



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2023

VINICIUS IRINEU **CAMPOS**, Cap Av

**O aumento da segurança de voo a partir da implementação do método LOFT
nas instruções de simulador de voo da aeronave VC-2**

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2023

VINICIUS IRINEU **CAMPOS**, Cap Av

**O aumento da segurança de voo a partir da implementação do método LOFT
nas instruções de simulador de voo da aeronave VC-2**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso 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: Emprego da Força Aérea
Orientador: Eduardo Mendes Marcondes, Maj Av

Rio de Janeiro

2023

VINICIUS IRINEU **CAMPOS**, Cap Av

**O aumento da segurança de voo a partir da implementação do método LOFT
nas instruções de simulador de voo da aeronave VC-2**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da
Aeronáutica.

Aprovado por:

Eduardo Mendes **Marcondes**, Maj Av
EAOAR

Allisson Nunes Fernandes, Cap Eng
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

RESUMO

No Grupo de Transporte Especial (GTE), os pilotos da aeronave VC-2 realizam periodicamente treinamento em simulador de voo, e são cumpridos estritamente os exercícios previstos nas Ordens de Instrução, que visam apenas a familiarização com os sistemas e os procedimentos de cabine. Contudo, todos os cenários simulados são repetitivos e previamente conhecidos pelos pilotos, logo, não se pode verificar se os pilotos estão adequadamente preparados para as adversidades. Os treinamentos não contemplam o método *Line Oriented Flight Training* (LOFT), um sofisticado tipo de simulação de voo que permite aos pilotos se autoanalisarem e observarem o comportamento na cabine de voo. Assim, o primeiro argumento é que a implementação do método LOFT nas instruções de simulador de voo da aeronave VC-2 aprimora as técnicas de *Crew Resource Management* (CRM), pois desenvolve o comportamento humano no gerenciamento de cabine. Adicionalmente, o segundo argumento apresenta que a implementação do método LOFT nas instruções de simulador de voo da aeronave VC-2 diminui os efeitos causados pelo *Startle Effect*, pois os protocolos padronizados não preparam adequadamente os pilotos para situações inesperadas que podem ocorrer em voo. Nesse contexto, fica claramente evidenciado neste ensaio que a implementação do método LOFT contribui para a elevar os níveis de segurança de voo na aeronave VC-2. Além disso, os aspectos expostos podem ser expandidos, estudados e aplicados às demais aeronaves do GTE, colocando a operação do Grupo nos mais elevados níveis de segurança de voo e atingindo as melhores práticas de treinamentos vigentes no cenário nacional e internacional.

Palavras-chave: LOFT; Segurança de voo; Simulador de Voo; *Startle Effect*.

1 INTRODUÇÃO

O erro humano está associado a aproximadamente 80% dos acidentes aéreos em todo o mundo (WIEGMANN, 2016). Uma forma de mitigar essas falhas é através do treinamento em simuladores de voo, já que permitem a prática de procedimentos normais e de emergência sem expor os pilotos e a aeronave a riscos.

No GTE, os pilotos da aeronave VC-2 passam periodicamente por treinamentos em simuladores de voo. Durante os treinamentos, são realizados exercícios específicos, conforme estabelecido em uma Ordem de Instrução que define e padroniza as instruções no GTE (BRASIL, 2022). Essas Ordens de Instrução são acessadas ostensivamente pelos pilotos, e, inclusive, são utilizadas como fonte de preparação para os treinamentos em simuladores de voo. É importante destacar que os pilotos são submetidos aos treinamentos em cenários simulados repetitivos e previsíveis. Essa abordagem limita a capacidade de avaliar se os pilotos estão verdadeiramente preparados para lidar com condições desfavoráveis.

Um método moderno de treinamento em simulador é o *Line Oriented Flight Training*, que permite aos pilotos se autoanalisarem e observarem o comportamento humano na gestão dos recursos de cabine. No LOFT, os pilotos têm poder de decisão em cenários previsíveis ou imprevisíveis que poderiam ocorrer em um voo real.

Portanto, o LOFT vai além da repetição e padronização de procedimentos estabelecidos nos manuais da aeronave, pois desenvolve a capacidade de resolução de problemas afetos ao comportamento humano. Dessa forma, este trabalho defende a tese que a implementação do método LOFT nas instruções de simulador de voo contribui para elevar os níveis de segurança de voo na aeronave VC-2.

Para sustentar essa tese, o primeiro argumento é que o LOFT aprimora as técnicas de *Crew Resource Management*, pois desenvolve o comportamento humano no gerenciamento de cabine. Em um cenário imersivo de LOFT, é exigida uma ação conjunta e coordenada no gerenciamento de ameaças, pois permite o reconhecimento de fragilidades, através de sofisticadas ferramentas de *feedback*.

Paralelamente, o segundo argumento aborda que o método LOFT diminui os efeitos de *Startle* (entendido na aviação como a resposta a um efeito surpresa). Os treinamentos padronizados realizados pelos pilotos de VC-2 não os preparam adequadamente para situações imprevisíveis, ou de susto, que possam ocorrer em voo, sendo o efeito surpresa um fator muito relevante na tomada de decisão.

2 DESENVOLVIMENTO

O método LOFT não tem como objetivo avaliar o desempenho individual de um tripulante, mas sim projetar situações desafiadoras e complexas. Sua aplicação busca aprimorar os Programas de Treinamento Operacional (PTO) de operadores de aeronaves militares ou civis. O LOFT proporciona aos participantes a oportunidade de desenvolver habilidades de trabalho em equipe, tomar decisões em tempo real e lidar com eventos inesperados.

O treinamento LOFT é dividido em três etapas: *Briefing*, Voo LOFT e *Debriefing*. Conforme De Carvalho *et al.* (2016), na primeira etapa são discutidos os conceitos de CRM. Após, no Voo LOFT, o facilitador permite que os pilotos gerenciem um cenário simulado, que representa uma situação real de voo, normal ou anormal. Esta segunda fase possui a duração de uma hora e precisa ser filmada. Finalmente, é então realizado o *Debriefing*.

Para a Agência Nacional de Aviação Civil, o LOFT é um método de treinamento que simula um voo completo em rota, com ênfase nas situações que envolvem comunicação, gerenciamento e liderança (ANAC, 2020). A Instrução Suplementar nº 00-10, Revisão A, da ANAC, que aborda os Programas de Treinamento, estabelece que todas as empresas aéreas reguladas pelo Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 121 devem incluir em seus Programas Treinamento práticas de CRM através do método LOFT.

O RBAC nº 121 também aponta que esse método funciona como uma forma de validação de programas de CRM, mediante uma análise de fatores e habilidades não técnicas, mas sim comportamentais. Vale destacar que o modelo da aeronave VC-2 é operado no Brasil por uma companhia aérea regulada pelo RBAC nº 121.

2.1 O aprimoramento das técnicas de *Crew Resource Management*

O desenvolvimento do CRM por meio da implementação de treinamentos voltados para o gerenciamento de cabine foi um dos avanços mais marcantes para a segurança de voo nos últimos tempos. Em um sistema operacional e complexo, pode-se entender então que o CRM nada mais é que uma aplicação dos fatores humanos a nível tripulação, em oposição às tarefas individuais. (HELMREICH, 2010).

Porém, para que se tenha como resultado um produto confiável, é importante

que existam mecanismos de verificação da aplicação prática das teorias difundidas de CRM. Dessa forma, De Carvalho *et al.* (2016) apontam que a melhor maneira de se obter uma validação dos conceitos e filosofias do CRM é através da utilização do LOFT. Esse método consiste na realização de um treinamento simulado, mediado por um facilitador (instrutor), no qual a tripulação tem a oportunidade de autoanalisar seu comportamento diante à gestão dos recursos operacionais de voo.

No GTE, o curso de CRM é uma parte integrante das instruções não avaliadas estabelecidas no Programa de Instrução e Manutenção Operacional (PIMO). Essa instrução visa aprimorar as relações interpessoais e a utilização eficiente dos recursos disponíveis no ambiente da cabine, com o objetivo de aumentar os níveis de eficácia e segurança operacional (BRASIL, 2022).

É importante ressaltar um aspecto significativo previsto no PIMO: os treinamentos em simuladores de voo da aeronave VC-99, que também é operada pelo GTE, já incorporam o método LOFT. Contudo, essa abordagem não é utilizada nos treinamentos dos pilotos da aeronave VC-2.

Os pilotos da aeronave VC-2 realizam treinamentos em simulador de voo em intervalos regulares de 12 meses, seguindo rigorosamente os exercícios estabelecidos nas Ordens de Instrução. Esses treinamentos têm como objetivo familiarizar e aprimorar os procedimentos com os sistemas da aeronave, abrangendo a formação, manutenção e aperfeiçoamento operacional dos pilotos.

Obviamente, é essencial que os pilotos tenham capacidade técnica para lidar com situações normais e de emergência ao operar os sistemas da aeronave. Contudo, como todos os cenários em que ocorrem os treinamentos simulados são previamente conhecidos e debatidos pelos pilotos, não se pode verificar se os conceitos de CRM estão efetivamente sendo praticados, ou se os pilotos estão somente agindo de modo repetitivo no enfrentamento das situações adversas.

O método LOFT é uma avançada abordagem de treinamento em simulador de voo que potencializa as teorias ensinadas no CRM. Esse método proporciona uma avaliação abrangente, baseada no desempenho dos pilotos, e oferece estímulos enriquecedores para o aprendizado (HELMREICH, 2010).

No *Debriefing*, última etapa do treinamento LOFT, Wisner (1994) o descreve como uma autoconfrontação, pois permite uma autoavaliação dos membros da tripulação, em uma reflexão profunda sobre decisões e comportamentos durante o voo. Essa percepção dará origem a debates que podem apontar, inclusive, causas

que não estejam relacionadas somente ao voo. Esses dados são fundamentais para fortalecer os princípios e conceitos do CRM.

Diante disso, fica nítido que a implementação do método LOFT nas instruções de simulador de voo da aeronave VC-2 aprimora as técnicas de *Crew Resource Management*, pois desenvolve o comportamento humano no gerenciamento de cabine e contribui para a elevar os níveis de segurança de voo.

2.2 A diminuição do *Startle Effect*

Ao longo das últimas décadas, houve uma notável busca por aprimorar a segurança de voo por meio de treinamentos e tecnologias que visam auxiliar os pilotos no aprimoramento do gerenciamento da tomada de decisão. Yusuf (2019) aponta que as decisões tomadas pelos pilotos em voo estão completamente suscetíveis ao erro humano, e o *Startle Effect*, entendido na aviação como a resposta a um efeito surpresa, foi identificado como uma das principais causas de fatalidade na aviação.

Eventos surpresas podem acontecer a qualquer momento, porém, na aviação, o tempo de resposta pode ser crucial para se evitar um acidente, como na queda do Air France 447 em maio de 2009. Nesse acidente, a tripulação não conseguiu se recuperar do *Startle Effect*, e o tempo de resposta do piloto em comando ao efeito surpresa, que foi de aproximadamente 46 segundos, foi crucial para selar o destino do Air France 447 (BRANCO, 2021 apud DEXHEIMER, 2021).

Isso significa que, mesmo nas aeronaves equipadas com tecnologia avançada, os pilotos ainda podem ser afetados pelo *Startle Effect*. Portanto, é fundamental que os treinamentos em simulador possibilitem formas de diminuir essa condição de choque na ocorrência de eventos surpreendentes, e não se sustentem em procedimentos em que sejam treinadas apenas ações mecanizadas.

Kinney (2020) sustenta que os protocolos de treinamento padronizados não preparam adequadamente os pilotos para lidar com os efeitos inesperados que ocorrem em um voo real. A introdução de eventos imprevisíveis nos treinamentos em simulador de voo é uma ferramenta extremamente útil para melhor capacitar os pilotos. Os cenários de treinamento LOFT proporcionam estímulos para lidar com desafios mais complexos, exigindo não apenas conhecimento técnico, mas também uma compreensão abrangente do contexto e consciência situacional.

Os treinamentos em simulador para os pilotos da aeronave VC-2, como são

conduzidos atualmente, carecem significativamente de preparação para lidar com eventos imprevisíveis. A implementação de treinamentos LOFT em simulador de voo seria fundamental para que os pilotos pudessem treinar efetivamente uma grande variedade de situações imprevisíveis que podem ocorrer em voo, como o que ocorreu com o Air France 447 e também com o USAIR 1549, em Nova York.

Em 2009, o avião da USAIR 1549 colidiu com um bando de gansos logo após a decolagem, resultando na perda de potência dos motores. Contudo, a tripulação conseguiu realizar um pouso forçado no Rio Hudson e salvar todas as 155 pessoas a bordo. No entanto, o *National Transportation Safety Board*, responsável pela investigação de acidentes de transporte civil nos Estados Unidos, atribuiu o incidente a erro humano, alegando que o voo poderia ter retornado ao aeroporto de origem. Essa conclusão desconsiderou o *Startle Effect* que afetou os pilotos após a colisão. Levando em conta o tempo de reação, que foi de aproximadamente 35 segundos, foi determinado que não haveria possibilidade de pouso em nenhum aeroporto de Nova York (DEXHEIMER, 2021).

Uma pesquisa conduzida por Hajriani (2020) revelou que pilotos que foram informados previamente sobre uma situação de estol apresentaram um desempenho superior em comparação aos pilotos que foram submetidos a um *Startle Effect* sem aviso prévio. Isso ressalta a importância de mitigar o impacto desse estado limitante causado pelo susto e garantir que os pilotos sejam capazes de reconhecer a ocorrência do *Startle Effect*. Uma abordagem sofisticada para identificar esse estado limitante é a realização de um *Debriefing* seguindo a metodologia do LOFT. Essas descobertas são reforçadas pelo caso do voo 1549, demonstrando a relevância de tais práticas para o aprimoramento do desempenho e segurança dos pilotos.

Como já citado, ao final do treinamento LOFT é realizado o *Debriefing*. Harrivel *et al.* (2019) apontam que a exibição de estados limitantes de desempenho humano em um *Debriefing* é semelhante à experiência que os pilotos adquirem sobre reconhecer os próprios sintomas de hipóxia por meio da exposição à câmara hipobárica. Dessa maneira, os pilotos podem ser preparados para reconhecer o início de seus estados limitantes de desempenho, que causam o *Startle Effect*, observando seus próprios sintomas de susto, por meio de vídeos, feedbacks e autoanálise.

Perante o exposto, fica evidenciado que a implementação do método LOFT nas instruções de simulador de voo da aeronave VC-2 diminuiu os efeitos causados pelo *Startle Effect* e assim contribuiu para a elevar os níveis de segurança de voo.

3 CONCLUSÃO

O *Line Oriented Flight Training* é um sofisticado tipo de treinamento em simulador de voo que permite aos pilotos se autoanalisarem e observarem o comportamento humano no gerenciamento dos recursos de cabine. O objetivo do LOFT não é avaliar o desempenho individual de um tripulante, mas sim aprimorar os Programas de Treinamento Operacional dos operadores de aeronaves.

No GTE, os pilotos da aeronave VC-2 passam por treinamentos periódicos em simuladores de voo. Esses treinamentos seguem exercícios específicos estabelecidos em uma Ordem de Instrução, que serve como referência normativa e é amplamente acessada pelos pilotos.

Devido aos treinamentos serem padronizados, em cenários simulados repetitivos e previsíveis, não é possível avaliar adequadamente se os pilotos estão verdadeiramente preparados para lidar com situações adversas ou se estão apenas agindo de forma automática diante desses desafios.

Nesse sentido, o primeiro argumento deste trabalho é que a implementação do método LOFT nas instruções de simulador de voo da aeronave VC-2 aprimora as técnicas de *Crew Resource Management*, pois desenvolve o comportamento humano no gerenciamento de cabine. Além disso, o treinamento em simulador de voo desempenha um papel fundamental na avaliação da aplicação prática dos conceitos e princípios do CRM, estimulando discussões que podem identificar causas de problemas que não se limitam apenas ao voo em si.

Em complemento, o segundo argumento apresenta que a implementação do método LOFT nas instruções de simulador de voo da aeronave VC-2 diminui os efeitos causados pelo *Startle Effect*, uma vez que os protocolos de treinamentos padronizados não preparam adequadamente os pilotos para as situações inesperadas que podem ocorrer em um voo real, causa essa que foi identificada como um dos principais causadores de fatalidade na aviação.

Portanto, fica claramente evidenciado neste ensaio que a implementação do método LOFT nas instruções de simulador de voo contribui para elevar os níveis de segurança de voo na aeronave VC-2. Além disso, os conceitos apresentados podem ser ampliados e aplicados em outras aeronaves do GTE, como VC-1, VH-35 e VH-36, elevando os padrões de segurança operacional do Grupo e alcançando as melhores práticas de treinamento adotadas no cenário nacional e internacional.

REFERÊNCIAS

- ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. Portaria nº 1495/SPO, de 5 de junho de 2020. Instrução Suplementar – IS nº 00-010 Revisão A: Treinamento de Gerenciamento de Recursos de Equipes (Corporate Resource Management - CRM). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 160, p. 37, 12 jun. 2020.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comandante da Aeronáutica. Portaria nº 326/GC2, de 27 de junho de 2022. Aprova o Programa de Instrução e Manutenção Operacional do Grupo de Transporte Especial para o ano de 2022. **Boletim do Comandante da Aeronáutica Reservado**, Rio de Janeiro, n. 21, 15 jul. 2022.
- DE CARVALHO, R. J. M. *et al.* Situated design of line-oriented flight training (LOFT): a case study in a Brazilian airline. **Cognition, Technology & Work**, v. 18, p. 403-422, 2016.
- DEXHEIMER, F. **O Automatismo, o Startle Effect e sua mitigação no treinamento de pilotos**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, SP, 2021.
- HAJRIANI, M.; IRIDIASTADI, H. The Effect of Anticipatory Conditions on Pilot Performance in Encountering Stall: A Flight Simulator Study. In: **Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2020. Virtual Conference on Human Aspects of Transportation**, July 16-20, 2020, USA. Springer International Publishing., p. 610-616, 2020.
- HARRIVEL, A. R. *et al.* Training for Airplane State Awareness using Biofeedback. In: **AIAA Scitech 2019 Forum**, p. 0719, 2019.
- HELMREICH, R.; ANCA, J.; KANKI, B. G. The future of CRM. In: **Crew resource management. Academic Press**, p. 493-500, 2010.
- KINNEY, L.; O'HARE, D. Responding to an unexpected in-flight event: Physiological arousal, information processing, and performance. **Human factors**, v. 62, n. 5, p. 737-750, 2020.
- WIEGMANN, D. A.; SHAPPELL, S. A. A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system. **Collegiate Aviation Review**, 2016. v. 34, nº 2, p. 102, 2016.
- WISNER, A. Organizational antropotechnological approach contingencies: an analytical approach. In: **Bradley G. E. e Hendrick H. W.** Human Factors in Organizational Design and Management. Elsevier Science. p. 613-617, 1994.
- YUSUF, A. B.; KOR, A.; TAWFIK, H. Development of a simulation experiment to investigate in-flight startle using fuzzy cognitive maps and pupillometry. In: **2019**

International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). IEEE. p. 1-10, 2019.