



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3º/2024

PAULO AUGUSTO **TOSTES** JUNIOR, Cap Eng

Autorrotação: aprimoramento da doutrina de treinamento com vistas à segurança de voo

Rio de Janeiro

2024

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3º/2024

PAULO AUGUSTO TOSTES JUNIOR, Cap Eng

Autorrotação: aprimoramento da doutrina de treinamento com vistas à segurança de voo

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Ciência, Tecnologia e Inovação.

Orientador: Edivaldo Pires de Figueiredo, Ten Cel Esp Sup Tec.

Rio de Janeiro

2024

PAULO AUGUSTO TOSTES JUNIOR, Cap Eng

Autorrotação: aprimoramento da doutrina de treinamento com vistas à segurança de voo

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Escola
de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

Presidente, Edivaldo Pires de Figueiredo, Ten Cel Esp Sup Tec - EAOAR

Rafael de Lima Santana, Maj Inf - EAOAR

Rio de Janeiro

2024

RESUMO

O treinamento de autorrotação realizado nas aeronaves H-50 sem a redução do fluxo de combustível oculta os sinais de falha do motor; encobre a importância do piloto reagir em tempo hábil para evitar a queda de rotação da aeronave; e fornece um treinamento negativo aos pilotos em relação ao controle da rotação do rotor principal (NR). Devido à necessidade de pronta-resposta e do aumento na qualidade das ações do piloto a uma falha de motor, este trabalho defendeu a implantação da doutrina do treinamento de autorrotação nas novas aeronaves H125 com a redução do fluxo de combustível do helicóptero. O primeiro argumento sustentou que a pronta-resposta está relacionada com o reconhecimento da falha do motor e o tempo de reação do piloto, sendo possível diminuí-lo por meio de treinamento adequado. O segundo argumento apontou que a qualidade da resposta do piloto nos procedimentos de autorrotação será aperfeiçoada ao reduzir a diferença existente entre o treinamento que os pilotos de helicópteros da FAB estão acostumados e a realização de uma autorrotação com redução do combustível (próxima a uma condição real de falha do motor). Assim, a tese traz a necessidade de criar uma doutrina de treinamento de autorrotação almejando a redução de acidentes aéreos, o que reduziria a perda de vidas, evitaria o sentimento de desconfiança da sociedade nas Forças Armadas em gerir operações aéreas e diminuiria o impacto econômico presente nesses acidentes. Além disso, essa doutrina poderá ser implantada na Marinha do Brasil que também está adquirindo as aeronaves H125.

Palavras-chave: treinamento; autorrotação; pronta-resposta; qualidade da resposta.

1 INTRODUÇÃO

A Força Aérea Brasileira (FAB) tem como missão “Manter a soberania do espaço aéreo e integrar o território nacional, com vistas à defesa da pátria” (Brasil, 2020, p. 7). Para cumprir sua missão, a FAB conta com o apoio de diversos projetos que incluem aeronaves de asa fixa e asas rotativas. A formação dos pilotos de helicópteros que atuarão nas Tarefas e Ações de Força Aérea conta com o apoio do 1º/11º Grupo de Aviação (GAv) – Esquadrão "Gavião" – que tem como missão promover a especialização operacional dos pilotos da Aviação de Asas Rotativas da FAB com o emprego das aeronaves monomotores H-50 “Esquilo”.

Todo helicóptero é suscetível à falha de motor, porém a situação torna-se mais crítica em aeronaves monomotores. Nesses casos é necessária a ação do piloto nos comandos de voo para controlar a aeronave, entrar em autorrotação¹, estabilizar a aeronave no voo autorrotativo e realizar o *flare* (manobra com a finalidade de reduzir a velocidade e amortecer o toque da aeronave ao solo), seguido pelo pouso. Para que essa tarefa seja realizada com sucesso, o Esquadrão "Gavião" realiza o treinamento desse procedimento sem a redução do fluxo de combustível das aeronaves H-50 “Esquilo”. Isto é, caso o piloto atue no comando coletivo, o motor fornecerá potência a aeronave, condição diversa da que ocorre em uma falha real de motor.

Com vistas a modernizar sua frota de helicópteros para instrução básica, a FAB está em processo de substituição dos H-50 por aeronaves H125. Essas novas aeronaves possibilitam o desenvolvimento da doutrina de um treinamento de autorrotação com redução do fluxo de combustível (doutrina inexistente atualmente devido à proibição pelo fabricante da aeronave da realização da redução do fluxo de combustível por pilotos operacionais do Esquadrão “Gavião” nas aeronaves H-50), proporcionando maior habilidade em conduzir os voos com segurança, incluindo a capacidade de executar com sucesso um pouso com falha do motor.

Dessa forma, este ensaio defende a ideia da implantação da doutrina do treinamento de autorrotação nas aeronaves H125 com a redução do fluxo de combustível do helicóptero.

A pronta-resposta devido à habilidade desenvolvida no treinamento com redução do fluxo de combustível será aprimorada, aumentando as chances dos pilotos do 1º/11º GAv sobreviverem a uma falha de motor real. Os sinais de falha do motor, bem como o tempo de reação do piloto (tempo entre o reconhecimento da falha e a ação no primeiro comando para

¹ “Autorrotação é a manobra utilizada como meio de garantir a recuperação do voo seguro, em caso de falha do motor, da transmissão ou do rotor de cauda” (Lee, 1985 *apud* Scarpari, 2014, p. 47).

controlar a aeronave) são habilidades não treinadas na atual doutrina do Esquadrão “Gavião” que passarão a ser exercitadas por meio do treinamento com redução do fluxo de combustível.

Ainda, a qualidade da resposta dos pilotos nas tarefas dos voos autorrotativos será aprimorada com a implantação da doutrina de treinamento de autorrotação com redução do fluxo de combustível, uma vez que os erros baseados em habilidades (*skill-based errors*) serão mitigados.

2 DESENVOLVIMENTO

Um estudo feito por Harris, Kasper e Iseler (2000) apresentou, por meio dos relatórios da *National Transportation Safety Board* (NTSB), os acidentes com aeronaves civis de asas rotativas que ocorreram entre 1963 e 1997 nos Estados Unidos (EUA). Para o levantamento dos acidentes que envolviam autorrotação, os autores consideraram os dados relativos ao período compreendido entre 1987 e 1997, chegando à estimativa de que 35% dos acidentes com helicópteros envolveram autorrotação.

Diante da elevada quantidade de acidentes envolvendo autorrotação (35%) é importante o questionamento que se segue: como aumentar a segurança de voo nos procedimentos de autorrotação no 1º/11º GAv com a chegada das novas aeronaves H125?

Outras obras apresentam os fatores influentes na carga de trabalho para realizar a tarefa de autorrotação. Por meio de uma pesquisa multidisciplinar que contou com a instrumentação dos comandos de voo da aeronave H-50 “Esquilo” e com o monitoramento da atividade fisiológica de onze pilotos, constatou-se que:

[...] o comportamento humano durante uma emergência, sob alta demanda física e cognitiva, pode alterar o comportamento natural e previsível do piloto, com reações destoantes da expectativa gerada nos treinamentos, mostrando, inclusive, uma resposta importante, qual seja: a experiência no treinamento do tipo de manobra é mais relevante que a experiência geral de voo (Scarpari, 2021, p. 136).

2.1 PRONTA-RESPOSTA NA TAREFA DE AUTORROTAÇÃO

Os pilotos de helicóptero devem ser condicionados a executar uma pronta-resposta no caso de falha do motor para controlar a aeronave antes que a rotação do rotor principal caia abaixo de um valor mínimo no qual qualquer ação do piloto não permitiria a recuperação da rotação do rotor principal e o ingresso em voo autorrotativo. Para que a pronta-resposta seja eficaz, o piloto tem que ser capaz de identificar a pane por meio dos alarmes naturais como, por exemplo, a guinada da aeronave e a modificação do ruído do motor, e/ou por meio dos alarmes

artificiais (tal como o alarme aural e a queda de NR). Após a identificação da falha, o piloto tem que tomar as ações corretivas para controlar a aeronave. O treinamento do voo de autorrotação sem a redução da vazão do fluxo de combustível não consegue simular essas características (Scarpari, 2014) e, portanto, não condiciona o piloto a pronta-resposta adequada em uma falha de motor.

Em 2017 foi realizada uma campanha de ensaios em voo no Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV) em conjunto com o Hospital Israelita Albert Einstein e com a participação de onze pilotos que foram subdivididos em 3 (três) grupos. O grupo 1 (G1), classificado com “grande experiência”, foi composto de 3 pilotos de ensaios em voo com o critério de terem realizado ao menos 3.000 pousos em autorrotação; o grupo 2 (G2), classificado como “experiente”, foi composto por 4 (quatro) pilotos de ensaios em voo com o critério de terem realizado ao menos 100 pousos em autorrotação; e o grupo 3 (G3), classificado como “sem experiência”, foi composto por 4 (quatro) pilotos operacionais e instrutores do 1º/11º GAv em que o menos experiente possuía 1.030 horas de voo em helicópteros (Scarpari, 2021).

Na ocasião, cada piloto foi submetido a duas condições de autorrotação com redução do fluxo de combustível: uma por meio da redução inesperada (o avaliador reduziu o fluxo sem o aviso prévio ao piloto) e outra com o aviso prévio, isto é, com o conhecimento do momento da ocorrência da pane pelo piloto avaliado. A tarefa foi classificada como sucesso se o piloto conseguisse desde a falha do motor, entrar em autorrotação, executar o *flare* e terminar a preparação para o pouso da aeronave.

O resultado alcançado foi o que se segue: os pilotos do G1 conseguiram 100% de sucesso tanto nas reduções esperadas, quanto nas reduções inesperadas; Os pilotos do G2 alcançaram 52% de sucesso nas autorrotações inesperadas e 81% de sucesso naquelas esperadas; e o G3 alcançou 29% de sucesso nas tarefas de redução inesperadas e 73% de sucesso naquelas em que o piloto estava ciente do momento em que a pane ocorreria (Scarpari, 2021).

A grande taxa de insucesso (71%) dos pilotos do G3 ocorreu devido ao não reconhecimento da falha, ou devido a um grande tempo de reação que não os permitiu controlar a aeronave, isto é, em consequência da baixa pronta-resposta dos avaliados (Scarpari, 2021). Dependendo da condição da falha, o tempo crítico (tempo do início da falha do motor até o abaixamento do coletivo) será menor do que 1 (um) segundo (Scarpari, 2021).

Uma questão pertinente é: o treinamento de autorrotação com redução do fluxo de combustível pode melhorar a pronta-resposta dos pilotos?

Scarpari (2021) mostrou que os grupos de pilotos (G1, G2 e G3) apresentaram técnicas de voo similares na medida em que voavam juntos e trocavam experiências. Após dezessete

procedimentos de treinamento com redução do fluxo de vazão de combustível, os pilotos chegaram ao mesmo comportamento da utilização dos comandos de voo na tarefa, indicando a ocorrência de transferência de treinamento dos pilotos mais experientes para os demais (Scarpari, 2021), mostrando um aumento na efetividade da pronta-resposta dos pilotos.

Ainda, um estudo realizado por Mihal e Barrett (1976) mostrou que a atenção seletiva (capacidade de focar em uma tarefa e isolar fatores que atrapalham a sua execução) e o tempo de reação complexo (quando há mais de um estímulo a uma pessoa e ela precisa decidir qual resposta realizar) se relacionaram em acidentes envolvendo motoristas comerciais, apontando para evidências que as diferenças individuais no processamento de informações se relacionam com a ocorrência de acidentes. O estudo conclui que deve ser considerada a criação de técnicas de treinamento para desenvolver essas habilidades nos motoristas. Isto é, no caso dos voos em autorrotação, deve-se buscar um treinamento que se aproxime das condições presentes em uma falha real de motor para aumentar a pronta-resposta dos pilotos.

2.2 QUALIDADE DA RESPOSTA DOS PILOTOS NOS PROCEDIMENTOS DE AUTORROTAÇÃO

Para aumentar a qualidade das respostas dos pilotos nas tarefas de autorrotação após a identificação da pane de motor e após a ação inicial dos comandos de voo, reduzindo o número de acidentes nesse procedimento, é necessário treinamento. Conforme mostrado por Scarpari (2021), a experiência no treinamento do tipo de manobra é mais relevante que a experiência geral de voo. Goldsetein (1991) *apud* Ferreira e Abbad (2014) define que treinamento é uma aquisição sistemática de atitudes, conceitos, conhecimentos, regras ou habilidades, pelo indivíduo, que resulta na melhoria do desempenho da tarefa.

“As necessidades de treinamento derivam de habilidades pouco desenvolvidas, conhecimentos insuficientes ou atitudes inadequadas” (McGehee; Thayer, 1961 *apud* Ferreira; Abbad, 2014, p. 4). Ainda, “as necessidades de treinamento podem ser definidas como discrepâncias entre uma situação prescrita e uma situação real” (Borges-Andrade; Lima, 1983 *apud* Ferreira e Abbad, 2014, p. 4).

Foi apresentado no capítulo 2.1 – Pronta-resposta na tarefa de autorrotação – deste ensaio que os pilotos operacionais de helicópteros da FAB tiveram uma baixa taxa de sucesso (29%) na tarefa de autorrotação quando não estavam esperando pela ocorrência da falha de motor. Ou seja, existiu uma discrepância entre o treinamento que os pilotos estavam acostumados (sem redução da vazão de combustível) e a realização de uma autorrotação

inadvertida com redução do combustível (próxima a uma condição real de falha do motor), verificando que existem habilidades pouco desenvolvidas nos pilotos operacionais do 1º/11º GAv, principalmente nas etapas de entrada em autorrotação e no *flare*, conforme apresentado por Scarpari (2021).

“Erros representam as atividades mentais ou físicas de indivíduos que falham em alcançar o objetivo pretendido” (Correa; Cardoso, 2007, v. 1, p. 191). Segundo a *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS) existem 3 (três) tipos básicos de erros: erros de decisão; erros baseados em habilidade; e erros perceptivos. Por meio da análise dos acidentes ocorridos na Aviação Geral dos Estados Unidos entre os anos de 1990 e 2000, foi constatado que aproximadamente 80% dos acidentes ocorreram devido a erros baseados em habilidades (Shappell; Wiegmann, 2005).

Erros baseados em habilidades ocorrem sem o pensamento consciente significativo (relacionado à ideia do “andar de bicicleta”, quando se está nas etapas iniciais do aprendizado o indivíduo pensa em todos os movimentos para conseguir o equilíbrio sobre as duas rodas, porém, ao atingir a proficiência, a pessoa executa os movimentos sem pensar em cada ação individual e de forma natural), são vulneráveis a desordem nas etapas de procedimentos, habilidade e técnicas de pilotagem que interferem na segurança de voo (Shappell; Wiegmann, 2005).

Por exemplo, erros de habilidade podem ocorrer durante o *flare* em uma autorrotação real devido a um procedimento errado adquirido em um treinamento sem a redução do fluxo de combustível, visto que, treinando dessa forma, mesmo que o piloto aplique o comando coletivo de forma imprecisa, reflexo de uma baixa qualidade de resposta do piloto às reações da aeronave, não haverá queda da rotação do rotor principal, não ocorrendo aumento da razão de descida do helicóptero, características diferentes das encontradas em uma falha real de motor, proporcionando ao piloto um treinamento e habilidades negativas ao adquirir o hábito de aplicar coletivo de maneira imprecisa no *flare*.

Esse hábito de aplicar coletivo de forma imprecisa no *flare* foi constatado nos pilotos operacionais da FAB que participaram das campanhas de autorrotação do IPEV que resultaram nos trabalhos de Scarpari (2014) e Scarpari (2021). Portanto, é necessário aprimorar as habilidades dos pilotos nos procedimentos de autorrotação para adquirirem a destreza ideal para a realização do *flare*, bem como para atingirem uma qualidade de resposta proficiente no controle das reações da aeronave de forma a possibilitar a realização de um pouso seguro.

3 CONCLUSÃO

O treinamento de autorrotação realizado nas aeronaves H-50 sem a redução do fluxo de combustível oculta os sinais de falha do motor; encobre a importância do piloto reagir em tempo hábil para evitar a queda de rotação da aeronave e conseguir entrar em voo autorrotativo; e fornece um treinamento negativo aos pilotos em relação ao controle de NR. O treinamento dos pilotos da FAB pode ser aperfeiçoado com a chegada das aeronaves H125, uma vez que será possível o treinamento de autorrotação com a redução do fluxo de combustível.

Demonstrou-se neste ensaio que a pronta-resposta dos pilotos será mais eficaz em uma falha real de motor com a implantação da doutrina do treinamento de autorrotação com redução do fluxo de combustível. Foi demonstrado que o tempo de reação complexo (quando há mais de um estímulo a uma pessoa e ela precisa decidir qual resposta realizar) está correlacionado com a ocorrência de acidentes e que foi possível, por meio de treinamento, que pilotos com baixa experiência em autorrotação chegassem à proficiência de pilotos experientes na tarefa.

Foi demonstrado que a qualidade da resposta do piloto a uma falha de motor seria aprimorada com o desenvolvimento do treinamento de autorrotação com redução do fluxo de combustível. Foi verificado que existiu uma discrepância entre o treinamento que os pilotos da FAB estavam acostumados e a realização de uma autorrotação inadvertida com redução do combustível, resultando em um baixo índice de sucesso na tarefa autorrotação (29%), verificando que existem habilidades pouco desenvolvidas por esses pilotos.

Tendo em vista o baixo índice de sucesso dos pilotos de helicópteros operacionais na tarefa autorrotação devido à baixa pronta-resposta à falha do motor e à qualidade insuficiente das reações dos pilotos nos procedimentos de autorrotação, a FAB deve aumentar a segurança de voo no 1º/11º GAv por meio da implantação da doutrina do treinamento de autorrotação nas aeronaves H125 com a redução do fluxo de combustível do helicóptero.

Por fim, ressalta-se que a tese defendida traz a necessidade de criar uma doutrina de treinamento de autorrotação almejando a redução de acidentes aéreos e, com isso, reduzir a perda das vidas que estariam envolvidas em um acidente; evitar a desconfiança da sociedade nas forças armadas em gerir as operações aéreas; e colaborar para mitigar o impacto econômico negativo envolvido em um acidente, por exemplo, o custo da perda de material (aeronave e equipamentos), os custos elevados para as operações de busca e salvamento, além das compensações financeiras às vítimas. Além disso, destaca-se que essa doutrina de treinamento poderá ser implantada na Marinha do Brasil, que também está adquirindo as aeronaves H125.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria EMAER n° 1.224/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira – Volume 1. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, p. 7, 12 nov. 2020. Disponível em: https://www2.fab.mil.br/unifa/ppgca/images/conteudo/D-QBRN/DCA_1-1_DOUTRINA_BSICA_DA_FORA_AREA_BRASILEIRA_-_VOLUME_1_2020.pdf. Acesso em: 28 set. 2024.
- CORREA, C. R. P.; CARDOSO, M. M. J. Análise e classificação dos fatores humanos nos acidentes industriais. **Production**, [s. l.], v. 17, p. 186-198, 2007.
- FERREIRA, R. R.; ABBAD, G. S. Avaliação de necessidades de treinamento no trabalho: ensaio de um método prospectivo. **Revista Psicologia Organizações e Trabalho**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 1-17, 2014. Disponível em: <https://pepsic.bvsalud.org/pdf/rpot/v14n1/v14n1a02.pdf>. Acesso em: 11 out. 2024.
- HARRIS, F. D.; KASPER, E. F.; ISELER, L. E. **U.S. Civil Rotorcraft Accidents, 1963 through 1997**, Califórnia: National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center, 2000. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20010038651/downloads/20010038651.pdf>. Acesso em: 30 set. 2024.
- MIHAL, W. L.; BARRETT, G. V. Individual differences in perceptual information processing and their relation to automobile accident involvement. **Journal of Applied Psychology**, [s. l.], n. 61, p. 229-233, 1976.
- SCARPARI, J. R. S. **Autorrotação: O diagrama ISO-Workload**. 2021. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2021.
- SCARPARI, J. R. S. **Metodologia para definição de requisitos quantitativos para o voo autorrotativo helicópteros monomotores**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Área de Produção) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2014.
- SHAPPELL, S. A.; WIEGMANN, D. A. **Human error and general aviation accidents: A comprehensive, fine-grained analysis using HFACS**. Washington: Office of Aerospace Medicine, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/252109608_Human_Error_and_General_Aviation_Accidents_A_Comprehensive_Fine-Grained_Analysis_Using_HFACS. Acesso em: 30 out. 2024.