



ACADEMIA DA FORÇA AÉREA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS AVIADORES

GABRIEL DOS SANTOS **VERNEC**, Cad Av

A necessidade da adequação de novos simuladores de voo do T-27 Tucano na Academia da Força Aérea

Pirassununga
2020

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS AVIADORES

GABRIEL DOS SANTOS VERNEC, Cad Av

A necessidade da adequação de novos simuladores de voo do T-27 Tucano na Academia da Força Aérea

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no
Curso de Formação de Oficiais Aviadores da
Academia da Força Aérea.

Orientador: Guilherme Gonçalves Herculian

Coorientador: Eduardo Augusto Montenegro Duque

Pirassununga
2020

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS AVIADORES

GABRIEL DOS SANTOS VERNEC, Cad Av

A necessidade da adequação de novos simuladores de voo do T-27 Tucano na Academia da Força Aérea

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Formação de Oficiais Aviadores da Academia da Força Aérea.

Data de aprovação: 13/10/2020

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA

Orientador: Guilherme Gonçalves Herculian, Maj Av

Membro Titular: Fernando Lopes da Silva, Cap Av

Membro Titular: Guilherme Augusto Gualazzi

Pirassununga
2020

Dedico este trabalho à minha mãe, Andréa, à minha irmã, Juliana, e a toda minha família e amigos pelo apoio e pelas orações ao longo de toda a minha formação. Dedico também ao meu pai, Jorge (in memoriam), cuja lembrança sempre esteve presente, inspirando-me a cada dia.

RESUMO

A evolução tecnológica tem trazido diversas inovações para o campo aeronáutico. Com novos equipamentos, a aviação experimental, a cada ano, vetores de ensino e treinamento que proporcionam benefícios para a instrução aérea. Os atuais simuladores de voo, modernos e mais parecidos com a realidade, são de fundamental importância para o aprendizado dos pilotos. A Academia da Força Aérea (AFA) dispõe de dois simuladores da aeronave T-27 Tucano, mantidos pela Seção de Treinamento Simulado (STS) e usados na formação dos cadetes aviadores desde o ano de 1992. Além desses simuladores utilizados pela AFA, existem ferramentas de simulação baseadas no software X-Plane, capazes de reproduzir situações próximas ao voo real, o que complementaria o aprendizado nos atuais simuladores usados pela AFA. Este trabalho de conclusão de curso, cujo tema é “A necessidade da adequação de novos simuladores de voo do T-27 Tucano na Academia da Força Aérea”, teve como objetivo descrever e analisar a problemática que envolve os atuais simuladores da STS, comparando a eficiência destes com o sistema de simulação de voo baseado no software X-Plane. Também foi caracterizada a necessidade da adequação do X-Plane à instrução aérea, ilustrando porque essa ferramenta deve ser usada em benefício da formação do piloto militar. Foram analisadas ambas as ferramentas de simulação e proposto o seguinte Problema de Pesquisa: por que a instrução de voo por instrumentos nos simuladores da STS pode ser complementada pelo treinamento em simuladores de voo baseados no software X-Plane? Os tipos de pesquisa empregados foram os de pesquisa de campo e pesquisa descritiva, que consistiram em analisar a plataforma de simulação na AFA, além de explicitar as medidas que os cadetes aviadores tomam para minimizar suas dificuldades e aprimorar o que foi aprendido na teoria para, ao chegar no voo real, encontrarem um cenário já treinado anteriormente (durante o voo simulado). Após a coleta e disposição dos dados obtidos através de questionários e entrevistas, pôde-se discutir o funcionamento e o aprendizado em ambas as plataformas, observando como ocorre o preparo dos cadetes em simuladores. Por meio do questionário foi constatado que o X-Plane é uma ferramenta potencial para a formação dos pilotos de T-27, mostrando a importância e a necessidade da adequação de novos simuladores de voo dessa aeronave. Resta, a Divisão de Operações Aéreas, usufruir os recursos tecnológicos disponíveis nas novas plataformas para que, cada vez mais, a formação do piloto militar da Força Aérea Brasileira (FAB) seja aprimorada.

Palavras-chave: Simuladores de voo. Instrução aérea. X-Plane. Adequação.

ABSTRACT

Technological evolution has brought several innovations to the aeronautical field. With new equipments, the aviation experiences, every year, vectors of education and training that provide benefits for flight instruction. The current flight simulators, modern and more similar to reality, has a fundamental importance for the pilot's learning. The Brazilian Air Force Academy (AFA) has two simulators for the T-27 Tucano aircraft, maintained by the Simulated Training Section (STS) and used in the graduation of aviators cadets since 1992. In addition to these simulators used by the AFA, there are simulation tools based on the X-Plane software, capable of reproducing situations close to the actual flight, which would complement the learning in the current simulators used by the AFA. This Final Course Assignment, whose theme is "The need to adapt new flight simulators for the T-27 Tucano at the Air Force Academy", aimed to describe and analyze the problem surrounding the current STS simulators, comparing its efficiency with the flight simulation system based on the X-Plane software. The need to adapt the X-Plane to flight instruction was also characterized, illustrating why this tool should be used to benefit the training of the military pilot. Both simulation tools were analyzed and the following Research Problem was proposed: Why can instrument flight instruction in STS simulators be complemented by training in flight simulators based on the X-Plane software? The types of research used were field research and descriptive research, which consisted of analyzing the simulation platform at AFA, in addition to explaining the measures that aviators cadets take to minimize their difficulties and improve what has been learned in theory to go to the real flight and find a scenario previously trained (during the simulated flight). After collecting and disposing of the data obtained through questionnaires and interviews, it was possible to discuss the functioning and learning on both platforms, observing how cadets are prepared in simulators. Through the questionnaire it was possible to verify that the X-Plane is a potential tool for the training of T-27 pilots, showing the importance and the need to adapt new simulators flight of that aircraft. It remains for the Flight Operations Division (DOA) to take advantage of the technological resources available on the new platforms to improve the training of the military pilot of the Brazilian Air Force (FAB).

Keywords: Flight simulators. Flight Instruction. X-Plane. Adapt.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - MANCHE HOTAS WARTHOG E MANETE DE POTÊNCIA.....	18
FIGURA 2 - PEDAL THRUSTMASTER.....	18
FIGURA 3 - PC BASE PARA A ESTAÇÃO DE SIMULAÇÃO.....	18
FIGURA 4 - TV DE 43 POLEGADAS LED 4K.....	19
FIGURA 5 - LICENÇA DIGITAL DO SOFTWARE X-PLANE 11.....	19

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - PERGUNTA 1	21
GRÁFICO 2 - PERGUNTA 2	22
GRÁFICO 3 - PERGUNTA 3	24
GRÁFICO 4 - PERGUNTA 4	25
GRÁFICO 5 - PERGUNTA 5	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1° EIA	1° Esquadrão de Instrução Aérea
2° EIA	2° Esquadrão de Instrução Aérea
CCA-SJ	Centro de Computação da Aeronáutica de São José dos Campos
CFOAV	Curso de Formação de Oficiais Aviadores
DE	Divisão de Ensino
DOA	Divisão de Operações Aéreas
FAB	Força Aérea Brasileira
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i>
ILS	<i>Instrument Landing System</i>
IS	Instrumento Simulado
PC	<i>Personal Computer</i>
PNE	Procedimentos Normais e de Emergência
STS	Seção de Treinamento Simulado
VI	Voo por Instrumentos
VOR	<i>Very High Frequency Omnidirectional Range</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 O EMPREGO DO SIMULADOR DA SEÇÃO DE TREINAMENTO SIMULADO ..	15
3.2 A PLATAFORMA X-PLANE	16
4 METODOLOGIA.....	19
5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS COLETADOS	21
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
REFERÊNCIAS	29
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO MONOGRÁFICO	30

1 INTRODUÇÃO

Na Força Aérea Brasileira (FAB), o órgão responsável pela formação de pilotos é a Academia da Força Aérea (AFA), instituição militar de ensino superior. Nesta instituição, os alunos têm a oportunidade de realizarem o Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV), de quatro anos de duração, cuja conclusão lhes torna aptos a voarem as aeronaves da FAB e a integrarem missões de defesa, apoio, transporte de pessoal, entre outras, contribuindo para a soberania do espaço aéreo nacional brasileiro.

Na AFA, a formação do piloto militar é caracterizada por duas etapas. A primeira delas é o curso primário na aeronave T-25 Universal no 2º Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA), que se mostra como um desafio para o cadete que acabara de ingressar no 1º ano do CFOAV. Essa etapa é fundamental para a aprendizagem do futuro Oficial aviador que, no 4º ano de formação, deverá estar pronto para o curso básico na aeronave T-27 Tucano no 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA). Este curso básico caracteriza-se como a segunda etapa da formação, por meio da qual o cadete desenvolverá habilidades complexas nas diversas fases de instrução (pré-solo, manobras e acrobacias, formatura, voo por instrumentos, navegação e voo noturno). Essa transição de uma aeronave à pistão, como o T-25, para uma turbo-hélice, como o T-27, contempla um momento de transferência de treinamento para o cadete.

Essa transferência de treinamento pode ser trabalhada por meio do simulador de voo, que também tem o papel de complementar o tempo gasto com treino prático na nova aeronave, proporcionando um melhor preparo ao cadete aviador. Lee (2005) expõe que a questão mais importante nessa transferência de treinamento virtual é a fidelidade entre o simulador e a aeronave a ser simulada, de modo a impedir a transferência de habilidades inadequadas.

A AFA dispõe de dois simuladores da aeronave T-27 Tucano, usados na formação dos cadetes desde o ano de 1992. Mantidos pela Seção de Treinamento Simulado (STS), esses simuladores são empregados na fase de Procedimentos Normais e de Emergência (PNE) e na fase de Voo por Instrumentos (VI). A fase de PNE é o momento no qual o cadete tem a oportunidade de pôr em prática, antes do início das atividades de voo real, a execução dos cheques normais e de emergência previstos no manual de voo da aeronave. Já o voo por instrumentos, segundo o manual de procedimentos adotado na instrução aérea do T-27,

[...] nada mais é que o controle da atitude do avião por intermédio dos instrumentos de voo. É um voo regulamentado por normas específicas e exige muito treinamento,

cujo objetivo é fazer com que o piloto aprenda a usar os instrumentos de bordo e a confiar neles, vencendo a desorientação espacial (BRASIL, 2020a, p. 09).

Após as abordagens anteriores, pode-se inferir que em um meio dinâmico, como a instrução aérea, a aprendizagem é o fator mais importante. Teoria de voo, conhecimentos técnicos, meteorologia, procedimentos normais e de emergência fazem parte da rotina de estudos do futuro piloto, o qual deve entender e correlacionar tais informações com o que é percebido em cada voo de instrução. Ao longo dos treinamentos, são praticadas não só as habilidades de domínio e controle da aeronave, mas também a tomada de decisão frente a situações inesperadas - como solucionar panes atuando dentro das regras de segurança.

Durante a instrução, espera-se que ocorra um progresso de acordo com os níveis de avaliação, o que exige que o grau de percepção e assimilação por parte do cadete aviador aumente a cada experiência adquirida, até o ponto em que todos os exercícios e manobras sejam executados sem o auxílio do instrutor. A partir de então, o cadete está apto ao voo solo e a avançar nas fases da instrução (BRASIL, 2017).

A necessidade desse tipo de treinamento de pessoal torna-se mais importante conforme a aviação e as técnicas de pilotagem evoluem. Por conta do alto custo das horas de voo e do risco que envolve determinados treinamentos de emergência, escolas de aviação civil, empresas de linha aérea e até mesmo unidades aéreas militares têm recorrido ao emprego de simuladores de voo. Por meio de equipamentos imersivos e softwares 3D, os simuladores de voo atuais capacitam tanto os pilotos iniciantes, quanto os mais experientes, fornecendo uma experiência operacional próxima à realidade.

Sabe-se que o objetivo do simulador é maximizar o aprendizado do cadete aviador, aprimorando suas técnicas de pilotagem e proporcionando uma familiarização com o uso dos comandos, com os instrumentos de voo e com os instrumentos do motor, permitindo também a prática de diversos procedimentos antes do voo real. Com o uso do simulador da STS, há menos gastos de recursos, já que segundo Nascimento (2013), o preço da hora de voo do T-27 encontra-se na faixa de US\$ 985,40 (novecentos e oitenta e cinco dólares e quarenta centavos), enquanto o custo da hora de voo no simulador é de apenas US\$ 84,25 (oitenta e quatro dólares e vinte e cinco centavos).

Além da comparação de custos ora realizada, o Centro de Computação da Aeronáutica de São José dos Campos (CCA-SJ), realizou uma visita de assessoria técnica ao simulador da STS em 2015. Tal visita teve o objetivo de comparar as características desse simulador em relação à aeronave e verificar supostas panes de indicação em instrumentos e divergências no módulo de controle de força (do sistema de comando de voo) do simulador. Concluiu-se que

[...] nos dias atuais, os simuladores da AFA não possuem condições técnicas de fornecer uma transferência positiva de treinamento, sendo que, na verdade, estes estão fornecendo uma transferência indesejável, negativa, de treinamento (HERCULIAN, 2017, p. 07).

A partir da conclusão do relatório do CCA-SJ, Herculian (2017) realizou um trabalho para analisar o quanto a diferença entre o simulador e a aeronave T-27 interferem no processo de aprendizagem do cadete do 4º ano da AFA. A conclusão do referido trabalho mostrou que houve um decréscimo nas notas referentes ao conceito de voo bom, quando se compara o simulador com a aeronave. Também foi constatado o aparecimento de notas referentes ao conceito de voo deficiente na fase de VI, deixando evidente que há uma queda acentuada naquilo que se propõe o simulador. De acordo com o mesmo trabalho, identificou-se

[...] a necessidade de utilizar um simulador mais próximo possível das características da aeronave, para que os subsunçores criados sejam significativos o suficiente para auxiliar o voo na aeronave e não servirem de parâmetros a serem corrigidos, atrapalhando o processo de aprendizagem significativa defendido por Ausubel (HERCULIAN, 2017, p. 18).

Após essa constatação feita por Herculian, torna-se interessante expor que em paralelo aos treinamentos realizados no simulador da STS e como forma de se prepararem para o voo no T-27, os cadetes aviadores do 4º ano da AFA têm utilizado com frequência - e de maneira informal - simuladores de voo virtuais em seus computadores pessoais (PC, *do inglês Personal Computer*). O software mais utilizado é o X-Plane, que tem a capacidade de reproduzir o cenário de toda a área de instrução do 1º EIA, além de possuir em seu acervo a aeronave T-27 Tucano virtualizada, que simula não só os aspectos físicos da aeronave, mas também as características aerodinâmicas e de pilotagem.

Buscando aproximar os parâmetros de voo da aeronave virtualizada no X-Plane, um grupo de cadetes aviadores da AFA iniciou um trabalho de aperfeiçoamento das características do T-27 Tucano e do cenário da área de instrução introduzidos nesse software. Iniciado de maneira informal, esse trabalho de aprimoramento tomou maiores proporções, envolvendo não só os cadetes, mas também Oficiais do 1º EIA, da Divisão de Ensino (DE) e da Divisão de Operações Aéreas (DOA). Com isso, o que se tem hoje é um software que pode ser usado como ferramenta de treinamento e preparo durante todo o estágio do 1º EIA - e não somente nos momentos que antecedem o voo e durante a fase de VI, como é o caso do simulador da STS.

Tendo em vista que

[...] o objetivo principal de um simulador de voo não é replicar o ambiente físico do voo, mas sim criar a experiência de um ambiente de voo para o piloto [...] [e que] mesmo possuindo uma baixa fidelidade física, fornecem um treinamento valioso por disponibilizarem as informações necessárias para trabalhar a capacidade de resposta do piloto [...] (LEE, 2005, p. 83, tradução livre).

foram analisadas ambas as ferramentas de simulação e proposto o seguinte Problema de Pesquisa: Por que a instrução de voo por instrumentos nos simuladores da STS pode ser complementada pelo treinamento em simuladores de voo baseados no software X-Plane?

A motivação para investigar o uso do X-Plane somado ao uso dos atuais simuladores do 1º EIA advém da necessidade de aperfeiçoamento de como se dá a instrução aérea na AFA. Sem uma plataforma de treinamento adequada à prática do voo simulado na fase de VI, o cadete tem uma limitada quantidade de horas de voo para assimilar e compreender a dinâmica de pilotagem por instrumentos do T-27. Assim, os cadetes que possuem determinadas dificuldades acabam não tendo a oportunidade de saná-las por meio de um treinamento mais específico no simulador.

O uso habitual e frequente do X-Plane, por parte dos cadetes aviadores em seus computadores pessoais, nos levou a delimitar o foco da pesquisa em descrever como o 1º EIA pode adotar esse vetor no treinamento da fase de VI, o que poderá modificar a forma como ocorre a instrução aérea no 4º ano.

Foram objetos de estudo o simulador de voo da STS, os novos softwares de simuladores aprimorados para o uso na AFA, e a percepção geral dos cadetes aviadores e instrutores de voo - constatada e apurada por meio de questionários, cujo modelo encontra-se em anexo - em relação aos treinamentos por eles executados em ambas as plataformas. A análise constou da viabilidade do emprego da plataforma baseada no software X-Plane como elemento de apoio a instrução aérea na AFA, potencializando e aperfeiçoando o aprendizado, além de ser um vetor que futuramente poderá complementar os simuladores da STS - haja vista sua simplificada aplicabilidade para treinamento de diversas fases do curso e seu baixo custo de instalação e manutenção.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral analisar como se dá o aprendizado em simuladores na AFA, além de descrever por que plataformas baseadas no software X-Plane podem ser empregadas no aperfeiçoamento da instrução nos simuladores da STS. Serão comparados ambos os vetores, verificando seus custos e benefícios, além de compreender se dispositivos fundamentados no X-Plane podem ser utilizados de forma complementar.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Citar a problemática que envolve os simuladores de voo utilizados atualmente na instrução simulada de voo por instrumentos do 1º EIA;
- b) Descrever a necessidade da adequação de simuladores de voo baseados no software X-Plane na AFA;
- c) Dimensionar os aspectos que levam o cadete aviador a utilizar simuladores de voo virtuais em seus computadores pessoais; e
- d) Indicar como as três abordagens anteriores podem ser relacionadas entre si, voltando-se para a elaboração de um trabalho que compare ambos os vetores, apontando aquele que traz maior benefício a instrução de voo por instrumentos ministrada pela AFA.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A aviação atual, em todo o mundo, conta com diversas estruturas de treinamento e aperfeiçoamento de seus pilotos. Os variados dispositivos de treinamento de voo são aperfeiçoados a cada geração, buscando maior proximidade com o que é encontrado num voo real. Um dos principais dispositivos de treinamento é o simulador de voo. Tidos como essenciais para a comunidade aeronáutica, os simuladores de voo

[...] têm dado uma grande contribuição para a aviação desde que os primeiros protótipos foram desenvolvidos. Atualmente, eles são sistemas de hardware e software sofisticados que os tornaram uma ferramenta essencial para o desenvolvimento da aviação. Especialmente em se tratando de treinamento de pilotos e estudos de sistemas de controle, simuladores de voo podem oferecer uma contribuição substancial no desenvolvimento de novas técnicas e modelos para assistência à pilotagem durante voos. (REBELO, 2010, p. 02).

O uso dessas plataformas proporciona ao cadete aviador a possibilidade de pôr em prática o conteúdo teórico estudado para o voo no T-27, antes mesmo do início das instruções aéreas. Essa proposta torna-se uma medida segura e eficaz, visto que não há riscos de acidentes - como no voo real - além de proporcionar posteriormente a oportunidade de executar os exercícios em voo de forma mais apurada e com um melhor preparo. O uso do simulador trás uma série de possibilidades de treinamento e, segundo Lee (2005), o custo operacional do simulador de voo é equivalente a uma pequena fração do custo operacional de uma aeronave, logo, o treinamento com simuladores de voo torna-se a solução que substitui o treinamento de pilotos - durante o curso - em aeronaves reais, pelo menos em parte. Essa abordagem pode ser relacionada especificamente a manobras como: falhas no motor em voo,

aterrissagens com vento cruzado, entre outras. Assim, o piloto e o instrutor podem familiarizar-se com tais adversidades sem se exporem aos riscos dessas manobras em aeronaves reais.

Ainda segundo Lee (2005), o simulador de voo oferece a possibilidade de reposicionar a aeronave em qualquer local da área de instrução e em qualquer configuração de voo. Isso significa que, caso o cadete tenha alguma dificuldade em determinada manobra, esta pode ser praticada com muito mais frequência em uma hora de treinamento simulado do que em uma hora de voo real, tornando-se um recurso importante para sanar possíveis dúvidas após um voo.

3.1 O EMPREGO DO SIMULADOR DA SEÇÃO DE TREINAMENTO SIMULADO

Implementado em 1992, o simulador da STS é empregado com o objetivo de preparar o cadete aviador, tanto na execução dos cheques normais e de emergência - previstos no manual de voo da aeronave, quanto durante a fase de VI, familiarizando-o com o uso dos instrumentos do avião e auxiliando-o no reconhecimento de situações que serão encontradas no voo real.

A instrução ministrada pelo 1º EIA nos simuladores de voo é composta por 14 missões, segundo o Programa de Instrução e Manutenção Operacional 2020 (BRASIL, 2020b) da AFA. Essas missões são divididas em Instrumento Básico (6) e Instrumento Avançado (8). A parte básica da instrução simulada visa a ambientação do aluno ao uso dos instrumentos da aeronave, por meio da realização de curvas para proas pré-determinadas e com grau de inclinação específico, subida e descida combinadas ao uso do motor, além da manutenção da reta e altura. Já a parte avançada é focada na combinação do emprego dos instrumentos com a execução de procedimentos IFR (*do inglês Instrument Flight Rules*) - como espera balizada por VOR (*do inglês Very High Frequency Omnidirectional Range*) e aproximação ILS (*do inglês Instrument Landing System*) - de modo a tornar a percepção do cadete mais apurada e esboçar o que será realizado em voo.

O treinamento feito pelo cadete no simulador - denominado IS (Instrução Simulada) - é acompanhado por um instrutor que o auxilia na interpretação dos procedimentos a serem realizados. A partir de uma plataforma de controle, o instrutor é capaz de verificar os erros cometidos pelo cadete em cada item da missão, aprimorando o aprendizado.

Por vinte e oito anos os simuladores de voo da STS têm sido usados como vetores de ensino na formação dos oficiais aviadores da FAB. Com o avançar dos anos, no entanto,

verificou-se a necessidade da renovação da aparelhagem e da estrutura que compõe essas unidades, haja vista a obsolescência desses equipamentos. A pouca eficiência de seu hardware em relação aos atuais e a falta de compatibilidade com as novas tecnologias fizeram com que esses simuladores se tornassem ultrapassados. Esses simuladores

[...]Possuem tecnologia da década de 80 com linguagem de simulação “FORTRAN (Programa de Simulação)” e sistema operacional Windows NT-3.11. [...] não possuem projeção de imagem, tem plataforma hidráulica móvel, porém não se utilizam mais seus movimentos. [...] Atualmente os simuladores do T-27 utilizados na instrução não contabilizam mais as horas de instrução em horas de voo para treinamento IFR, devido a sua degradação, além disso não é possível fazer um treinamento de instrução básica nas condições em que o simuladores estão atualmente, pois não possuem monitores que reproduzam o voo, não sendo possível o aluno pilotar o avião enquanto realiza o procedimentos normais. (GONÇALVES, 2018, p. 29).

Outro fator que também é levando em conta na manutenção desses aparelhos é falta de peças de reposição no mercado, o que torna ainda mais difícil a modernização desses equipamentos e encarece os custos para mantê-los.

Conforme abordado por Herculian (2017), a inconsistência do uso dessa ferramenta na instrução aérea vai além de sua obsolescência. Mesmo tendo um custo mais baixo quando comparada a uma hora de voo real no T-27 (cerca de 91,45% mais barata como citado na introdução deste trabalho), a prática do voo simulado nos simuladores da STS tornou-se imprópria para o aprendizado dos futuros pilotos. Erros nas indicações dos instrumentos de voo do simulador e diferença entre os comandos do simulador e da aeronave são alguns dos agentes negativos constatados no simulador da STS, evidenciando que “as diferenças apresentadas entre os parâmetros do simulador e da aeronave T-27 influenciam o processo de aprendizagem de forma negativa” (HERCULIAN, 2017, p. 16).

3.2 A PLATAFORMA X-PLANE

Construído para ser uma ferramenta de engenharia e não apenas um jogo, o X-Plane é usado por pilotos do mundo todo para simular diversas situações que podem ser encontradas durante um voo. De acordo com o manual da Laminar Research (X-PLANE 11, 2011), o software é capaz de abranger o treinamento em mais de dois mil modelos de aeronaves, trinta e três mil aeroportos do mundo inteiro, pouso em porta-aviões, plataformas de petróleo ou até helipontos no topo de edifícios. O X-Plane também oferece a possibilidade de simular as mais variadas condições climáticas

[...]desde o céu limpo e com alta visibilidade, até tempestades com parâmetros de vento controláveis, cisalhamento do vento, turbulência e micro rajadas. Chuva, neve e nuvens também estão disponíveis para um desafio de voo por instrumento, além de térmicas para o voo com planadores. As condições climáticas do momento também podem ser sincronizadas através da Internet, permitindo que os usuários voem no clima real de sua localização atual. (X-PLANE 11, 2011, p. 02).

Ainda segundo o mesmo manual, o software é capaz de simular falhas comandadas por um instrutor em uma tela de controle separada. Assim, simula-se falhas em instrumentos, motores, controles de vôo, cabos de controle, antenas, trem de pouso ou em qualquer outro sistema a qualquer momento. Também há a possibilidade do instrutor realocar a aeronave para um local de sua escolha quando desejar.

Analisando e comparando a funcionalidade do simulador da STS com o sistema do X-Plane, percebe-se que um simulador baseado no X-Plane tem a capacidade de oferecer percepções mais dinâmicas de voo em relação ao simulador da STS, que é limitado a mostrar apenas os parâmetros da aeronave, como velocidade, altitude e indicações do motor. O X-Plane não só pode reproduzir de forma virtual tais parâmetros, como também pode simular todo o cenário que o cadete aviador estará inserido durante o curso do 1º EIA.

Todo esse aparato de treinamento é aproveitado por muitos cadetes aviadores do 4º ano por meio de seus notebooks. De acordo com o desenvolvedor, os requisitos mínimos de hardware para a última versão lançada do X-Plane (versão 11) são: CPU com Intel Core i3 *dual-core*, 8GB de memória RAM e uma placa de vídeo compatível com DirectX 11 com 1GB de VRAM. Com um manche para PC e um notebook pessoal com o software instalado, os cadetes simulam as missões que serão avaliadas durante o curso de VI. Em uma pesquisa de preços feita no mês de abril de 2020, foram levantados os custos médios de apetrechos que proporcionariam uma experiência satisfatória no uso do X-Plane, caso fosse montada uma estação para treinamento dos cadetes aviadores do 4º ano:

- Manche Hotas Warthog e manete de potência R\$: 2700,00
- Pedal Thrustmaster R\$: 980,00
- PC com Intel Core i5 quad-core, 8GB de memória RAM e placa de vídeo Geforce GTX1660 com 6GB de VRAM R\$: 2790,00
- 2 TV's de 43 polegadas LED 4K R\$: 2970,00
- Licença digital do software X-Plane 11 R\$: 239,00

Figura 1 – Manche Hotas Warthog e manete de potência



Fonte: Loja virtual Thrustmaster¹

Figura 2 – Pedal Thrustmaster



Fonte: Loja virtual Extra²

Figura 3 – PC base para a estação de simulação



Fonte: Loja virtual Extra³

¹ Disponível em: https://shop.thrustmaster.com/fr_fr/hotas-warthogtm.html. Acesso em: 17 mai 2020.

² Disponível em: https://shop.thrustmaster.com/fr_fr/t-flight-rudder-pedals.html. Acesso em: 17 mai 2020.

³ Disponível em: <https://www.extra.com.br/Informatica/Computadores/pc-gamer-easypc-z221650-1-intel-core-i5-340ghz-8gb-geforce-gtx-1660-oc-hd-1tb-500w-1501749658.html>. Acesso em: 08 abr 2020.

Figura 4 – TV de 43 polegadas LED 4K



Fonte: Loja virtual Americanas⁴

Figura 5 - Licença digital do software X-Plane 11



Fonte: Loja virtual Bianch⁵

Dessa forma, com um custo aproximado de R\$ 9680,00, pode-se tirar proveito de uma plataforma que auxilia os cadetes em qualquer missão da fase de VI.

4 METODOLOGIA

Os aspectos desta pesquisa estão relacionados diretamente com a formação do cadete aviador, focando em seu aprendizado e treinamento durante a fase de VI do curso básico na aeronave T-27 Tucano. Os tipos de pesquisa empregados foram os de pesquisa de campo e pesquisa descritiva, que consistiram em analisar o ambiente que cerca as plataformas de simulação na AFA, além de explicitar as medidas que os cadetes aviadores tomam para minimizar suas dificuldades e aprimorar o que foi aprendido na teoria para, ao chegar no voo real, encontrarem um cenário já treinado anteriormente (durante o voo simulado).

A metodologia utilizada para a construção do referencial teórico foram pesquisas bibliográficas acerca das plataformas de simulação citadas no trabalho. Elucidou-se como os

⁴ Disponível em: <https://www.americanas.com.br/produto/1587464209>. Acesso em: 17 mai 2020.

⁵ Disponível em: <https://www.bianch.com.br/x-plane-11-em-portugues.html>. Acesso em: 17 mai 2020.

vetores de simulação são utilizados, além de mencionar a forma como cada um colabora no aprendizado da atividade aérea.

Os dados utilizados como base para a pesquisa foram captados através da aplicação de um questionário, que se encontra disponível no Apêndice A deste trabalho, e uma entrevista presencial realizada com dois cadetes que responderam o questionário. Tal questionário foi elaborado pelo autor do presente trabalho monográfico, sendo submetido ao Comitê de Ética por meio da Plataforma Brasil no dia 15 de maio de 2020. O mesmo foi fornecido, de forma impressa, a 29 cadetes aviadores do 4º ano – alunos do 1º EIA – durante a realização da fase de VI, sendo respondidos e entregues posteriormente ao autor desse trabalho. Vale ressaltar que todos os participantes da pesquisa possuíam familiarização com a Instrução Simulada no simulador da STS e com o software X-Plane, o que possibilitou uma comparação mais fidedigna desses instrumentos de ensino.

As perguntas foram desenvolvidas para verificar as percepções gerais quanto aos treinamentos realizados no atual simulador da STS e em simuladores baseados em X-Plane, de forma a caracterizar as diferenças de ambas as plataformas no que diz respeito a como elas podem ajudar o cadete a preparar-se para o voo real nas missões de VI. Investiu-se na coleta e inquirição de dados quantitativos para relacionar quantos cadetes usaram o X-Plane na preparação para voo e quantos cadetes consideram essa plataforma uma ferramenta de auxílio, além de verificar o quanto os cadetes consideram que o uso de cada plataforma foi útil na preparação para as missões de VI.

Durante a realização do questionário, os cadetes expressaram suas percepções em duas perguntas utilizando a escala tipo Likert, que concentrou a utilização de cinco pontos dentre os quais o respondente deve escolher apenas um para classificar sua percepção. Outras duas perguntas foram empregadas para verificar se o cadete já havia tido contato com o software X-Plane e se ele considera que o mesmo pode ser usado como ferramenta de preparo para o voo. A quinta pergunta propôs ao cadete a escolha da plataforma que melhor lhe ajudou a preparar-se para o Voo por Instrumentos, estando livre para citar outras plataformas não abordadas no questionário.

Não somente verificou-se como a fase de VI pode ser complementada com o aprendizado por meio do X-Plane, mas também foi dada a oportunidade para cada cadete comparar a eficácia das plataformas, julgando qual delas teve maior influência em seu aprendizado. Após avaliação das respostas, as mesmas foram confrontadas com as hipóteses de treinamento no simulador da STS e nos simuladores baseados em software X-Plane, proporcionando, a partir de então, um novo panorama sobre uma realidade já observada na

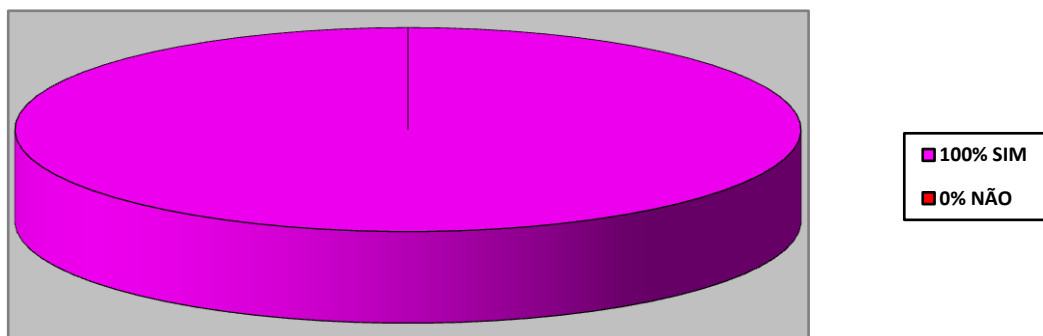
AFA, que é o uso informal do X-Plane pelos pilotos em formação. Também foi mensurado se o uso do X-Plane é válido e eficaz para treinamentos simulados, avaliando sua aplicabilidade na instrução aérea através dos apontamentos dos cadetes. Os dados foram dispostos em cinco gráficos para melhor interpretar e analisar os resultados obtidos, examinando se o emprego da plataforma baseada no software X-Plane pode ser um elemento de apoio a instrução aérea na AFA e quais as vantagens deste.

Com o levantamento do referencial teórico e dos resultados obtidos por meio das respostas dos questionários aplicados, pôde-se compreender e interpretar os comportamentos e tendências na hora da preparação para o voo.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS COLETADOS

Os resultados expostos neste capítulo fazem menção aos dados coletados através da pesquisa de campo e compilados pelo autor deste trabalho. Esses dados foram utilizados para atingir os objetivos específicos propostos no capítulo 2, sendo expostos no formato de gráficos para melhor visualização dos fatores que envolvem os simuladores da STS e o X-Plane. De maneira geral, pôde-se observar que todos os 29 cadetes respondentes do questionário utilizaram, pelo menos alguma vez, o software X-Plane para preparar-se para o voo por instrumentos, conforme evidenciado no gráfico 1.

Gráfico 1 – Você utiliza/já utilizou o software X-Plane para preparar-se para o Voo por Instrumentos?



Fonte: O autor.

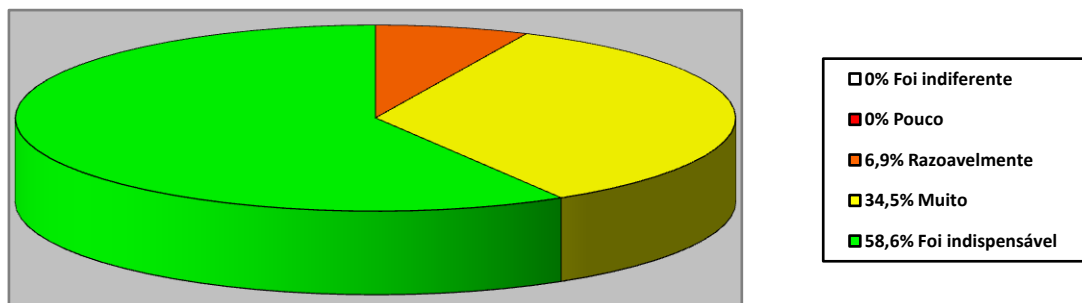
Após análise do gráfico, constatou-se uma unanimidade nas respostas. Isso demonstra o quanto o uso desse programa de simulação está difundido no âmbito dos cadetes do 4º ano,

sendo uma informação relevante para este trabalho, uma vez que aponta para a necessidade da formalização do emprego desse software.

Um dos motivos para que o cadete aviador busque uma ferramenta alternativa para preparar-se para o voo por instrumentos pode estar ligado às discrepâncias entre o simulador da STS e a aeronave T-27, como panes de indicação nos instrumentos essenciais à pilotagem – altímetro, velocímetro, indicador de razão de subida e descida etc. Tais discrepâncias são abordadas por Herculian (2017) em seu trabalho de conclusão de curso, cujo tema é “A influência da diferença de parâmetros entre o simulador e a aeronave T-27 Tucano, no processo de aprendizagem do cadete do 4º ano da AFA”, por meio do qual constatou “uma queda no rendimento nas missões aéreas realizadas após as missões no simulador.” (HERCULIAN, 2017, p. 18). Esta conclusão foi obtida após uma análise das notas de voo dos cadetes no simulador e também das notas de voo em missões de instrumento na aeronave T-27. Tal análise demonstrou um decréscimo de 18,55% no rendimento ora citado, quando comparando ambos os equipamentos.

Com relação à segunda pergunta do questionário, considerou-se que todos os cadetes participantes estavam aptos a respondê-la, uma vez que todos assinalaram “SIM” na primeira pergunta. Desta forma, apurou-se que mais da metade (58,6%) dos cadetes tiveram a percepção de que o X-Plane foi indispensável na preparação para o voo, como visto no gráfico 2.

Gráfico 2 – Caso tenha respondido "SIM" na questão anterior, o quanto você considera que o treinamento no software X-Plane lhe ajudou a preparar-se para as missões de Voo por Instrumentos?



Fonte: O autor.

Para avaliação das respostas obtidas nesta segunda pergunta, pôde-se contar com o auxílio da escala tipo Likert, classificando-as de 1 a 5, onde 1 indica que o auxílio

proporcionado pelo software X-Plane foi indiferente e 5 indica que o auxílio proporcionado por esse software foi indispensável.

Essa percepção detectada no gráfico 2 está ligada ao fato de que o X-Plane é um programa versátil e flexível, que propicia ao usuário a possibilidade de reposicionar a aeronave em qualquer ponto do mapa à qualquer momento, permitindo que um procedimento IFR que não tenha saído adequadamente seja refeito, ou que a dinâmica de uma aproximação por instrumentos seja mentalizada mais de uma vez. Além disso, o X-Plane oferece liberdade e praticidade para o cadete decidir qual treinamento realizar, quantas vezes quiser, seja para sanar uma dificuldade específica, seja para realizar um “mental” para a próxima missão na aeronave. De acordo com Lee (2005),

[...]O custo muito baixo dos treinamentos realizados em PC e a facilidade de acesso para os pilotos tornaram o treinamento de instrumento em PC muito atraente. Um estudo dos efeitos da transferência de treinamento – a partir do treinamento realizado em PC – das manobras de voo por instrumentos (voo reto e nivelado e curvas coordenadas) mostrou benefícios claros desses dispositivos (Ortiz, 1994). Quando avaliado em uma aeronave de treinamento monomotor movida a hélice, o efeito da transferência de treinamento do dispositivo para a aeronave foi grande. Uma hora no dispositivo de simulação economizou até 29 minutos do tempo da aeronave (LEE, 2005, p. 78, tradução livre).

Com isso, temos uma constatação de que a percepção dos cadetes pode ser confirmada pelo fato de que esse software para PC se enquadra nos conceitos abordados por Lee (2005) na citação anterior. Nesse contexto, e baseando-se no que Lee (2005) expôs, o X-Plane é um programa de baixo custo e com facilidade de acesso que pode melhorar a aptidão do cadete para esse tipo de voo.

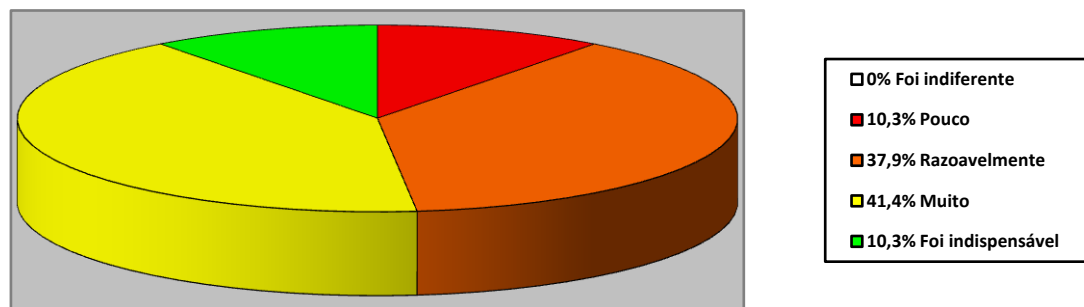
Não se pode deixar de citar que 6,9% dos cadetes consideraram que o X-Plane os ajudou razoavelmente. Isso indica que nem todos os cadetes que responderam esta pergunta aprovam que tal plataforma teve uma grande influência em seus treinamentos para a fase de VI.

Em relação aos simuladores utilizados pela STS, estes se enquadram na categoria FTD, de acordo com Molina (2017). Representando a aeronave T-27, são compostos por uma cabine idêntica à aeronave real, com todos os instrumentos de voo e instrumentos do motor sendo controlados por uma estação onde opera o instrutor. Através dessa estação, o instrutor é capaz de acompanhar e auxiliar o “voo” que é realizado pelo cadete, vendo todo o perfil do procedimento realizado e as indicações dos instrumentos. Após a simulação, o instrutor pode realizar comentários dos procedimentos visualizando-os numa tela que compõe essa estação,

mostrando ao cadete os pontos que deve melhorar nas próximas missões, o que contribui para o conhecimento do piloto.

Quanto a terceira pergunta do questionário, os cadetes deveriam estar na fase de VI para respondê-la, além de terem realizado treinamentos da fase de IS no simulador da STS. Visando dimensionar a percepção desses cadetes quanto aos treinamentos no simulador da STS, a referida pergunta também utilizou a escala tipo Likert para a definição das respostas. Tais respostas foram compiladas e representadas no gráfico 3.

Gráfico 3 – O quanto você considera que o treinamento no simulador de voo da STS (durante as missões de Instrumento Simulado) lhe ajudou a preparar-se para as missões de Voo por Instrumentos?



Fonte: O autor.

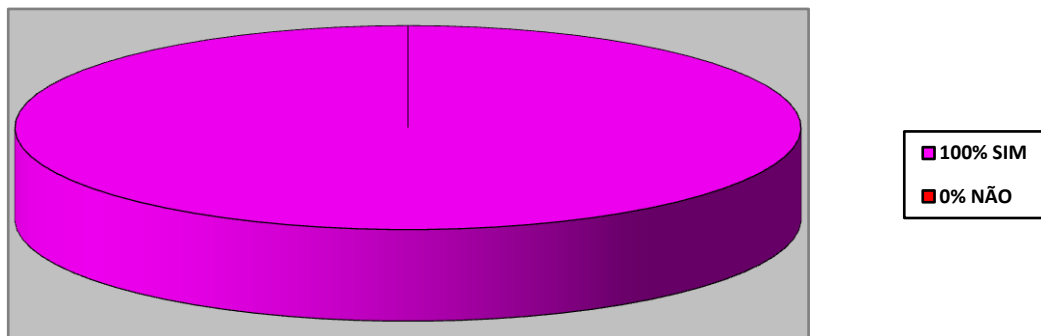
Avaliando as respostas apresentadas no gráfico 3, notou-se que apenas 10,3% classificou o treinamento no simulador da STS como indispensável na preparação para o voo por instrumentos. Vale destacar, no entanto, que 41,4% dos cadetes consideraram que esse treinamento ajudou muito no preparo, o que sinaliza que mesmo com seu aparato obsoleto – comentado no capítulo 3, o simulador da STS continua colaborando com a preparação dos cadetes.

A parcela de 37,9% que assinalou que tal simulador ajuda razoavelmente na preparação para o voo por instrumentos chama a atenção. Em entrevista presencial com um dos cadetes que respondeu o questionário, procurou-se entender o motivo que o levou a ter tal manifestação. Segundo este cadete – aqui denominado “cadete A” – que assinalou “razoavelmente” na terceira pergunta, ambas as plataformas ajudam na preparação para o tipo de voo em questão. No entanto, numa rápida comparação, ele atribui certo destaque para a plataforma X-Plane, examinando o simulador da STS como sendo um auxílio inferior/secundário e definindo seu treinamento como razoável.

Também de acordo com o cadete A, as missões de VI e de IS nem sempre ocorrem de forma paralela/conjugada, o que pode fazer com que o simulador da STS não se adéque ao preparo do cadete para o voo real. Para ilustrar esta abordagem, existem situações em que o cadete encontra-se na parte avançada da fase de VI (realizando procedimentos reais para pouso por instrumentos, por exemplo), porém ainda está realizando treinamentos da parte básica da fase de IS (realizando curvas, subidas e descidas cronometradas, por exemplo, algo que ele já aprendeu e sabe executar em voo). O adequado, segundo o cadete A, é que os exercícios de voo por instrumentos sejam realizados primeiramente no simulador para, após isso, serem realizados no voo real, o que tornaria a didática mais coerente.

No gráfico 4, foram compiladas as respostas da quarta pergunta. Diferentemente da primeira pergunta do questionário – que indagou se o cadete utiliza/já utilizou o software X-Plane, a quarta pergunta verificou se o cadete aviador, com sua experiência nos dois equipamentos de simulação, enxergava o X-Plane como um mecanismo potencial para auxiliar os alunos do 1º EIA.

Gráfico 4 – Você considera que o software X-Plane pode ser usado como uma ferramenta para ajudar o cadete aviador a preparar-se para o Voo por Instrumentos?



Fonte: O autor.

Mais uma vez houve uma resposta unânime: Todos os 29 cadetes consideraram que o X-Plane pode ser usado como uma ferramenta de auxílio na preparação para o voo por instrumentos.

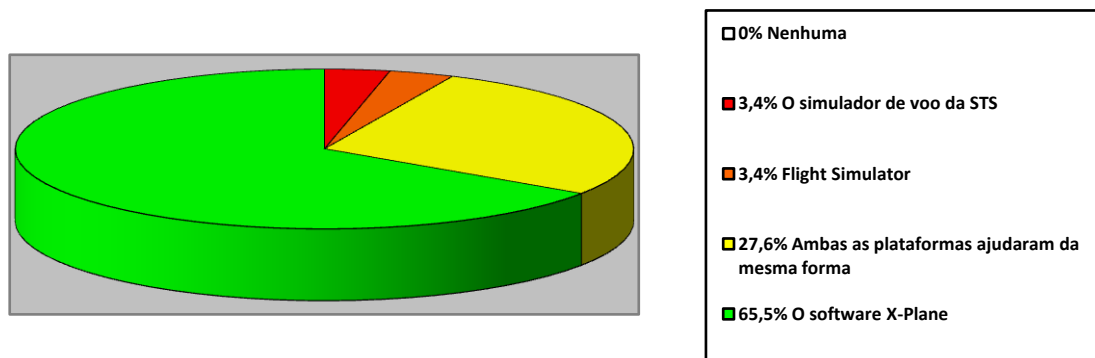
Isto posto, infere-se, de forma convincente, que é crível o direcionamento do X-Plane para esse tipo de atividade, abrindo possibilidades de experimentações com instrutores e cadetes. Seguindo essa tendência, no ano de 2020, a AFA começou a utilizar, de forma experimental, 3 estações de novos simuladores baseados no software X-Plane. Aproveitando-

se de dispositivos similares aos apresentados no capítulo 3, essa experimentação tem como base a décima primeira versão do software X-Plane e está em fase de testes. Resta, agora, avaliar o funcionamento dessas novas plataformas e adequá-las ao ensino da pilotagem militar, preparando instrutores do 1º EIA num trabalho de qualificação e padronização do treinamento com cadetes.

Realizando uma pesquisa descritiva à respeito dessas novas estações, observou-se que os ensaios executados com cadetes voluntários e instrutores da AFA estão seguindo um caminho promissor. Portanto, nota-se um horizonte de estudos em andamento que servirá como apoio a um possível programa de treinamento capaz de ser elaborado pelo 1º EIA.

Por fim, a quinta pergunta do questionário – representada pelo gráfico 5 – teve o propósito de fazer uma comparação entre as percepções dos cadetes em relação ao treinamento no X-Plane, no simulador da STS e em outras plataformas de simulação. O respondente precisou ser objetivo em escolher, dentre as plataformas, qual melhor lhe ajudou durante sua preparação para a atividade aérea na fase de VI.

Gráfico 5 – Qual plataforma você considera que melhor lhe ajudou a preparar-se para o Voo por Instrumentos?



Fonte: O autor.

Concluiu-se que um percentual de 65,5 apontou o X-Plane como a plataforma que melhor auxiliou nesse preparo. Os cadetes preferiram uma plataforma com baixa capacidade de replicar o ambiente físico da aeronave, mas que tem uma alta fidelidade em relação ao funcionamento dos instrumentos de voo, o que é essencial para o aprendizado e assimilação do sequenciamento de uma missão de VI. Lee (2005) afirma que “o treinamento do voo por instrumentos é um treinamento de habilidades procedimentais, e não de percepção motora” (LEE, 2005, p.77, tradução livre), o que explica a preferência dos cadetes.

O fato desse tipo de treinamento não ter como objetivo trabalhar a percepção motora do piloto não justifica a diferença entre os comandos de voo do simulador e da aeronave, o qual foi investigada por Herculian e por Lee. Herculian (2017) chegou a conclusão de que existe uma “influência negativa da diferença entre os parâmetros dos comandos de voo, comparando o simulador e a aeronave, no processo de aprendizagem do cadete” (HERCULIAN, 2017, p. 15). No livro de LEE (2005), é possível verificar que “Grandes diferenças entre os comandos do simulador e os comandos da aeronave podem acarretar problemas quando o piloto tenta transferir as habilidades de controle do simulador para a aeronave” (LEE, 2005, p.56, tradução livre).

Quanto aos 27,6% dos cadetes que consideraram que a plataforma da STS e o X-Plane ajudam da mesma forma, buscou-se verificar o motivo para tal. O segundo cadete entrevistado, aqui denominado como “cadete B” – que também respondeu o questionário – aponta que mesmo realizando treinamentos no X-Plane, o simulador da STS contribui igualmente no aprendizado. Essa afirmação se deve pelo fato de que, no ambiente de instrução do 1º EIA, onde são feitos os treinamentos com o simulador da STS, ele tem um entendimento apurado de seus erros através da interação com os instrutores do simulador, tirando suas dúvidas com os mesmos durante as missões de IS.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As missões de IS realizadas nos atuais simuladores da DOA, como abordado no capítulo anterior, auxiliam na preparação dos cadetes aviadores para as missões de VI, de acordo com a percepção dos mesmos. Frente a essa constante, com o passar dos anos, novas tecnologias e métodos de treinamento estão surgindo no campo aeronáutico, revolucionando a forma como se dá a instrução aérea no mundo inteiro. Seguindo essa tendência, o software X-Plane surge como uma plataforma que também pode ser implementada de maneira formal no curso básico da aeronave T-27 Tucano, sendo adequada como parte do programa de formação dos cadetes aviadores.

Com a possível implementação dessas novas tecnologias, a DOA teria à disposição um aparato que poderia vir a complementar as instruções que já são ministradas com os simuladores da STS. O emprego de simuladores baseados na plataforma X-Plane não só poderá trazer economia de recursos, mas também permitir uma instrução mais categórica, técnica e precisa, o que é bastante necessário para esse tipo de voo, exigindo do piloto maior antecipação e atenção simultânea nos diversos parâmetros de pilotagem.

Ademais, o treinamento eficiente disponibilizado por um simulador X-Plane permite uma maior flexibilidade no gerenciamento dos exercícios a serem executados, podendo alternar qualquer parâmetro desde a posição, velocidade e altitude da aeronave, até as condições meteorológicas da simulação. Essa versatilidade reforça a afirmação do potencial que essa plataforma possui.

Após a análise dos dados coletados através dos questionários e entrevistas, pôde-se discutir e observar como ocorre o preparo dos cadetes aviadores em simuladores. Além de permitir uma compreensão mais detalhada do uso das ferramentas de simulação, os resultados dessa análise mostraram que o X-Plane é uma ferramenta potencial para a formação dos pilotos de T-27. Desta forma, este trabalho atinge seu objetivo geral mostrando a importância e a necessidade da adequação de novos simuladores de voo do T-27, deixando em aberto uma sugestão de Problema de Pesquisa para futuros trabalhos monográficos: Como a DOA pode instituir, nas missões de IS, o treinamento em dispositivos baseados no software X-Plane?

Cabe, portanto, averiguar que viés a DOA pode tomar para um eficaz aproveitamento desses recursos, aderindo aos atuais pendores de, cada vez mais, executar o treinamento de seus alunos em simuladores mais próximos possíveis da aeronave. Desta forma, trabalhar-se-á tanto as habilidades gerenciais quanto as habilidades cognitivas dos pilotos, preparando-os para uma moderna Força Aérea.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Manual de Procedimentos do 1º Esquadrão de Instrução Aérea da Academia da Força Aérea**. Pirassununga, SP, 2020a.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional 2020**. Pirassununga, SP, 2020b.
- BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Agência Nacional de Aviação Civil. **Guia de Manobras para Instrução de Voo por Instrumentos**. 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/publicacoes/publicacoes-arquivos/guia-manobras.pdf/view>. Acesso em: 31 ago 2020.
- GONÇALVES, Heitor Álex Rios. **Uso de simuladores de voo para a instrução de voo na AFA**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) – Força Aérea Brasileira, Pirassununga, 2018.
- HERCULIAN, Guilherme Gonçalves. **A influência da diferença de parâmetros entre o simulador e a aeronave T-27 Tucano, no processo de aprendizagem do cadete do 4º ano da AFA**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Força Aérea Brasileira, Rio de Janeiro, 2017.
- LEE, Alfred. **Flight Simulation: virtual environments in aviation**. Surrey: Ashgate, 2005.
- MOLINA, Renzo Ricardo Torres. **Análise comparativa entre um dispositivo de treinamento da categoria AATD e o simulador utilizado na AFA, na fase de Voo por Instrumentos**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) – Força Aérea Brasileira, Pirassununga, 2017.
- NASCIMENTO, Maurício França Do. **Simuladores do voo como forma de auxílio na instrução aérea, com ênfase nos simuladores virtuais**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) – Força Aérea Brasileira, Pirassununga, 2013.
- REBELO, Diego Rocha. **Automação, Integração de dados e Instrumentação de um Simulador de Voo**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- X-PLANE 11, Blog. **X-Plane 11 Manual**. 2011. Disponível em: <https://www.x-plane.com/kb/x-plane-11-system-requirements/>. Acesso em: 08 abr 2020.

APÊNDICE A – Questionário monográfico

Este questionário é relativo ao Trabalho Monográfico do Curso de Formação de Oficiais Aviadores da Academia da Força Aérea que tem como tema: “A NECESSIDADE DA ADEQUAÇÃO DE NOVOS SIMULADORES DE VOO DO T-27 TUCANO NA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA”.

É composto por 5 questões relativas ao uso do simulador de voo da Seção de Treinamento Simulado (STS) do 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA), e do software de voo simulado X-Plane. Para respondê-lo, baseie-se em suas percepções no uso do simulador da STS e do software X-Plane.

Responda as questões 2 e 3 classificando as respostas de acordo com a escala tipo Likert, baseando-se nas notas de 1 a 5, em que 1 equivale a “Foi indiferente” e 5 equivale a “Foi indispensável”.

- 1) Você utiliza/já utilizou o software X-Plane para preparar-se para o Voo por Instrumentos?
(a) SIM (b) NÃO

- 2) Caso tenha respondido "SIM" na questão anterior, o quanto você considera que o treinamento no software X-Plane lhe ajudou a preparar-se para as missões de Voo por Instrumentos?
(1) Foi indiferente (2) Pouco (3) Razoavelmente (4) Muito (5) Foi indispensável

- 3) O quanto você considera que o treinamento no simulador de voo da STS (durante as missões de Instrumento Simulado) lhe ajudou a preparar-se para as missões de Voo por Instrumentos?
(1) Foi indiferente (2) Pouco (3) Razoavelmente (4) Muito (5) Foi indispensável

- 4) Você considera que o software X-Plane pode ser usado como uma ferramenta para ajudar o cadete aviador a preparar-se para o Voo por Instrumentos?
(a) SIM (b) NÃO

- 5) Qual plataforma você considera que melhor lhe ajudou a preparar-se para o Voo por Instrumentos?

- (a) Nenhuma
- (b) O simulador de voo da STS
- (c) O software X-Plane
- (d) Ambas as plataformas ajudaram da mesma forma
- (e) Outra: _____