

SIMULADORES: UMA ANÁLISE DA SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO DOS CADETES NO VOO DE FORMATURA¹

SIMULATORS: AN ANALYSIS OF THEIR INFLUENCE ON CADET PERFORMANCE IN GRADUATION FLIGHT

Ayrton Queiroz de Souza Neto²
Evelyn Aparecida de Oliveira³

RESUMO

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é realizar uma análise da influência dos simuladores no desempenho dos cadetes na fase de voo de formatura no 1º EIA (Esquadrão de Instrução Aérea). Foi identificada a relação entre a evolução dos simuladores de voo ao longo dos anos bem como a média das notas recebidas pelos cadetes. Além disso, foi quantificada a taxa de atrito na fase de voo de formatura, sendo esta a métrica que representa o número de cadetes que não conseguiram concluir o curso com aproveitamento. Para isso, foram coletadas e analisadas por meio de análise de variância as notas referentes à essa fase, atribuídas aos cadetes ao longo dos anos de 2017 e 2022 nas turmas Fenrir e Anúbis, respectivamente, e a evolução da tecnologia usada nos simuladores da AFA. Por meio dessa análise, foi estabelecido uma conexão entre o desempenho dos cadetes nessa etapa, o progresso no desempenho dos cadetes na fase de formatura e a influência desses dois fatores no desempenho individual dos cadetes que participaram do treinamento. Os resultados obtidos mostraram uma diferença significativa entre as notas das duas turmas, sendo que a turma Anúbis teve um maior índice de notas baixas, essa diferença levanta questões sobre a efetividade dos simuladores, embora diversos fatores possam influenciar o desempenho dos cadetes. Por fim, a análise concluiu que os simuladores de voo representam uma inovação crucial no treinamento aeronáutico. Essa pesquisa foi realizada por meio de revisões bibliográficas, análises estatísticas dos dados coletados e foram utilizados métodos de pesquisa qualitativa.

Palavras-chave: Simuladores; Voo de formatura; Desempenho no voo de formatura; Treinamento.

¹ Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

² Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Árion, 2024).

³ 1º Ten QOCon Magistério de Análise de Sistemas. Doutora em Modelagem Computacional pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Academia da Força Aérea. E-mail: evelyneao@fab.mil.br

ABSTRACT

This thesis aims to conduct an analysis of the influence of flight simulators on cadets' performance during the formation flight phase at the 1º EIA (Aerial Instruction Squadron). This study identified the relationship between the evolution of flight simulators over the years and the average grades received by cadets. Additionally, the attrition rate during the graduation flight phase was quantified, representing the number of cadets who failed to complete the course successfully. Data was collected and analyzed using variance analysis from the years 2017 to 2022, focusing on cadets from the Fenrir and Anubis squadrons, and the technological advancements in the AFA simulators. This analysis established a connection between cadets' performance during this phase and the technological evolution in simulators, as well as the influence of these factors on individual performance. The results showed significant differences between the two classes, with the Anubis class exhibiting a higher rate of lower grades, raising questions about the effectiveness of the simulators despite various influencing factors. The study concludes that flight simulators are a crucial innovation in aeronautical training. This research was conducted through literature reviews, statistical analysis of collected data, and qualitative research methods.

Keywords: Simulators; Formation flight; Formation flight performance; Training.

INTRODUÇÃO

O surgimento da aviação trouxe consigo a necessidade da existência de treinamentos para que os pilotos possam aperfeiçoar suas habilidades em voo. Então, desde o início da aviação os simuladores são usados para treinar os tripulantes de aeronaves, com o objetivo de fornecer uma experiência operacional da aeronave próxima à realidade (Acosta, 2021). O treinamento na formação de pilotos e tripulação em geral se tornou mais fácil, seguro, menos custoso e mais ágil, já que muitas limitações encontradas no voo real podem ser contornadas por essa tecnologia, como a meteorologia, o preço, a disponibilidade e principalmente oferece segurança para os novos pilotos (Bacciotti, 2016).

Na Academia da Força Aérea (AFA), os cadetes do segundo e quarto ano do Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) realizam respectivamente os cursos primário na aeronave T-25 e o curso básico na aeronave T-27, passando por diversas missões avaliadas em critérios pré-definidos pelo instrutor. Ao final do voo o cadete recebe uma nota de 1 a 6, onde as notas 1 e 2 são insatisfatórias enquanto as notas 3, 4, 5 e 6 permitem o cadete prosseguir para a próxima missão. A nota 1 é considerada um voo perigoso, impedindo o cadete de continuar no curso, a nota

2 é considerada deficiente e faz com que o aluno tenha que repetir a missão, caso receba a terceira nota dois, o cadete também é desligado do curso (Ministério da Defesa, 2023).

Os cadetes da AFA passam por diversas fases de treinamento de voo, uma dessas fases é o voo de formatura como prevê a ICA 37-113 (2009). O voo de formatura consiste em uma operação coordenada de duas ou mais aeronaves voando próximas entre si em formatos pré-definidos, essa atividade permite uma maior proteção para todos os integrantes, além de possibilitar um mascaramento em possíveis radares, visando obter uma vantagem em missões militares (Marinha do Brasil, 2023). Além disso, como acontece com os pássaros, cada uma das asas voa em uma corrente ascendente gerada por todas as outras asas na formação, e isso resulta em uma menor taxa de trabalho para manter o voo em cada asa, bem como para toda a formação. As teorias aerodinâmicas provam a eficiência do voo de formatura nas aves, e ao compararmos com o voo de formatura de aeronaves pode-se perceber que esses benefícios também se expandem, a redução de trabalho está relacionada com a distância lateral das asa, ou seja, quanto mais perto os aviões estão, menos trabalho será realizado (Hummel, 1995).

Segundo Law (2013), em diversas áreas a simulação permitiu à humanidade estudar sistemas complexos da vida real por meio da análise desses modelos realistas, isso facilitou a obtenção de informações sobre funcionamento e testagem de suposições para resolução de problemas.

Os simuladores de modo geral auxiliam na aprendizagem em distintas aplicações, como, por exemplo, na área de enfermagem para realização de cirurgias removendo os riscos para os pacientes e garantindo um aprendizado seguro (Youngblut; Hutchings, 2004).

Segundo Gredle (2002), com o aumento das tecnologias na área de simulação, pôde-se perceber ainda mais a eficiência do aprendizado quando o aluno é inserido em um ambiente específico que o aluno pode se desenvolver, e isso é proporcionado pelo simulador. Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo responder o seguinte problema de pesquisa: em que medida o uso de simuladores pelos cadetes aviadores pode influenciar no desempenho no voo de formatura de duas aeronaves?

Para isso, o trabalho se concentra na verificação do seguinte objetivo geral: analisar o desempenho e a efetividade da formação dos cadetes, com foco na fase de voo de formatura e no uso de simuladores como ferramenta de treinamento. E os seguintes objetivos específicos: identificar as notas e suas variâncias dos cadetes no voo de formatura; identificar o número de

cadetes que obtiveram um voo deficiente devido à fase de formatura e verificar o uso do simulador nesses casos; e constatar o nível de efetividade do uso dos simuladores na formação.

Tendo isso em vista, foi realizada uma análise comparativa entre as notas dos cadetes da turma Chronos de 2017 – período este em que o simulador de voo no treinamento dos cadetes aviadores ainda não era tão evoluído tecnologicamente –, e as notas dos cadetes das turmas Anubis do ano de 2019, períodos nos quais o simulador já havia sido introduzido de maneira muito mais completa e evoluída no treinamento dos pilotos.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Existe uma grande discussão a respeito da origem do avião, no Brasil é mais aceito que a autoria é do inventor Santos Dumont, porém, para os Estadunidenses acredita-se que quem criou o primeiro avião foram os Irmãos Wright. Independente da autoria desse vetor, sabe-se que a origem dos simuladores de voo é muito próxima do primeiro voo, sendo ele em 1903 com os Irmão Wright ou em 1906 com Santos Dumont.

Enquanto a aviação ainda estava em seus primeiros passos, foram inúmeros os acidentes que deixaram vítimas e trouxeram prejuízos financeiros e materiais, dificultando o avanço na área. A falta de experiência e habilidade dos pioneiros na aviação mostrou a necessidade de se preparar com antecedência para os voos, pois qualquer erro após a decolagem poderia levar a severos prejuízos. Poucos anos depois da criação do avião, os inventores e entusiastas da aviação já perceberam a necessidade que se tinha de preparar os pilotos antes da decolagem, caso contrário, sem saber o mínimo dos comandos de voo e das condições existentes durante o voo, a evolução iria ser muito difícil. Tendo isso em vista, os inventores da época trataram de criar os chamados treinadores de voo, que hoje graças às evoluções tecnológicas são conhecidos como simuladores. Nos seus primeiros passos, os treinadores eram aviões em tamanho real, fixados ao solo a fim de proporcionar o treino dos comandos, com a evolução das ciências aeronáuticas e da tecnologia, hoje temos simuladores super avançados onde podemos ter uma sensação quase idêntica ao voo real.

1.1 SIMULADORES DE VOO

1.1.1 Histórico dos simuladores

Em 1910 surgiram os primeiros simuladores de voo, os mais notórios da época foram o “*Sanders Teacher*” (Figura 1) e os inventos de Eardley Billing (Figura 2), conhecidos como *Oscillators*, eram aeroplanos sobre uma articulação universal fixo ao solo. Os objetivos dessas invenções eram de permitir a aprendizagem dos movimentos necessários para o controle do avião, assim como raciocinar com o vento nas superfícies do aeroplano, Eardley Billing foi um importante inventor da época que desenvolveu os treinadores de voo, seus *Oscillators* tiveram uma influência imensa no desenvolvimento do voo (Força Aérea Brasileira, 2016).

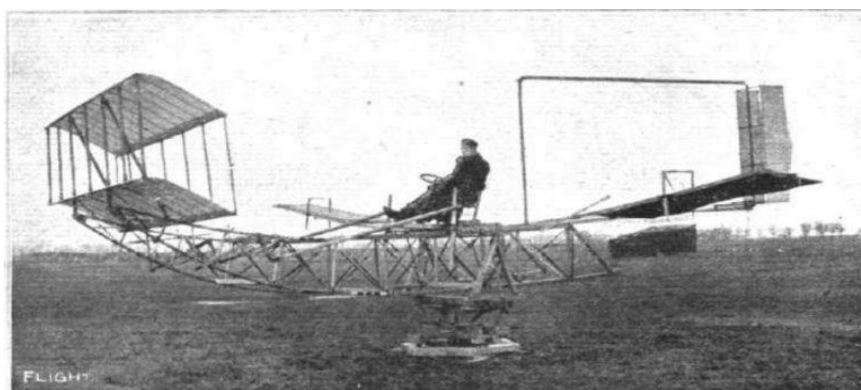


Figura 1 Simulador *Sanders Teacher*

Fonte: Av8rAero Flight Simulation (2018)



Figura 2 *Oscillator* de Eardley Billing

Fonte: FlightGlobal (2005)

Após esses simuladores foi criado o “Barril de aprendizado de Antoniette” (Figura 3), foi o primeiro simulador que não era baseado em vento, também surgiu em 1910. Pode ser considerado uma estrutura sintética, isto é, não se tratava de um avião fixo ao solo. Este simulador consistiu essencialmente em duas metades de tambor, um colocado em um pedestal e o outro que representava um cockpit. O piloto sentava-se no meio do barril superior, que era movido manualmente e, em seguida, tinha que controlar várias situações de voo. (Força Aérea Brasileira, 2016).



Figura 3 Barril de aprendizado de Antoniette

Fonte: Instituto Histórico-Cultural Da Aeronáutica (2016)

Após os primeiros passos no desenvolvimento dos simuladores, essa área foi sendo cada vez mais evoluída, com o objetivo de atingir uma capacidade operacional máxima e permitindo que os pilotos experienciem situações de voo reais sem os riscos pessoais e materiais envolvidos no processo, tornando-os mais preparados para o voo (Lemos, 2021).

De acordo com o que foi publicado no portal oficial da FAB em 2021, os primeiros simuladores de voo da aeronave T-27 tiveram sua inauguração em 1991 (Figura 4), eram dotados de sistemas pneumáticos que permitiam que os mesmos se movessem, simulando o movimento do voo. Em 2020 houve a inauguração dos simuladores T-2000 (Figura 5), este já muito mais evoluído, com telas que permitiam a visualização da área de instrução, tais atualizações permitiram o treinamento para diferentes tipos de missões, como conceitos primário e de teoria de voo, regras de tráfego

aéreo, e até conceitos mais avançados como manobras e acrobacias, voo de formatura, voos noturnos e voos de navegação.



Figura 4 Simulador na AFA em 1991

Fonte: Portal da FAB (2021)



Figura 5 Simulador T-2000

Fonte: Portal da FAB (2021)

Os avanços tecnológicos persistiram, resultando no desenvolvimento do simulador T-4000 (Figura 6), o qual é muito mais avançado e capaz de proporcionar uma experiência de imersão aprimorada, se comparado com seus antecessores, como o T-2000 ou o T-3000. Além disso, o

simulador T-2000 continua a ser atualizado para evitar que se torne obsoleto, com o propósito de aprimorar a instrução e otimizar o desempenho durante o treinamento para voos reais.



Figura 6 Simulador T-4000

Fonte: Portal da FAB (2021)

1.1.2 Voo de formatura

Voo de formatura consistem em voos de múltiplos objetos coordenadamente. Pode ser observado na natureza em diversas aves, e também na aviação, principalmente na aviação militar. É aquele onde duas ou mais aeronaves voam bem próximas sob o comando de um líder. Seu surgimento se deu durante a Primeira Guerra Mundial, graças à necessidade de haver um acompanhamento para que haja uma proteção mútua dos integrantes. Muitas evoluções das tecnologias na área da aviação ocorreram, e a Segunda Guerra presenciou esse tipo de voo em um número enorme que foram essenciais em diversas batalhas.

Formatura é a fase mais vibrante do curso de piloto militar, onde aprenderemos os conceitos básicos do emprego do avião como armamento. Neste tipo de voo o espírito de equipe e disciplina serão fundamentais para o sucesso. [...] (MAIV, 2024, p. 5-1).

1.1.3 Desenvolvimento de Competências por Meio de Simuladores

De acordo com Antonio Pazin Filho (2007) :

A simulação é uma técnica de ensino que se fundamenta em princípios do ensino baseado em tarefas e se utiliza da reprodução parcial ou total destas tarefas em um modelo artificial, conceituado como simulador. Sua aplicação é relacionada, em geral, à atividades práticas, que envolvam habilidades manuais ou decisões. Historicamente se desenvolveu isoladamente em diversas áreas do conhecimento humano e apenas recentemente começa a ser sistematizada [...] (Pazin, 2007, p. 01).

A simulação pode ser a solução de diversos tipos de problemas, ela facilita muito em momentos como por motivo de tempo, de segurança, por questões éticas, físicas, climáticas etc. Acelera muito a capacidade de aprendizagem geral, considerando que alguns sistemas dependem de acontecimentos que exigem naturalmente um tempo ou momentos específicos para estarem na condição desejada, por exemplo, no caso do estudo de populações e das mudanças na natureza (Baladez, 2009).

Pode-se perceber uma necessidade similar pelos simuladores da aviação na área da saúde. Um problema da saúde pública que está entre as principais causas de mortalidade são as Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS), que são principalmente adquiridas no ambiente hospitalar. Existem várias medidas que visam a diminuição das taxas de IRAS, como treinamento de equipes, implantação e manutenção de programas de controle de IRAS realização de checklists para inserção e manipulação de dispositivos invasivos, comunicação entre equipes por meio de mensagens eletrônicas e de redes de computadores internas, entre outros. Porém, nos últimos anos vem se destacando o uso de simuladores na educação dos profissionais dessa área, visto que inibe a transmissão das IRAS. Vale ressaltar que os ganhos com o uso dos simuladores vão além da segurança, diversos estudos mostraram que o treino com simuladores aumentou as habilidades e o desempenho nos procedimentos médicos, em relação aos estudos em que não houve o treinamento (Silva, 2015).

Outra área que faz uso de simuladores para disseminar seus ensinamentos é a astronomia, citaremos aqui o software Stellarium, que se trata de um simulador que retrata o céu em tempo real, com ele é possível visualizar vários astros e corpos celestes como planetas, estrelas, nebulosas e galáxias. Esse programa também permite regredir a avançar no tempo, proporcionando a visualização de eventos que ocorreram ou que ainda irão ocorrer. Alguns de seus usos são: acompanhar e entender as fases da lua, eclipses, movimento dos planetas e satélites, tanto naturais como artificiais e observar detalhes surpreendentes dos corpos celestes. Todas essas funcionalidades mostram a utilidade do simulador nessa área, a maioria delas seria muito difícil ou praticamente impossível sem o uso desse software (Becker,2011).

Os exemplos supracitados demonstram a amplitude da utilidade desses simuladores, são essenciais em suas áreas, isso se repete na aviação, são muitas as dificuldades para que um avião possa sair do solo, o preço da hora de voo, o combustível, o horário do dia e o clima são apenas alguns exemplos. Todas essas podem ser superadas com o uso dessa tecnologia, ela está livre das chuvas, não há necessidade de combustível, é possível treinar a qualquer hora. Isso permite uma maior capacitação dos pilotos, que podem estender seu treinamento para o solo, chegando no avião real muito mais preparado.

1.1.4 Simuladores de voo na Academia da Força Aérea

São inúmeras as utilidades dos simuladores de formatura, segundo a Agência Nacional de Aviação (ANAC), algumas das vantagens de se utilizar um simulador de voo em um treinamento são: possibilidade de se treinar determinadas situações de emergência em voo, sem risco à vida dos profissionais; o treinamento é mais eficiente do que o realizado em aeronave, sendo possível repetir rapidamente exercícios e manobras; economia de combustível e com a manutenção da aeronave; menor impacto ambiental.

Na Academia da Força Aérea os simuladores hoje são divididos em T-2000, T-3000 e T-4000. Sendo que o primeiro se trata de um simulador com três telas para que a pessoa que estiver tendo a instrução possa ter uma visão ampla similar ao que se vê na nacele. O segundo é muito similar ao primeiro, porém no lugar das telas a visão é dada por realidade virtual, que acompanha o movimento da cabeça, avançando mais um degrau na proximidade com o voo real, por exemplo, para ver alguma coisa que está a esquerda do avião, o instruído deve mover a cabeça para esquerda. O T-4000 é praticamente uma nacele, com algumas telas para a visualização, é o mais próximo que se tem da realidade, seu interior não difere em nada do avião verdadeiro, apesar de não ter o óculos de realidade virtual, permite uma visualização ampla de 180° e com uma resolução bastante próxima da realidade, sua função é auxiliar os cadetes na tomada de decisão quando alguma pane ocorre, fornece uma melhor memória mecânica, já que é igual uma nacele real, enquanto os outros são utilizados, na maioria das vezes, para realizar treinamentos de procedimentos em situações normais.

2 METODOLOGIA

2.1 PROCEDIMENTO DE COLETA

Neste trabalho, a metodologia adotada é semelhante ao estudo realizado por Magalhães (2023) em seu Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado “Impacto da implementação do treinamento de simulador na fase de pré-solo do estágio primário no CFOAV” e apresentado à Academia da Força Aérea. Tal como Magalhães (2023), o presente estudo emprega o método ANOVA para fazer a comparação dos dados obtidos, aplicando-se a mesma abordagem metodológica mas em uma abordagem temática diferente, uma vez que visa avaliar o impacto dos simuladores na fase de voo de formatura.

Este estudo contemplou uma análise qualitativa realizada por meio de revisões bibliográficas. Essa abordagem permitiu que fosse realizada uma investigação mais abrangente sobre o contexto teórico e prático relacionado ao uso de simuladores de voo na formação de cadetes.

Além disso, conduziu-se uma análise de caso para examinar os desempenhos dos Cadetes dos Esquadrões Fenrir e Anúbis durante o curso no Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea, com o intuito de responder à questão de pesquisa sobre o impacto do simulador de voo na taxa de desligamento dos Cadetes Aviadores na fase de formatura. O estudo adotou uma abordagem quantitativa, utilizando dados coletados na Academia da Força Aérea para realizar análises de variância e estatísticas descritivas, visando alcançar os objetivos da pesquisa, os dados foram obtidos através do 1 Esquadrão de Instrução Aérea, que disponibilizou apenas as notas de todas as missões de formatura durante os anos estudados, sem divulgar nomes ou qualquer dado pessoal dos cadetes.

Foram utilizadas as notas de voo obtidas pelos cadetes do quarto ano dos anos de 2017 e 2022 durante a fase de formatura com duas e quatro aeronaves no curso do T-27.

A pesquisa contemplou uma quantidade de 109 Cadetes da turma Fenrir e 83 da turma Anubis, que não foram identificados. Dentre esses, haviam os que terminaram esta fase do curso com aproveitamento, e os que foram reprovados no Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea após receberem três graus deficientes (grau 2) ou um grau perigoso (grau 1). Ressalta-se que é possível que, após ser reprovado no curso, o Cadete Aviador faça um Requerimento de Reconsideração de Reprovação (RRR) de acordo com o Projeto pedagógico de curso para o Curso de Formação de

Oficiais Aviadores. Após esse pedido o Cadete passa por um processo de assessoria, onde o Comandante da Academia da Força Aérea, juntamente com todos os setores que fazem parte da vida do Cadete, reúnem-se para decidir pelo prosseguimento do Cadete no curso ou sua exclusão.

2.2 TRATAMENTO DOS DADOS

A análise de variância trata-se de um método estatístico usado para verificar se existem diferenças significativas entre as médias de grupos independentes. A ANOVA testa a hipótese nula de que as médias dos grupos são iguais, em oposição à hipótese alternativa de que pelo menos uma das médias é diferente. Se a variância entre os grupos (variação devida à interação entre os grupos) for significativamente maior do que a variância dentro dos grupos (variação devida ao acaso), a hipótese nula é rejeitada. A ANOVA é uma ferramenta estatística que possibilita a comparação das médias de diferentes grupos, determinando se as diferenças observadas acontecem devido ao acaso ou se são estatisticamente significativas.

Dessa forma, realizou-se uma análise de variância (ANOVA) de fator único para determinar se houve uma variação significativa no número de graus deficientes entre a turma que recebeu treinamento virtual simulado e aquela que não recebeu.

Os dados foram coletados de duas amostras independentes: uma com o treinamento simulado e outra sem. A média de graus deficientes por cadete foi calculada para cada grupo, utilizando a soma de deficientes dividida pela quantidade de missões. Em seguida, a ANOVA de fator único foi aplicada utilizando a ferramenta de análise de dados do Excel para testar se havia diferenças estatisticamente significativas entre as médias e variâncias dos grupos, indicando uma possível disparidade entre as duas formações.

O P-valor (valor de probabilidade) é uma medida estatística que ajuda a determinar a significância dos resultados de um teste, indicando a probabilidade de se observar os dados coletados se a hipótese nula for verdadeira. Um P-valor baixo sugere que há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula, indicando um efeito ou diferença significativa.

A soma dos quadrados (SS) é uma medida que quantifica a variabilidade total nos dados, sendo decomposta em duas partes principais: a soma dos quadrados entre grupos (SSG), que representa a variação observada entre diferentes grupos, e a soma dos quadrados dentro dos grupos (SSD), que representa a variabilidade encontrada dentro de cada grupo individualmente.

Os graus de liberdade (*GL*) determinam quantos valores independentes podem ser utilizados para calcular a soma dos quadrados. Para *SSG*, os graus de liberdade são calculados subtraindo-se um do número de grupos. Já para *SSD*, os graus de liberdade são calculados como o total de observações menos o número de grupos.

A média quadrática (*MQ*) é obtida dividindo a soma dos quadrados pelo número correspondente de graus de liberdade. A *MQ* entre grupos (*MQG*) é calculada como o quociente entre *SSG* e *GLG*, enquanto a *MQ* dentro dos grupos (*MQD*) é calculada como o quociente entre *SSD* e *GLD*.

O valor crítico de *F* (*F_c*) é usado para avaliar se a diferença entre as médias dos grupos é estatisticamente significativa. Ele é calculado com base no nível de significância, nos graus de liberdade do numerador (*GLG*) e do denominador (*GLD*), e no tamanho da amostra. O *F_c* representa o limiar de *F* necessário para rejeitar a hipótese nula, que sugere que não há diferenças significativas entre as médias dos grupos. Quando o valor de *F* obtido durante a análise supera o *F_c*, a hipótese nula é rejeitada, indicando diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos grupos. Por outro lado, se o valor de *F* não ultrapassar o *F_c*, não há evidência suficiente para rejeitar a hipótese nula, o que implica que não podemos afirmar a presença de diferenças significativas entre as médias dos grupos.

As fórmulas utilizadas para o cálculo dos componentes mencionados são vistas na Tabela 1.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Média quadrática	F
Dentro	$SSD = \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^l (x - \bar{x})^2$	$GL_d = k - 1$	$MQD = \frac{SSD}{GL_d}$	$F = \frac{MSG}{MSD}$
Entre	$SSG = \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \bar{x})^2$	$GL_g = n - k$	$MQG = \frac{SSG}{GL_g}$	
Total	$SST = \sum_{j=1}^n (\bar{x}_j - \bar{x})^2$	$GL_t = n - 1$		

Tabela 1 Fórmulas, Excel

Fonte: Produzida pelo autor

É comum que cadetes reprovados solicitem reconsideração da reprovação, e, com base no histórico do cadete, uma análise mais detalhada de seu progresso no processo de ensino-aprendizagem da atividade aérea pode sugerir uma segunda chance. Isso significa que, incluindo um reforço adicional nos treinamentos, pode ajudar a superar as deficiências apresentadas. Isso evitaria que o cadete fosse desligado da AFA.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO PARCIAIS

Os seguintes resultados foram obtidos após a confecção da ANOVA pelo programa Excel:

Anova: fator único

Resumo				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Fenrir	1358	6499	4,78571429	0,31145384
Anubis	1523	7006	4,60013132	0,47666227

ANOVA

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	24,72479147	1	24,7247915	61,9991805	4,83E-15	3,844691
Dentro dos grupos	1148,122831	2879	0,39879223			
Total	1172,847622	2880				

Tabela 2 ANOVA, Excel

Fonte: Produzida pelo autor

O Fator alfa na ANOVA de fator único indica o nível de significância escolhido pelo usuário para o teste de hipóteses. Nesse teste, a hipótese nula afirma que as médias de todas as amostras são iguais, enquanto a hipótese alternativa sugere que pelo menos uma média é diferente. O nível de significância (alfa) representa a probabilidade de rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira. Por exemplo, um alfa de 0,05 significa uma chance de 5% de cometer um erro ao rejeitar a hipótese nula. O valor padrão do alfa no Excel é 0,05, mas o usuário pode modificar esse nível de significância conforme as necessidades da análise.

Na ANOVA, o P-valor varia entre 0 e 1 e é utilizado para decidir se a hipótese nula deve ser rejeitada. Se o valor de P for menor que o nível de significância (alfa), a hipótese nula é rejeitada, indicando que as médias dos grupos são estatisticamente diferentes.

Como apresentado na Tabela 2, o valor de P obtido na análise entre os dois grupos foi de 4,83E-15, significativamente inferior ao nível de significância de 0,05. Portanto, podemos concluir que há uma diferença estatisticamente significativa nas médias de atrito durante a fase de Formatura dos Esquadrões. Observa-se também que o valor de F (61,9991805) excede o valor crítico de F (3,844691), Portanto, conforme indicado na Tabela 2, é possível concluir que as médias dos grupos diferem de maneira significativa, rejeitando assim a hipótese nula.

Ao se constatar que realmente houve uma diferença significativa entre os dois anos na instrução do voo de formatura, foram calculadas alguns dados estatísticos a fim de identificar de que maneira essa diferença significativa impactou os Cadetes desses dois anos, para isso foi utilizado o programa Jamovi.

Na Tabela 3, podemos perceber que o “N” trata-se do número de missões realizadas pelas respectivas turmas. Na linha “Omisso” é possível perceber que estão sobrando missões na turma Anubis, ou seja, esta turma realizou no total 165 missões a mais que a turma Fenrir, vale lembrar que o curso de formatura da turma de 2017 era composto de 14 missões enquanto o da turma de 2022 continha 18. Pela tabela, também podemos verificar que a média da turma Fenrir foi de 4,79 e o da Turma Anubis de 4,60, então antes das evoluções nos simuladores da AFA a média era maior em 0,19 pontos. A mediana manteve-se 5 para as duas turmas. Um desvio padrão maior indica que os dados do conjunto estão mais dispersos, ou seja, são menos regulares, na turma Anubis houve um maior desvio padrão. Em ambas as turmas não houveram voos perigosos (grau 1).

Estatística Descritiva		
	Fenrir	Anubis
N	1358	1523
Omisso	165	0
Média	4,79	4,60
Mediana	5,00	5,00
Desvio padrão	0,558	0,690
Mínimo	2	2
Máximo	6	6

Tabela 3 Estatística Descritiva, Jamovi

Fonte: Produzida pelo autor

Foi utilizado o mesmo programa para calcular as frequências relacionadas às notas de cada Cadete.

Realizando-se uma análise superficial das frequências apresentadas na Tabela 4, é possível perceber que a porcentagem de graus 2 e 3, que são as duas notas mais baixas, são maiores na turma Anubis, ao passo que a porcentagem de graus 5 e 6, que são as notas mais altas, são maiores na turma Fenrir.

Ao analisarmos esses dados, tanto das estatísticas descritivas quanto das frequências, percebemos que as notas eram melhores no passado. Tal fato, não pode ser associado diretamente à inserção dos simuladores de voo, isso porque existem muitos outros fatores que precisam ser considerados.

Frequências

Frequências da Fenrir			
Fenrir	Contagens	% do total	% acumulada
2	16	1,2%	1,2%
3	7	0,5%	1,7%
4	271	20%	21,6%
5	1022	75,3%	96,9%
6	42	3,1%	100%

Frequências da Anubis			
2	44	2,9%	2,9%
3	24	1,6%	4,5%
4	453	29,7%	34,2%
5	978	64,2%	98,4%
6	24	1,6%	100%

Tabela 4 Frequências, Jamovi

Fonte: Produzida pelo autor

Foi observado diversas causas para esta divergência nas notas, as Ordens de Instrução das duas turmas eram diferentes, enquanto na turma Fenrir haviam 14 missões, na turma Anubis haviam 18, as turmas também tinham números diferentes de integrantes. Um dos fatores que também pode ter influenciado nessa mudança foi o critério de avaliação, por ter a facilidade do simulador e mais missões, possibilitando assim mais treinamento, os instrutores tinham a possibilidade de serem mais rigorosos, cobrando mais de cada um, resultando em notas menores e um maior número de deficientes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os simuladores de voo representam uma inovação crucial no treinamento aeronáutico, oferecendo uma série de benefícios que vão além da simples replicação de condições de voo. Essas tecnologias avançadas permitem aos pilotos em formação explorar cenários diversos, praticar procedimentos complexos e enfrentar desafios realistas em um ambiente controlado e seguro. Além de proporcionar uma experiência imersiva, os simuladores também permitem repetições ilimitadas e *feedback* imediato, facilitando a aprendizagem e a correção de erros antes de enfrentarem situações reais. Esta capacidade de simulação não apenas aumenta a eficiência do treinamento, mas também reduz custos operacionais significativos associados ao treinamento em aeronaves reais. A integração dos simuladores na instrução aérea moderna tem sido um divisor de águas, preparando os pilotos para os desafios dinâmicos e exigentes do espaço aéreo global de maneira mais eficaz e segura.

Analisando os dados coletados em relação aos objetivos propostos, foi possível identificar disparidades significativas entre as notas obtidas pelas turmas Fenrir e Anubis. Essa análise está diretamente relacionada ao objetivo específico de identificar as notas e suas variâncias no voo de formatura. A predominância de notas mais altas na turma Fenrir, em contraste com o maior índice de notas baixas na turma Anubis, desperta preocupações quanto à efetividade do simulador como ferramenta de treinamento.

Analisando com maior profundidade as possíveis causas dessa relação, podemos perceber que a diferença não se limita somente às notas de voo. Particularidades como a forma que foram confeccionadas as Ordens de Instrução, a quantidade de missões realizadas e o tamanho das turmas também surgiram como fatores significativos. Todos esses fatores podem influenciar diretamente no dinamismo e na evolução dos cadetes no curso.

Outro fator de extrema importância que deve ser levado em conta é o critério adotado pelos instrutores durante a avaliação. Como os simuladores são recursos que oferecem mais recursos e oportunidades de treinamento, os instrutores podem ter modificado os padrões de avaliação, possivelmente adotando critérios mais rigorosos. Esse possível aumento nas exigências na instrução pode ter contribuído para a diminuição das notas, e, se esse for o caso, mostra que, apesar da diminuição das notas, a qualidade dos pilotos aumentou graças à possibilidade de aumento na cobrança graças aos avanços no treinamento simulado.

É de extrema importância ressaltar que a associação entre a introdução de inovações nos simuladores e a piora das notas deve ser interpretada com cautela. Faz-se necessário lembrar que não é possível acusar diretamente as novidades nos simuladores pelos resultados mais fracos. Além disso, o fenômeno é complexo e está sujeito a diversas influências interconectadas, que vão desde as características de cada dos alunos até as estratégias pedagógicas adotadas pelos instrutores. Para uma total compreensão deste cenário, é necessário explorar a fundo todas essas variáveis.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, João Pedro Lima. COSTA, Nagi Hanna Salm. **A relevância do treinamento de habilidades não técnicas na atuação de pilotos de avião.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 2021.

BACCIOTTI, Abdiel Carlos de Jesus. **Simuladores de voo e sua aplicabilidade na formação de pilotos.** Ciências Aeronáuticas-Unisul Virtual, 2016.

BALADEZ, Fabio. **O passado, o presente e o futuro dos simuladores.** FaSci-Tech, v. 1, n. 1, 2016.

BECKER, Willyan Ronaldo; STRIEDER, Dulce Maria. **O uso de simuladores no ensino de astronomia.** Encontro nacional de informática e educação, v. 2, p. 398, 2011.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Ensino, Academia da Força Aérea, **Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA.** Pirassununga, 2023.

CORRÊA, Luiz N. **Metodologia Científica para Trabalhos Acadêmicos e Artigos Científicos.** Florianópolis: Do Autor, 2008.

DARÓZ, Carlos Roberto Carvalho. **VOANDO NA GRANDE GUERRA: OS AVIADORES BRASILEIROS NA 1ª GUERRA MUNDIAL.**

DOS SANTOS FERREIRA, Raquel Franco. **Uma história da campanha nacional da aviação (1940-1949): o Brasil em busca do seu 'Brevê'.** Revista Cantareira, n. 17, 2012.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. **Sobre a AFA,** 2014. Disponível em: <<https://www2.fab.mil.br/afa/index.php/sobre-a-afa>>. Acesso em 28 de jun. 2023.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. **Os Primórdios dos Simuladores de Voo,** 2016. Disponível em: "<http://www2.fab.mil.br/musal/index.php/projeto-av-hist/62-projeto-avhist/470-os-primordios-dos-simuladores-de-voo>". Acesso em: 10 fev. 2024.

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

GREDLER, Margaret E. 17. **Educational games and simulations: A technology in search of a (research) paradigm.** Technology, v. 39, p. 521-540, 1996.

HUMMEL, Dietrich. **Formation flight as an energy-saving mechanism.** Israel Journal of Ecology and Evolution, v. 41, n. 3, p. 261-278, 1995.

LAW, Averill M.; KELTON, W. David; KELTON, W. David. **Simulation modeling and analysis**. New York: Mcgraw-hill, 2007.

LEMOS, Lucas Rodrigues. **A importância dos simuladores de voo no desenvolvimento e aperfeiçoamento de pilotos**. 2021, UNISUL.

MAGALHÃES, Thiago Bento. **Impacto da implementação do treinamento de simulador na fase de pré-solo do estágio primário no CFOAV**. Trabalho de Conclusão de Curso. Academia da Força Aérea, Pirassununga, 2023.

MARINHA DO BRASIL. **Esquadrões de Aviação da Marinha realizam voo de formatura com OVN**. Revista Força Aérea, 2023. Disponível em:
<<https://forcaarea.com.br/esquadroes-de-aviacao-da-marinha-realizam-voo-de-formatura-com-ovn/#:~:text=O%20voo%20em%20formatura%20de,nos%20ambientes%20onde%20estão%20operando>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

MINISTÉRIO DA DEFESA. Comando da aeronáutica. **Currículo mínimo do curso de formação de Oficiais Aviadores da Academia da Força Aérea**. ICA 37-113. Brasília, DF, 2009.

PAZIN FILHO, Antonio; SCARPELINI, Sandro. **Simulação: definição**. Medicina (Ribeirão Preto), v. 40, n. 2, p. 162-166, 2007.

PLOTZKY, Christian et al. **Virtual reality simulations in nurse education: A systematic mapping review**. Nurse education today, v. 101, p. 104868, 2021.

SILVA, André Ricardo Araujo da et al. **Uso de simuladores para treinamento de prevenção de infecções relacionadas à assistência à saúde**. Revista Brasileira de Educação Médica, v. 39, p. 5-11, 2015.

SIQUEIRA, Deoclécio Lima. **História Geral da Aeronáutica Brasileira - Vol. 2 De 1921 às Vésperas da Criação do MAer**. 1.ed. Belo horizonte: Itatiaia, 1988.