico de Encerramento do Ciclo de Vida foi transposto no ano de 2011.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi analisar como a utilização de indicadores de desempenho logístico pode contribuir à definição do limite de vida útil dos atuais helicópteros *Black Hawk* operados pela Aviação do Exército Brasileiro.

Nesse contexto, é oportuno retomar a ideia de que a fase de utilização de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) se encerra quando o sistema ou material atinge o fim da vida útil ou, por motivos logísticos, doutrinários, técnicos ou por uma combinação desses, deixa de cumprir adequadamente suas funções.

O interesse em direcionar esse estudo à frota de aeronaves *Black Hawk* da AvEx decorreu do fato desse modelo de helicóptero ter o limite de vida vinculado somente as horas de voo (10.000 horas) e, ainda, pelo fato de a frota *Black Hawk* da AvEx não ter atingido nem mesmo 50% desse potencial, mesmo após 23 anos de operação.

O estudo limitou-se nos indicadores logísticos relacionados ao custo de operação, quais sejam: disponibilidade orgânica da frota, custo da hora de voo e horas voadas. Os dados apurados de 1997 até 2020 foram extraídos do Módulo “Apoio à Decisão” do Sistema Integrado dos Sistemas da Aviação do Exército, os demais, de 2021 a 2037, foram projetados utilizando-se da ferramenta “Planilha de Previsão” do aplicativo Excel.

Por fim, foi realizada a análise econômica da aeronave *Black Hawk* da AvEx por meio do Método dos Custos Médios, conforme metodologia apresentada por Moreira (2006) e aplicada por Comando de Aviação do Exército (2015).

Da análise dos resultados obtidos, foi possível concluir que os indicadores logísticos (com destaque para a “Disponibilidade da Frota”) interferem diretamente no custo de operação e, consequentemente, são determinantes à definição do Ponto Econômico de Encerramento do Ciclo de Vida. Do exposto, conclui-se, finalmente, que o acompanhamento e análise de indicadores de desempenho logístico contribui de forma decisiva à definição do limite de vida útil desse modelo de aeronave.

Entretanto, em razão de parcela dos dados aplicados neste trabalho decorrer de projeções, é razoável considerar que o estudo em tela requer um maior aprofundamento para que possa

contribuir de forma mais permanente na definição do limite de vida útil dos helicópteros *Black Hawk* operados pela AvEx.

Por fim, entende-se que os aspectos abarcados neste estudo são relevantes para o Exército Brasileiro, à medida que um encerramento mal planejado do ciclo de vida de um SMEM poderá resultar em perda da capacidade operacional da Força. Da mesma forma, entende-se que estudos dessa natureza poderão ser úteis se direcionados para outras áreas específicas do meio aeronáutico, como por exemplo, a aviação privada, comercial e executiva, fato este que ratifica a importância do tema não só para a academia, mas também para a prática.

REFERÊNCIAS

ANGELO, Lívia B. **Indicadores de Desempenho Logístico.** Florianópolis: Grupo de estudos logísticos da UFSC, 2005.

COMANDO DE AVIAÇÃO DO EXÉRCITO. **CAvEx**: Apresentação, 2018. Disponível em: http://www.cavex.eb.mil.br/index.php/apresentacao. Acesso em: 08/08/2020

DIRETORIA DE MATERIAL DE AVIAÇÃO DO EXÉRCITO. **MEMÓRIA Nr 2019.001**, Brasília, 2019.

EXÉRCITO BRASILEIRO. **Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas de Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018)**. 1ª Edição. Brasília, 2016.

GRUPO DE ENSAIOS E AVALIAÇÕES (GEA) DO COMANDO DE AVIAÇÃO DO EXÉRCITO. **Relatório de Avaliação 002/2015 Revitalização da Frota de Helicópteros da Aviação do Exército.** Brasília, 2015.

INAvEx 1.009, Diretoria de Material de Aviação do Exército. **Modelo de Previsão e Análise do ciclo de vida de material de defesa aeronáutico.** Brasília: Secretaria-Geral do Exército, 2009.

INAvEx 3.005, Diretoria de Material de Aviação do Exército. **Cálculo de Disponibilidade de Aeronaves das Organizações Militares da Aviação do Exército**. Brasília: Secretária-Geral do Exército, 2009.

INAvEx 3.009, Diretoria de Material de Aviação do Exército. **Conhecimentos Básicos para o Cálculo do Custo da Hora de Voo das Aeronaves da Aviação do Exército**. Brasília: Secretaria-Geral do Exército, 2009.

INAvEx 3.010, Diretoria de Material de Aviação do Exército. **Cálculo do Custo Orçamentário para Operação e Custos de Hora de Voo das Aeronaves da Aviação do Exército**, Brasília: Secretaria-Geral do Exército, 2009.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa**. 1ª Edição. Brasília, 2019.

MOREIRA, Guilherme Henrique Gontijo. **A Renovação da Frota de Helicópteros da Aviação do Exército: uma proposta**. 93 fl. Dissertação (Mestrado). Escola de Comando e Estado-Maior do Exército. Rio de Janeiro, 2006.

SIKORSKY AIRCRAFT CORPORATION. **Aircraft Maintenance Procedures Manual For Sikorsky Models-70 Helicopter (TM 1-70-23-1)**, Stratford, 1997.