

PARÂMETROS DE UTILIZAÇÃO DE AERONAVES DE CAÇA EM ESCALAS DE VOO RELACIONADOS À DISPONIBILIDADE LOGÍSTICA

TÍTULO: Utilization rate of fighter aircrafts in flight schedules related to logistic availability

Leonardo Themoteo Teixeira¹
Antonio de Biaso Junior²
Danilo Garcia Figueiredo Pinto³

RESUMO

Este trabalho analisa a relação entre os parâmetros de utilização de aeronaves de caça e a disponibilidade logística. Tal abordagem se faz necessária no cenário atual em que diversas forças aéreas enfrentam restrições logísticas, possuindo frotas cada vez menores de aeronaves, muitas vezes com idade avançada e com elevadas taxas de falhas. Este propósito foi conseguido através de uma revisão bibliográfica de estudos sobre o assunto e com a realização de um estudo de caso utilizando uma ferramenta de simulação. A análise dos resultados evidenciou que os parâmetros de utilização das aeronaves de caça quando associados a uma alta taxa de falhas, afetam a disponibilidade logística e podem interferir nos objetivos operacionais de um esquadrão aéreo. Desta forma os responsáveis pelo planejamento devem considerar em seus planos para a escala de voo a taxa de utilização do equipamento e como ela será afetada pela taxa de falha do equipamento e pelo ritmo de restabelecimento do sistema após uma falha. Espera-se com isto que sejam atingidos melhores índices de disponibilidade da frota e economia de recursos.

Palavras-chave: Taxa de utilização de equipamento. Aeronaves de caça. Escala de voo.

ABSTRACT

This paper analyses the relation between utilization rate of fighter aircrafts and logistics availability. This approach is necessary to the current scenario where several Air Forces are facing logistic restrictions, owning fewer and fewer aircrafts, many times with an old fleet with a high failure rate. This purpose was achieved through a literature review of studies on this subject and through a case study using a simulation tool. The analysis of the results has pointed that the utilization rate of fighter aircrafts with a high failure rate affect the logistic availability and may interfere with the operational objectives of a Fighter Squadron. So, planners should consider in their plans for the flight schedule the utilization rate of the equipment and how it will be affected by the failure rate and the reestablishment rate of the system after failure. Thus it's expected to be reached better availability measures and to save resources.

Keywords: Utilization rate of equipment. Fighter aircrafts. Flight Schedule

¹ Graduado em Ciências Aeronáuticas e Graduado em Administração Pública na Academia da Força Aérea. Pós-Graduando em Logística Empresarial na UNIS – MG. E-mail: teixeiraltt@fab.mil.br.

² Tenente da Marinha do Brasil e oficial de Marinha Mercante. Mestre em logística pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Profissional da área de logística portuária e transporte marítimo e professor convidado pela pós-graduação do Grupo Unis de Varginha/MG. E-mail: abiaso@hotmail.com..

³ Mestre em Gerenciamento de Aquisição de Defesa pela Cranfield University. E-mail: figueiredodgfp@fab.mil.br.

1 INTRODUÇÃO

Os esquadrões aéreos de caça são diretamente responsáveis pela capacidade de uma força aérea em empregar o poder aéreo e espacial onde e quando forem necessários. Esta tarefa é cumprida através de uma rotina diária de voos para formar os novos pilotos e para manter os pilotos operacionais bem treinados. Para isto, faz-se necessária uma elevada intensidade de utilização de aeronaves, com os mais variados tipos de sistemas embarcados de extrema complexidade técnica e operacional.

Ações de manutenção efetivas são extremamente importantes para manter a disponibilidade destes sistemas, especialmente em um contexto de restrição de orçamento em que os esquadrões de caça operem aeronaves de idade avançada e em quantidade restrita. A alta taxa de falhas de um sistema enfrentando o período de desgaste (BLANCHARD, 2003, p. 39-46) necessitam de resposta imediata e de soluções criativas.

Foi observado pelo autor que muitos esquadrões de caça enfrentam uma alta taxa de cancelamento de missões quando operando em sede, mas quando estão deslocados em exercícios operacionais a despachabilidade melhora consideravelmente. Normalmente a responsabilidade pela alta taxa de cancelamentos recai sobre a idade do equipamento ou sobre restrições de orçamento para suprimento, mas o que justificaria a melhora da despachabilidade em exercícios operacionais? Uma variável crucial que difere entre as operações em sede e os exercícios operacionais é a utilização.

Desta forma este trabalho aborda a influência da utilização na disponibilidade logística e em resultados operacionais, verificando de que forma o incremento demasiado na utilização pode distanciar o esquadrão aéreo de seus objetivos e afetar os índices logísticos.

Esta pesquisa se faz necessária no cenário atual de diversas Forças Aéreas em que as frotas de aeronaves estão se tornando cada vez mais antigas e atingindo taxas de falhas maiores, e a sociedade cobra cada vez mais por um melhor uso dos recursos destinados às forças armadas. Os orçamentos de defesa estão ficando mais restritos e não é possível ter tanto suprimento e aeronaves em reserva como em outras épocas.

É importante ressaltar também a importância deste estudo para os pilotos responsáveis pelo planejamento operacional e de manutenção, já que o reflexo de suas atividades atuais define a disponibilidade das aeronaves atuais e futuras da Força Aérea Brasileira.

Este propósito foi conseguido através de uma revisão bibliográfica de estudos sobre o assunto e através de uma simulação de duas frotas de aeronaves com características semelhantes, mas que terão uma utilização diferenciada para tentar atingir um mesmo objetivo de horas de voo.

2 PLANEJAMENTO DO ESFORÇO AÉREO

Na atual estrutura da Força Aérea Brasileira (FAB), as Alas são diretamente responsáveis pelo preparo e pelo emprego, e por prover suporte logístico aos Esquadrões Aéreos. Dentro da estrutura das Alas, os Esquadrões Aéreos são responsáveis pelo preparo dos pilotos e planejamento de emprego das aeronaves, e o Grupo Logístico (GLOG) pelo suporte de manutenção e suprimento das aeronaves.

Na composição de um GLOG há o Setor de Planejamento e Controle (PLACON), que entre outras atribuições é responsável pelo planejamento de manutenção das aeronaves. O Manual de Manutenção – Doutrina, Processos e Documentação de Manutenção da Aeronáutica (BRASIL, 2014) define planejamento de manutenção como o ato de programar cargas de trabalho conhecidas

para usar com eficácia e eficiência a capacidade disponível, estando a alocação de mão de obra dentro das prioridades nas várias atividades executadas. O principal parâmetro utilizado para o planejamento de manutenção é o esforço aéreo.

Esforço Aéreo pode ser expressado como a quantidade de horas que uma frota de aeronaves deve voar em um período de tempo (BRASIL, 2019). Para os esquadrões de caça, o esforço aéreo é composto em sua grande maioria pelo treinamento dos pilotos operacionais e pela formação de novos pilotos. No cálculo do esforço aéreo anual demandado deve-se levar em conta principalmente quantas horas de treinamento são desejáveis em cada tipo de missão para cada piloto ao longo de um ano. Esta quantidade de horas é confrontada com diversos fatores como a quantidade de aeronaves disponíveis, o suprimento que será necessário, o consumo de combustível, o perfil desejado de pilotos no longo prazo, o orçamento anual que foi disponibilizado pelo Congresso, entre outros fatores. Diversas interações entre diferentes setores da FAB são necessárias até que um valor final seja atingido para cada tipo de aeronave.

Após a definição final, o esforço aéreo é dividido pelo Comando de Preparo (COMPREP) entre os Esquadrões Aéreos ficando a cargo dos setores de operações de cada esquadrão o planejamento mensal do consumo ótimo deste esforço, com foco no treinamento dos pilotos operacionais, formação dos alunos e viagens programadas ao longo do ano. Em paralelo, os setores de planejamento e controle dos Grupos Logísticos analisam este esforço aéreo com foco no planejamento de manutenção das aeronaves, alocando quantas destas horas mensais cada aeronave deve voar. Este deve ser um trabalho conjunto entre as duas partes pois cada lado tem um objetivo em mente e os parâmetros utilizados afetam diretamente o planejamento alheio. Por exemplo, o esquadrão aéreo pode estar planejando voar muitas horas de voo em um mês em que a disponibilidade de aviões estaria reduzida no planejamento do GLOG.

Apesar não haver nenhuma norma na FAB regulando como deve ser a relação entre o PLACON do GLOG e o setor de operações durante as etapas do planejamento, em sua experiência na área o autor observou que os esquadrões empiricamente se aproximam da metodologia descrita, convergindo naturalmente para um planejamento conjunto das duas áreas. Devido as divergências de objetivo muitos atritos podem ocorrer quando o planejamento de manutenção e o planejamento operacional não é compartilhado.

O objetivo do setor de operações do esquadrão aéreo é proporcionar o melhor treinamento possível para os pilotos, consumindo totalmente o esforço aéreo disponibilizado, sem ultrapassá-lo, e visando uma distribuição adequada ao longo do ano (BRASIL, 2019). A distribuição das horas entre os meses é feita com base no tipo e na quantidade de voos que serão necessários em cada período. Um delineamento inicial é elaborado e disponibilizado para o PLACON do GLOG, que irá analisar as limitações logísticas. Após algumas iterações, os dois setores chegam a um consenso sobre a distribuição de horas ideal do ano. Com base na quantidade mensal é feito o planejamento da escala de voo diária que será abordada com mais detalhes em capítulo específico.

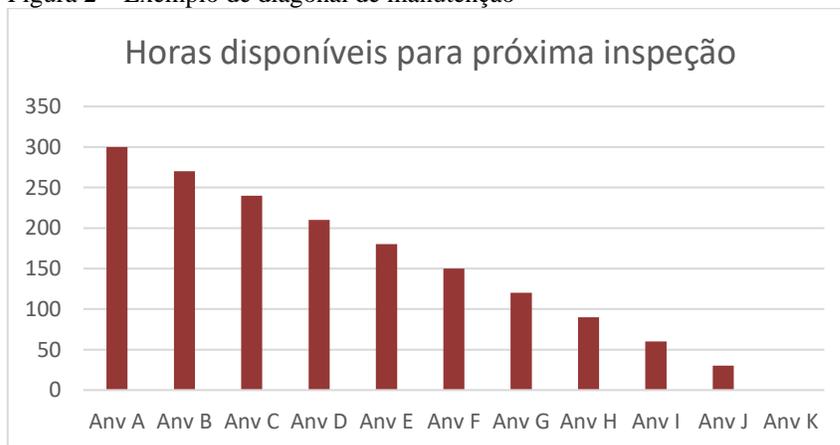
Figura 1 – Fluxograma do planejamento do esforço aéreo anual



Fonte: Autor, 2019

Muitos projetos de aeronaves necessitam de manutenção preventiva após uma certa quantidade de horas de voo ou a intervalos regulares de tempo. Estas inspeções periódicas possuem níveis diferentes, que demandarão uma quantidade maior ou menor de serviço. Depende do projeto e do tipo de operação, porém estes serviços podem durar de poucos dias a alguns meses demandando suprimento de reposição e bastante envolvimento de mantenedores. Desta forma, o objetivo do PLACON do GLOG é distribuir as horas entre as aeronaves não de forma equitativa, mas de forma que as horas disponíveis para a próxima inspeção programada sejam escalonadas de forma decrescente. Isto visa manter a maior quantidade de aeronaves disponíveis e otimizar o uso de mão de obra realizando o mínimo possível de inspeções simultaneamente. Esta metodologia é chamada de diagonal de manutenção (BRASIL, 2014, p. 377).

Figura 2 – Exemplo de diagonal de manutenção



Fonte: Autor, 2019

Nos dois planejamentos utiliza-se o conceito de Aeronaves Disponíveis por Dia (ADD), definido como a quantidade de aeronaves disponíveis para um Esquadrão Aéreo em um dia (BRASIL, 2019). Cada Esquadrão possui uma meta de ADD estabelecida pelo comando superior e o PLACON do GLOG a utiliza como objetivo a ser atingido, já o setor de operações do Esquadrão Aéreo utiliza o ADD como parâmetro básico para elaborar a escala de voo diária.

3 ESCALA DE VOO

A escala de voo diária dita a rotina de um esquadrão aéreo de caça. Todas as atividades dos pilotos e mantenedores são afetadas por ela. Além disso o seu cumprimento e acompanhamento cotidiano resume os planejamentos de operações e de manutenção.

A escala de voo é feita diariamente pelo setor de operações do Esquadrão Aéreo e define os voos do próximo dia útil, discriminando para cada voo o treinamento que será realizado e a duração do voo. Após o planejamento em conjunto, entre o GLOG e o Esquadrão Aéreo, do esforço aéreo que será voado mensalmente calcula-se quantas horas por dia útil são necessárias, e com base nisso é feita a escala de voo. Por exemplo, em um mês com 20 dias úteis e 150 horas planejadas para voar, espera-se voar 7,5 horas por dia de voo.

Porém, não se espera que toda a escala será concluída com sucesso. Há muitos fatores que podem afetar os voos causando um cancelamento da missão planejada ainda em solo, em procedimento de taxi, decolagem ou qualquer outra fase do voo anterior ao cumprimento dos objetivos da missão e que necessite de retorno imediato. As causas mais comuns de cancelamentos em esquadrões de caça são falha material e meteorologia. Estes cancelamentos são registrados em controle estatístico para auxiliar em planejamentos futuros. O conjunto de todos os voos escalados e voados com sucesso dividido pelo total de voos escalados em um período de tempo, pode ser considerada a despachabilidade de um Esquadrão Aéreo. No âmbito interno da FAB é utilizado o termo Probabilidade de Não Abortar (PNAB) para esta definição.

Desta forma, a escala sempre é feita com mais voos do que seriam estritamente necessários contando que alguns destes provavelmente não irão decolar, não há uma norma reguladora na FAB sobre como deve ser confeccionada a escala, assim a quantidade de voos excedente fica a critério do setor de operações.

Exceto quando os pilotos estão realizando treinamento de voo básico, os voos de caça envolvem mais de uma aeronave para o cumprimento da missão. A maior parte dos voos utiliza de duas a quatro aeronaves, mas existem treinamentos mais complexos que podem necessitar de uma quantidade maior. Cada avião escalado é chamado surtida, as surtidas decolando juntas para uma mesma missão compõem uma saída, e as saídas em que o intervalo de horário entre as decolagens não permita o reposicionamento das mesmas aeronaves compõem um bloco. Dependendo do tipo de missão que o setor de operações necessita escalar, da quantidade de aeronaves disponíveis e da quantidade de horas planejadas para o mês, são definidos os blocos, saídas e surtidas para o dia seguinte. Isto posto, normalmente as aeronaves disponíveis são engajadas em um bloco de saídas, e após o pouso são reabastecidas, podendo sofrer pequenos serviços de manutenção se necessário, e são reengajadas no próximo bloco.

O apoio logístico tem um papel crucial no cumprimento da escala. Em primeiro lugar o GLOG deve disponibilizar a quantidade de aeronaves necessária, também deve haver um mecânico de voo engajado para cada surtida do bloco e as panes que ocorrem durante o dia devem ser imediatamente avaliadas para que a aeronave volte para a linha de voo o mais rápido possível. Normalmente utiliza-se um número de aeronaves na escala menor que o total disponível, de forma que algumas aeronaves fiquem de reserva em caso de pane antes do voo.

Podemos inferir que estes dois fatores, apoio logístico e escala de voo, estão intimamente relacionados. Se a quantidade de surtidas em um mesmo bloco aumenta, será necessário um número maior de mecânicos acompanhando o voo, diminuindo a mão de obra para solucionar possíveis panes. Se o tempo entre blocos for reduzido, também é reduzido o tempo de reposicionamento da aeronave em caso de falhas, podendo causar um cancelamento no bloco seguinte, e se as panes não forem solucionadas no mesmo dia haverá menos aeronaves disponíveis para a próxima escala. Por

outro lado, se forem escalados poucos voos podem não ser atingidos os objetivos de treinamento e de consumo de horas de voo mensal, lembrando que sempre haverá alguma taxa de abortivas. Desta forma um equilíbrio deve ser buscado para uma solução ótima. Conforme cita Iakovidis (2005) em seu estudo sobre métodos de confecção de escala de voo para uma frota de F-16, no âmbito dos operadores daquela aeronave acredita-se que a escala de voo pode construir ou destruir o esforço de manutenção de uma Ala.

Quando um Esquadrão Aéreo começa a ficar atrasado na meta de cumprimento de esforço aéreo o setor de operações pode tender a escalar o máximo possível de voos para tentar alcançar a meta, tentando utilizar todos os aviões disponíveis, com o menor reposicionamento permitido e abrangendo toda a janela de voo. Porém, se houver um desequilíbrio no apoio logístico o efeito pode ser inverso. Em um projeto de aeronave com alta taxa de falhas, os mantenedores não têm tempo hábil para deixar as aeronaves novamente disponíveis antes que novas falhas ocorram. Em muitos casos o treinamento exige o uso de várias aeronaves em uma mesma saída, e se esse número não é atingido, ou esta saída é toda cancelada ou é realizado algum treinamento alternativo usando todas as aeronaves restantes. Normalmente, se o esquadrão está atrasado na meta, opta-se por esta última para não piorar o atraso, permanecendo com alta utilização mesmo quando há poucas aeronaves disponíveis.

Se esta situação se torna constante, o esquadrão não estará cumprindo o treinamento planejado. Porém, como o cumprimento da totalidade do esforço aéreo é uma obrigação, muitos esquadrões continuam tentando voar a todo custo. Um artifício utilizado, além de comprimir os tempos de reposicionamento, é aumentar a janela de voo, decolando mais cedo e voando até mais tarde, ou voar aos finais de semana. Mas como nestes horários não se tem uma equipe completa de manutenção para reparos pode-se diminuir a quantidade de aeronaves para o próximo dia útil, entrando em um ciclo vicioso. Segundo Iakovidis (2005), janela de voo é o período de tempo ao longo do dia em que podem ser conduzidas as operações aéreas de um Esquadrão. A extensão da janela de voo determina a eficácia em realizar reparos de uma manutenção com expediente fixo, quanto menor a janela de voo mais tempo a equipe de manutenção tem para fazer o seu trabalho.

Conforme a frota de aeronaves fica mais antiga, a tendência é que a quantidade de falhas aumente e que seja necessário mais tempo de serviço para os reparos. Blanchard (2003) define este aumento na taxa de falhas ao longo do tempo como o período de desgaste dos equipamentos. Giles (2009) cita em seu artigo a diminuição da confiabilidade da frota americana de caças F-15 devido ao desgaste por estarem com uma média acima de 25 anos em serviço. No panorama atual da FAB, alguns projetos de aeronaves, chegam a ter em média 40 anos de serviço, como o F-5 que foi implantado na FAB em 1975.

Com base nos cancelamentos os esquadrões elaboram a probabilidade de não abortar (PNAB), que resumidamente seria a probabilidade de sucesso dos voos escalados. Em alguns projetos mais antigos a PNAB pode variar de 40% a 50% nos voos de treinamento em sede. Logicamente poderíamos inferir que isso acontece pela alta taxa de falha devido à idade do equipamento. Porém, quando estas aeronaves são empregadas em algum exercício operacional ou de treinamento, a PNAB sobe drasticamente, normalmente ficando acima de 90%, mesmo quando operando em outra localidade sem todo apoio de mantenedores e de suprimento ideal. O diferencial é que nestas situações a utilização das aeronaves se restringe somente ao necessário para o exercício. Apesar de utilizar muitas aeronaves em um mesmo bloco sempre são deixadas aeronaves em reserva, à tarde há menos surtidas que de manhã e o tempo de reposicionamento é elevado, não passando de três blocos em toda a janela de voo.

Não é trivial responder qual seria o equilíbrio ideal entre quantas surtidas devem ser escaladas com base no número de aeronaves disponíveis e no objetivo a ser cumprido. Desta forma

este trabalho pretende sugerir um modelo de simulação para observar os efeitos que os parâmetros utilizados na escala têm na disponibilidade logística e nos objetivos a serem atingidos.

4 ESTRUTURA DA FAB

Na organização da Força Aérea, as Alas são organizações dispostas estrategicamente no território responsáveis por realizar o preparo dos Esquadrões Aéreos, prover o adequado apoio logístico e garantir a segurança e defesa de suas instalações. Nesta missão estão subordinadas aos grandes comandos em Brasília, seguindo as diretrizes do Comando de Preparo (COMPREP) e adjudicando os meios aéreos para emprego conforme demanda do Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE). (COMAER, 2016)

Os Esquadrões Aéreos de Caça utilizam as aeronaves F-5, A-1 e A-29 e estão distribuídos nas Alas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 e 12. O principal vetor de defesa aérea brasileiro, até a chegada das novas aeronaves F-39 Gripen, é a aeronave F-5M. Os primeiros F-5 foram implantados na FAB em 1975, porém os equipamentos atuais passaram por um processo de modernização de sistemas na EMBRAER. Apesar da atualização a célula e os sistemas básicos do avião possuem uma idade avançada.

Figura 3 – Estrutura Operacional da FAB



Fonte: FAB, 2019

Dentro da estrutura das Alas, os Grupos Logísticos (GLOG) são incumbidos de prover o apoio logístico de manutenção e de suprimento aos Esquadrões Aéreos.

5 MANUTENÇÃO

Manutenção pode ser resumida como todas as ações necessárias para se manter um sistema ou produto em, ou restaurá-lo às condições de operação para a qual ele foi projetado, podendo ser dividida em corretiva ou preventiva (Blanchard,2003).

Manutenção Preventiva, pode também ser chamada de manutenção programada, garante que o sistema mantenha seu nível de funcionamento através da prevenção de falhas. São realizadas em intervalos definidos pelo fabricante ou por publicações do Comando da Aeronáutica. Geralmente está associada a serviços de lubrificação, substituição de itens que estão próximos ao tempo limite da vida útil ou sofreram um desgaste, além de pequenos ajustes e calibrações. Manutenção Corretiva ocorre após a ocorrência ou detecção de uma falha inesperada, com o intuito de restabelecer o funcionamento de um sistema. Esse tipo de intervenção também pode ser chamada de manutenção não programada e ocorre somente depois que uma falha foi identificada ou quando existe uma suspeita de falha em algum componente da aeronave. Os serviços de manutenção corretiva geralmente estão relacionados às substituições ou reparos dos itens defeituosos (BRASIL, 2014, p. 19).

6 SIMULAÇÃO

Segundo Belfiore e Fávero (2013):

A simulação é uma técnica numérica que estuda o comportamento de sistemas reais por meio de modelos. Permite a comparação de diversos cenários, de forma a orientar o processo de tomada de decisão por meio da análise de como as variações nos parâmetros de entrada afetam as variáveis de saída. A simulação tem sido bastante utilizada para a solução de problemas onerosos e complexos, difíceis de serem resolvidos por meio de experimentos ou métodos analíticos.

Segundo Rosseti (2016), um modelo de simulação de um sistema tenta representar ou imitar as qualidades pertinentes do sistema. Quando se tem confiança na simulação, pode-se utiliza-la para inferir como o sistema real se comportaria. Sistemas reais são complexos, e uma simulação, por maior que sejam o tempo e a tecnologia disponíveis, não será completamente fiel à realidade. Porém, é possível utilizar as características relevantes de um sistema para formular um modelo de simulação com objetivos específicos.

Matilla (2003) apresentou um modelo de simulação por eventos discretos para analisar o comportamento de uma frota de aeronaves F-18 Hornet e Mk 51 Hawk da Força Aérea Finlandesa, com foco na manutenção. Utilizando o software Arena, descreveu o processo de voo com as falhas de aeronaves e diferentes tipos de manutenção em diversas situações, considerando operação em condições normais e em um possível conflito com diferentes etapas.

Em seu estudo Johansson (2013) validou o software SIMLOX como uma ferramenta de simulação para plantas de energia eólica. Segundo o autor este software desenvolvido pela empresa Systecon é uma ferramenta de suporte avançada e versátil de simulação de sistemas logísticos e já consagrada na simulação de sistemas técnicos como trens, aeronaves militares de caça, helicópteros, etc. O SIMLOX é utilizado para análises avançadas de como a performance de um sistema técnico varia através do tempo dados diferentes cenários operacionais e de suporte logístico.

7 MATERIAL E MÉTODO

Conforme relatado na introdução sobre o objetivo deste trabalho, pretende-se realizar uma simulação de diferentes metodologias de confecção de escalas de voo para aeronaves de caça. A simulação será realizada através do software SIMLOX, da empresa Systecon.

Este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa exploratória, pois, segundo Gil (2002, p. 41), "Estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses". As pesquisas exploratórias são caracterizadas pela revisão da literatura e análises de exemplos que facilitem o entendimento do problema (Id, 2002)

Quanto aos procedimentos esta pesquisa pode ser considerada experimental pois segundo Gil (2002, p. 48) este modelo de pesquisa "Consiste essencialmente em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto".

Seguindo os relatos observados nos artigos da revisão bibliográfica e pela experiência do autor como piloto e como gerente de manutenção serão elaborados os modelos de escala a serem simulados e os resultados obtidos serão avaliados de forma quantitativa.

8 ESTUDOS

Neste tópico serão abordados alguns trabalhos relacionados com o planejamento de manutenção e com a taxa de utilização dos sistemas.

Cho (2011) propôs em sua tese a utilização de um modelo de programação linear mista para otimizar o planejamento de manutenção para aeronaves de caça na Força Aérea dos Estados Unidos (USAF).

Introduzindo o seu trabalho, Cho descreve a confecção do plano de voo de longo prazo que, baseado no esforço aéreo anual, define quantas surtidas serão necessárias ao longo do ano. Nesta fase ressalta que para um plano factível deve haver uma interação bem próxima entre o setor de operações e o setor de planejamento da manutenção, equilibrando a necessidade operacional com as capacidades logísticas. Apesar do plano de voo ser baseado no total de horas de voo que devem ser voadas, utiliza-se a quantidade de surtidas através da duração média dos voos. Também são utilizadas taxas de atrito para a escala que são baseadas no histórico de abortivas por falhas mecânicas e por meteorologia.

A partir do plano de voo de longo prazo é gerada uma escala de voo detalhada, com as surtidas em cada dia calendário. Cho cita algumas técnicas que são comumente utilizadas na USAF para a confecção da escala. Como escalar menos surtidas à tarde do que de manhã, pois é provável que alguma aeronave quebre durante o dia. Na mesma linha de pensamento são escaladas menos surtidas na segunda metade da semana, pois a disponibilidade de aeronaves será provavelmente menor devido a panes. A escala também é planejada somente para os dias úteis, ocorrendo em raríssimas ocasiões voo aos finais de semana ou feriados.

Giles (2009), ao apresentar seus estudos sobre o impacto de taxas de atrito planejadas nas Alas de bombardeiros da Força Aérea dos Estados Unidos, ressalta que os manuais da USAF definem o equilíbrio entre saúde da frota de aeronaves e o sucesso no cumprimento da escala de voo como a parte mais exigente do trabalho do líder de manutenção.

No desenvolvimento demonstra que o uso de taxas de atrito para atingir os objetivos mensais de voo é regulado por manuais da Força Aérea. Assim utiliza-se a taxa histórica de abortiva

para incrementar a escala de voo. Porém, Giles ressalta um risco na utilização deste método. Ao escalar mais voos devido a taxa de atrito histórica, a taxa de utilização das aeronaves será maior, o que diminuirá os tempos para manutenção. Um menor tempo para manutenção reduz a qualidade e confiabilidade da frota, que poderá levar a mais cancelamentos de voos. Com mais abortivas será gerada uma taxa de atrito ainda maior chegando a um ciclo vicioso.

Também destaca que as taxas de atrito não podem ser usadas indiscriminadamente, uma unidade ao utilizar uma taxa de atrito muito alta pode estar mascarando um problema sistemático de manutenção, como falta de mão de obra, longo tempo de reposição de suprimento e etc. Uma unidade apresentar uma alta taxa de atrito historicamente não é necessariamente aceitável.

Uma comparação interessante realizada por Giles é que quando uma unidade está em operação real raramente perde uma surtida, porém esta mesma unidade pode chegar a ter 20% de cancelamentos quando treinando em sede. Uma provável contribuição para este fenômeno é que, quando se está em operação real, as unidades escalam estritamente os voos previstos nas ordens de tarefa aérea, que normalmente têm uma taxa de utilização constante e alcançável, mas quando treinando em sede as lideranças não enxergam toda surtida como crítica, aumentando a utilização e aceitando saídas canceladas. Este aumento de cancelamentos aumenta a demanda de manutenção para recuperação das aeronaves, e pode levar a mais cancelamentos devido à falta de mão de obra.

No estudo de Iakovidis (2005) foram simuladas formas diferentes de se estruturar uma escala de voo com o objetivo de avaliar qual tipo teria o melhor desempenho em manter uma frota de F-16 saudável no longo prazo. Para iniciar sua tese o autor enfrentou alguns desafios iniciais, pois não havia uma literatura específica do assunto, tampouco um consenso entre os operadores da aeronave sobre as melhores formas de se elaborar uma escala de voo.

Inicialmente teve que levantar quais seriam as filosofias de confecção de escala possíveis, quais as métricas que a USAF utiliza para avaliar a produção de surtidas, como o uso das diferentes filosofias afetariam a saúde da frota e se haveria evidência estatística para comparação entre as escalas avaliadas.

Através de uma pesquisa bibliográfica e um estudo com método Delphi foram escolhidos os tipos de escalas e métricas para avaliação, e através do software Arena o autor conseguiu simular as diferentes filosofias de confecção de escala.

Em sua conclusão o autor sugere a utilização de um método que utiliza três blocos de decolagens de segunda a quinta e somente um bloco na sexta feira. Esta filosofia teve um melhor desempenho que as demais e apresentou menor sensibilidade quando sujeito a variação na quantidade de surtidas e no tempo de reposicionamento entre pousos e decolagens.

Spencer (2009) estudou o contexto difícil em que se encontrava a Força Aérea Americana no período do artigo, com preços de energia em alta, uma frota de aeronaves envelhecendo, dificuldades de novos investimentos e um orçamento para defesa estrangulado. Neste cenário desafiador em que os indicadores logísticos estavam em alerta sugeriu algumas opções que poderiam reduzir o stress da frota.

Considerando as surtidas como preciosas, as Alas deveriam tentar aproveitar melhor cada voo reduzindo a quantidade geral de surtidas, já que em uma frota antiga e reduzida as saídas se tornam cada vez mais difíceis e caras de serem produzidas.

Também sugeriu uma interpretação diferente em relação ao esforço aéreo anual. Ao receber o esforço aéreo oficial dos comandos superiores a Ala assume um compromisso de cumprir integralmente aquele esforço. Não voar integralmente esta métrica é vista muito negativamente. Desta forma, nenhum líder de Ala deseja ter que explicar uma falha em cumprir o esforço aéreo que lhe foi alocado. Consequentemente ao perceber atrasos no planejamento, os líderes tentam alcançar aumentando os voos, porém ao estressar uma frota de aeronaves antiga e reduzida os

indicadores logísticos despencam, resultando em maiores dificuldades. Spencer ressalta que o progresso do cumprimento do esforço aéreo não reflete diretamente o treinamento das equipagens, voar pode acabar virando um fim em si mesmo, em vez de um meio para manter a competência dos tripulantes

Assim, Spencer sugeriu aos líderes de Ala a não se concentrarem no cumprimento da métrica de esforço aéreo, mas sim no treinamento adequado dos pilotos. Mesmo que isso signifique não cumprir as horas previstas para o ano. Porém, este comportamento necessitaria de um apoio do alto comando da USAF, pois não cumprir as métricas significa não executar orçamentos já autorizados, o que pode causar problemas em qualquer órgão federal.

9 RESULTADO E DISCUSSÃO

9.1 MODELO DE SIMULAÇÃO

Conforme explanado anteriormente, após a revisão bibliográfica sobre o assunto o objetivo do trabalho é utilizar a simulação para analisar como os parâmetros utilizados na confecção de uma escala de voo podem afetar os indicadores logísticos e os objetivos operacionais. Desta forma pretende-se conscientizar os planejadores sobre a importância do fator logístico no planejamento operacional.

Através do Software SIMLOX (versão 2019) foram simuladas duas Alas, cada uma sediando um esquadrão aéreo operador de uma aeronave fictícia, F-Y, e os operadores possuirão cinco aviões como meta de ADD. A aeronave foi modelada tomando como base a taxa de falhas observada no 1º Grupo de Aviação de Caça (1º GAVCA), esquadrão operador de F-5M sediado na Ala 12, Rio de Janeiro – RJ, durante o ano de 2016. Foram filtradas por tipo as Fichas de Coleta de Dados de Defeito (FCDD) e os resultados por oficina de reparo foram divididos pelo total de horas voadas. O ano de 2016 foi escolhido devido à abrangência de dados disponíveis. Os tempos médios de reparo foram baseados em um questionário realizado entre os mantenedores do mesmo Esquadrão, e os resultados compilados foram utilizados para estimar o tempo de reparo de cada oficina.

Figura 4 – Quantidade de falhas e taxa de falhas por oficina do 1º GAVCA no ano de 2016

			Horas de voo no ano	1454
Oficina	Falhas	Porcentagem	Taxa falha (Falhas/Hora)	Taxa falha (Falhas/MOPIDs)
MOT	108	13%	0.074277854	74277.8542
HID	98	12%	0.067400275	67400.2751
ELE	177	21%	0.12173315	121733.1499
CEL	70	8%	0.048143054	48143.05365
AVI	272	33%	0.187070151	187070.1513
EST	71	9%	0.048830812	48830.81155
ARM	36	4%	0.024759285	24759.28473
Total	832	-	0.57221458	572214.5805

Fonte: Autor, 2019

A aeronave foi dividida em 7 sistemas sujeitos a falha por hora de operação e foi utilizada uma distribuição triangular de probabilidades para o tempo de reparo médio das falhas. A

distribuição triangular possui um limite inferior e um limite superior definidos por PARAM1 e PARAM3 na tabela, e é mais provável que assuma um valor em torno da moda, definida por PARAM2.

Figura 5 – Tempos de reparo dos sistemas do projeto F-Y

	DISTID	PFAC	BASED	PARAM1	PARAM2	PARAM3
	Distribution identifier	Probability factor <1.000>	Base time distribution	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3
1	ENGINE		<TRIANG>	1.500	4.000	16.000
2	HIDRAULICS		<TRIANG>	1.000	3.000	8.000
3	ELETRIC		<TRIANG>	0.500	2.500	8.000
4	CELL		<TRIANG>	1.000	3.000	8.000
5	AVIONICS		<TRIANG>	0.500	1.500	8.000
6	STRUCTURE		<TRIANG>	0.500	2.000	16.000
7	ARMAMENT		<TRIANG>	0.500	1.500	4.000

Fonte: Autor, 2019

Não foram utilizadas no modelo paradas para inspeções programadas ou por falta de suprimento, foi considerado que através da meta de cinco aeronaves por dia disponíveis para o voo o esquadrão pode ter mais aeronaves em inspeção ou paradas por falta de suprimento e as utilizam para manter esta meta.

Foram considerados 20 dias úteis no planejamento mensal e foi utilizada uma janela de 9:00h às 21:00h para os trabalhos de manutenção. Para a preparação das aeronaves foi considerado que após o pouso a aeronave necessita de 30 minutos de serviço para reabastecimento e preparação da aeronave, e que a aeronave deve estar pronta 45 minutos antes do horário previsto de decolagem para os procedimentos de partida e taxi.

Foi simulado que as duas Alas deveriam cumprir 180h de esforço aéreo no período de um mês de acordo com a escala de voo abaixo, assim seriam necessárias 9h de voo por dia para atingir o objetivo. Na Ala 1 foi utilizado um fator de correção para os cancelamentos de 20% para a meta da escala de voo diária enquanto na Ala 2 o fator utilizado foi de 100%.

Figura 6 – Escalas de voo

ALA 1				ALA 2			
Horario	Qtd de anvs	Min de Anvs	Tempo de voo	Horario	Qtd de anvs	Min de Anvs	Tempo de voo
9:00	4	3	1:00:00	9:00	5	4	1:00:00
14:00	4	3	1:00:00	12:00	4	3	1:00:00
18:00	2	2	1:30:00	15:00	5	4	1:00:00
Tempo total			11:00:00	18:00	3	3	1:00:00
				Tempo total			17:00:00

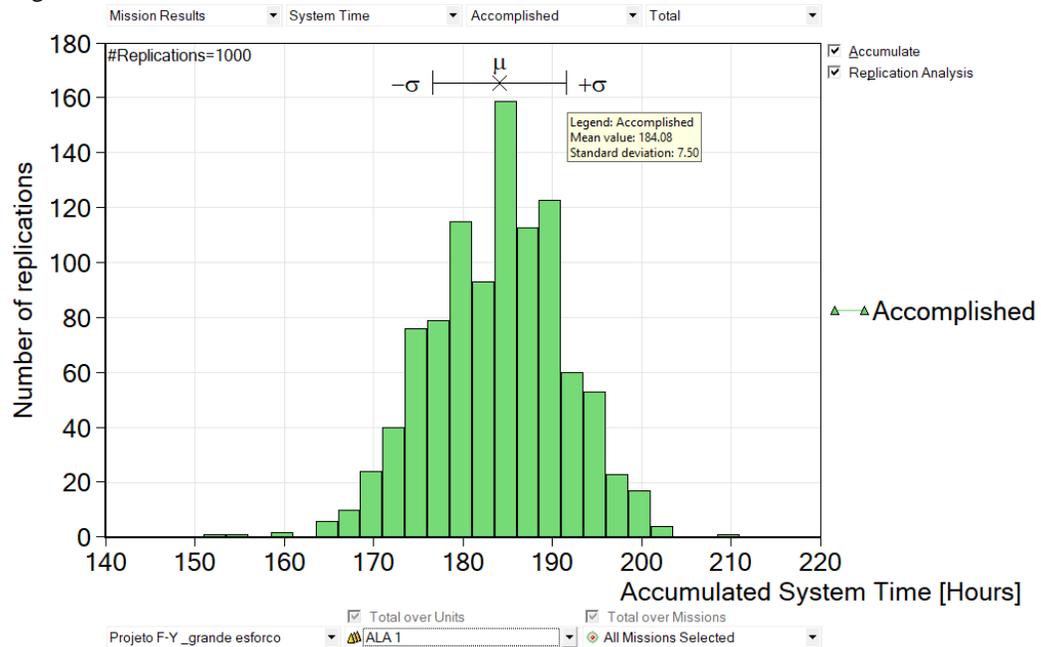
Fonte: Autor, 2019

Foi considerado que as aeronaves ao sofrer falhas em voo iriam completar a missão, realizando o tempo de voo previsto apesar da falha.

9.2 RESULTADOS

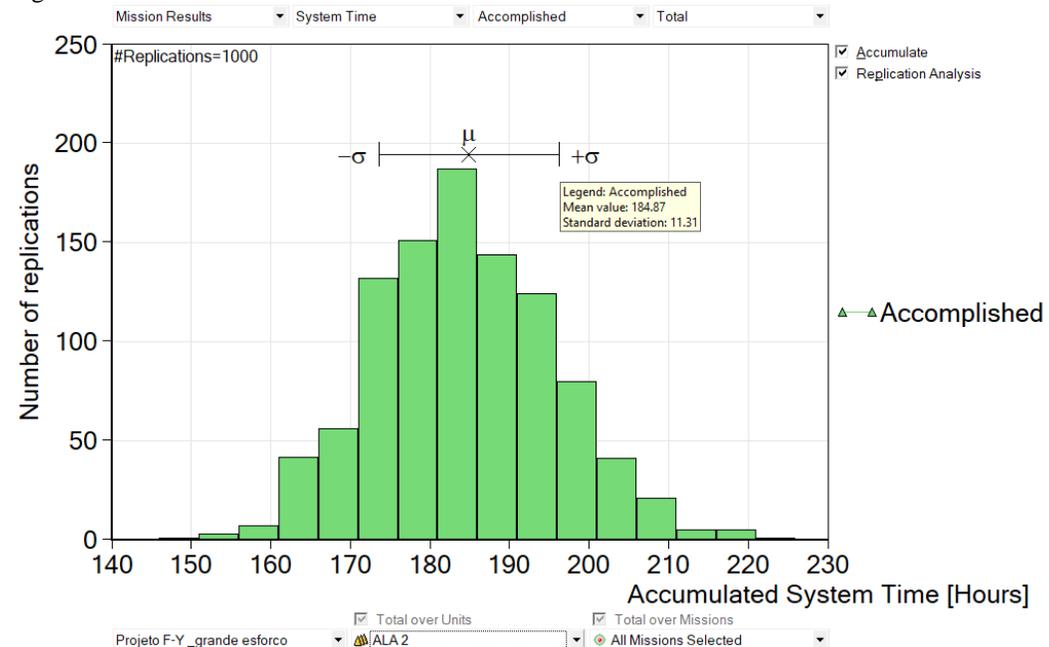
O período de simulação foi replicado 1000 vezes, sendo observado que o valor médio das duas Alas atingiu a meta de 180 horas e com um desvio padrão próximo do objetivo. A Ala 1 realizou em média 184,08 horas de voo no mês com um desvio padrão de 7,5 horas e a Ala 2 realizou em média 184,87 horas de voo no mês com um desvio padrão de 11,31 horas.

Figura 7 – Resultado horas de voo – Ala 1



Fonte: Autor, 2019

Figura 8 – Resultado horas de voo – Ala 2

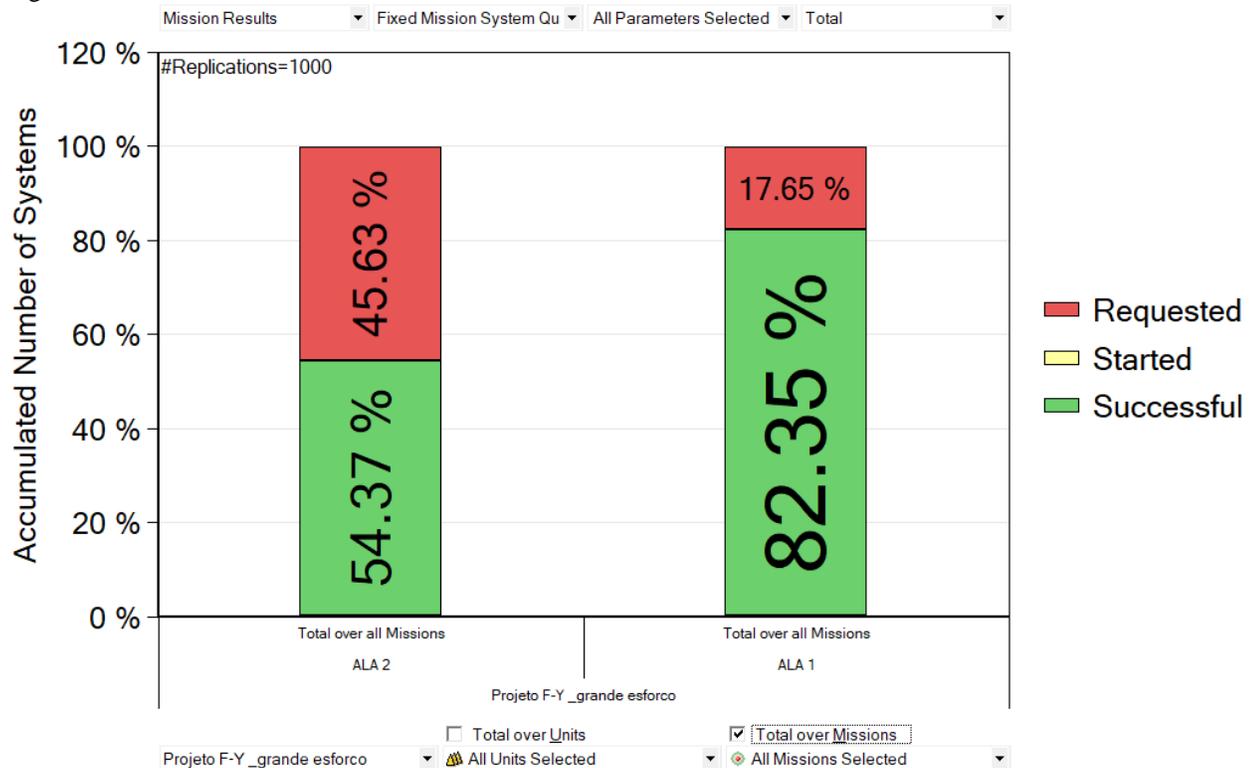


Fonte: Autor, 2019

Pela análise dos gráficos, em 742 replicações de 1000 a Ala 1 consumiu entre 176 horas e 193,5 horas e a Ala 2 consumiu em 738 das 1000 replicações entre 171 horas e 196 horas.

Apesar dos resultados de consumo de horas de voo no mês terem sido similares, a Ala 2 teve mais cancelamentos que a Ala 1. Indicando que mais voos foram escalados e, por não ter a quantidade de aeronaves necessárias para a missão na hora programada, muitos voos foram cancelados. As figuras abaixo são um extrato de uma das replicações simuladas.

Figura 9 – Missões realizadas com sucesso.



Fonte: Autor, 2019

Observa-se que neste extrato a Ala 1 teve 17,65% de missões canceladas e a Ala 2 teve 45,63% de cancelamentos. Podemos exemplificar dois casos desta simulação. Uma Ala por ter um alto histórico de cancelamentos pode estar escalando demasiadamente devido a este índice, mas caso reduzisse a correção utilizada atingiria resultados similares com menos esforço. Ou uma Ala pode ter um objetivo de voo que é incompatível com sua disponibilidade logística, e por mais que tente aumentar o consumo de esforço aéreo escalando mais voos encontra resultados limitados.

9.3 LIMITAÇÕES

Foram utilizados dois modelos de escalas elaborados pelo autor com foco somente na utilização diferenciada, sem alterar a janela de voo e o expediente. A quantidade de blocos e surtidas a serem usadas na confecção da escala de voo devem atingir objetivos específicos do esquadrão em um período planejado de tempo e não entraram no escopo deste trabalho.

No modelo as necessidades de suprimento e de recursos humanos não foram limitadoras dos serviços de manutenção, estas considerações podem ser utilizadas em um estudo mais elaborado para um projeto específico. As taxas de falhas e tempos de reparo também foram

aproximados para este modelo de aeronave genérico. Para utilização em um projeto específico é necessário um estudo mais aprofundado sobre essas variáveis. A simulação pode ser tão fidedigna e tão complexa quanto a disponibilidade e confiabilidade dos dados de entrada.

O autor focou a análise dos resultados na quantidade de horas de voo cumpridas no mês e na porcentagem de cancelamentos. Para pesquisas futuras sugere-se a análise de outros fatores que podem ser avaliados pelo software SIMLOX, como a quantidade de missões realizadas com sucesso no foco operacional, a disponibilidade das aeronaves, o tempo médio de indisponibilidade por falta de suprimento, análise de quais itens de giro tem maior impacto na disponibilidade, quantidade de sistemas necessários para cumprir um determinado esforço aéreo ou conjunto de missões e possíveis gargalos nas oficinas de manutenção.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi analisar o impacto dos parâmetros de utilização de aeronaves de caça na disponibilidade logística e nos objetivos operacionais. Desta forma, foi realizada uma revisão bibliográfica com estudos sobre o assunto e foi utilizada uma ferramenta de simulação em um estudo de caso.

Observou-se através dos resultados que a Ala que utilizou os sistemas disponíveis de forma mais intensa, com um fator de correção de 100% para os cancelamentos, mesmo tendo mais voos escalados por dia voou uma quantidade de horas totais no mês similar à da outra Ala simulada, que utilizou um fator de correção de somente 20%.

Apesar de ambas as Alas terem atingido o objetivo na simulação, em relação ao quantitativo de horas de voo planejado no mês, a Ala 2 necessitou empregar um esforço muito maior para isto, que pode ser observado pelo alto índice de cancelamentos. Para cada voo escalado há um grande comprometimento e esforço despendido por mecânicos e pilotos para tentar cumprir aquela missão, este esforço é perdido com a frustração de um cancelamento de voo e gera um desperdício dos recursos humanos e materiais envolvidos.

Como a janela de voo e o expediente dos serviços de manutenção eram fixos no caso analisado, os atores principais da simulação foram a taxa de falha e o tempo de reparo dos itens. Na Ala em que houve um aumento demasiado na utilização o tempo entre voos teve de ser reduzido, e conforme as falhas ocorriam os equipamentos não conseguiram ser restabelecidos a tempo dos próximos voos, elevando a taxa de cancelamentos.

Demonstrou-se ao longo do trabalho a importância de um Esquadrão Aéreo possuir uma interação estreita entre as atividades de planejamento de manutenção e de planejamento operacional, de forma que sejam atingidos os objetivos logísticos e operacionais com uma utilização ótima dos recursos.

A simulação de uma rotina de voo é um assunto demasiadamente complexo, com muitas variáveis inter-relacionadas, isto muitas vezes leva os responsáveis pelo planejamento a trabalhar empiricamente através de tentativas e erros. Porém, foi demonstrado que há ferramentas adequadas que facilitam esta empreitada, como o Software SIMLOX utilizado neste estudo, capaz de gerar simulações através de uma interface amigável, possibilita planejar a um altíssimo nível de detalhes operacionais e de manutenção que vão além dos objetivos deste artigo.

Este estudo se limitou a incentivar a discussão sobre a relação entre a utilização operacional e as capacidades logísticas de um Esquadrão Aéreo que muitas vezes é preterida nos planejamentos

devido a suas nuances e complexidades. Normalmente os responsáveis pelo planejamento de alto nível concentram-se na cadeia logística, tentando buscar um nível de suprimento adequado capaz de suportar a quantidade de horas de voo contratadas. Mas com as ferramentas adequadas o nível de planejamento pode ser elevado, observando como o equipamento vai se comportar no ritmo de voo planejado e quais são os gargalos que podem ser aprimorados para aumentar a eficiência do Esquadrão Aéreo.

Por fim, a discussão iniciada neste artigo pode contribuir para o início de estudos mais avançados envolvendo a ferramenta de simulação na Força Aérea Brasileira. Uma organização que está passando por um processo de transformação e modernização, e que almeja equilibrar os recursos humanos e materiais em suas organizações (BRASIL, 2016), deve aprofundar os planejamentos em seus novos projetos, integrando ao planejamento operacional e de manutenção a rotina diária de utilização das aeronaves para melhor avaliar e otimizar o desempenho de seus sistemas.

REFERÊNCIAS

BELFIORE, Patrícia; FÁVERO, Luiz Paulo. **Pesquisa Operacional Para Cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BLANCHARD, Benjamin S. **Logistics Engineering and Management**. 6. ed. Harlow: Pearson, 2003.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. **DCA 2-1 Doutrina Logística da Aeronáutica**. Brasília, DF, 2003

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. **DCA 11- 45 Concepção Estratégica Força Aérea 100**. Brasília, DF, 2016.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. **ICA 55 - 87 Programa de Atividades Operacionais do COMPREP**. Brasília, DF, 2019.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. **MCA 66 - 7 Manual de Manutenção Doutrina, Processos e Documentação de Manutenção**. Brasília, DF, 2014.

COMAER. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. **DCA 11 - 63 Diretriz de Implantação das Alas no Força Aérea Brasileira**. Brasília, DF, 2016.

COMAER. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. **ICA 66 - 31 Parâmetros Básicos das Inspeções Programadas das Aeronaves da FAB**. Brasília, DF, 2014.

CHO, Philip Y. **Optimal Scheduling of Fighter Aircraft Maintenance**. 2011. 106f. Thesis (M. Sc. in Operations Research) - Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA.

FAB, Força Aérea Brasileira. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/organizacoes>>. Acesso em 17 de dez. de 2019.

GILES, Craig M. **Impact of Scheduled Attrition Rates on Meeting Monthly Sortie Goals in United States Air Force Bomb Wings**. 2009. 90f. A thesis presented to the Faculty of the U.S. Army Command and General Staff College in partial fulfillment of the requirements for the degree MASTER OF MILITARY ART AND SCIENCE General Studies, U.S. Army Command and General Staff College, Fort Leavenworth, KS, 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

IAKOVIDIS, Konstantinos. **Comparing F-16 Maintenance Scheduling Philosophies**. 2005. 401f. Thesis Presented to the Faculty Department of Operational Sciences Graduate School of Engineering and Management Air Force Institute of Technology Air University Air Education and Training Command In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Logistics Management, AFIT/EN, WPAFB, OH, 2005

JOHANSSON, Jeff. **Operational Validation of SIMLOX as a Simulation Tool for Wind Energy Operations and Maintenance (O&M)**. 2013. 76f. Master of Science Thesis. School of Industrial Engineering and Management, 2013.

MATILLA, Ville. VIRTANEN, Kai. **Simulation Model for Aircraft Maintenance in an Uncertain Operational Environment**. 2003. 6f. Proceedings 17th European Simulation Multiconference 2003, Systems Analysis Laboratory Helsinki University of Technology, Finland, 2003.

MATILLA, Ville. VIRTANEN, Kai. **Improving Maintenance Decision Making in the Finnish Air Force Through Simulation**. Interfaces 38(3), pp. 187–201, ©2008 INFORMS. Systems Analysis Laboratory Helsinki University of Technology, Finland, 2008

ROSSETTI, Manuel D. **Simulation Modeling and Arena®, Second Edition**. 2016. John Wiley & Sons, Inc. Published 2016 by John Wiley & Sons, Inc. 2016

SILVA, Jardel Figueira. **Aplicação de Algoritmo Genético e Programação de Metas no Problema de Planejamento de Manutenção de Aeronaves Militares**. 2018. 95f. Dissertação (Mestrado em Gestão Tecnológica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

SPENCER, Benjamin W. **The Precious Sortie: The United States Air Force at the Intersection of Rising Energy Prices, an Aging Fleet, a Struggling Recapitalization Effort, and Stressed Defense Budgets**. 2009. 33f. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of military studies, Marine Corps War College, Quantico, VA, 2009.