

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

GUILHERME GONÇALVES **HERCULIAN**, Ten Cel Av

**A Influência da Semelhança Entre os Sistemas Aviônicos de Aeronaves Militares de Instrução e Seus Simuladores Para Um Melhor Processo de Ensino, Aprendizagem e Treinamento de Pilotos Militares no Brasil**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Comando e Estado-Maior.

Linha de Pesquisa: Poder Aeroespacial.

Orientador: Oziel Itá Júba Java Barbosa Silveira, Cel Av.

Rio de Janeiro  
2025

## RESUMO

O estudo teve como objetivo analisar a influência da semelhança entre os sistemas aviônicos das aeronaves militares de instrução e seus simuladores para um melhor processo de ensino, aprendizagem e o treinamento de pilotos militares no Brasil, propondo melhorias para a capacitação do ensino. A pesquisa partiu do contexto de modernização do T-27M Tucano e da constatação de que os simuladores T-2000 e T-3000 não acompanhavam a evolução tecnológica, gerando questionamentos sobre a efetividade do processo formativo na Academia da Força Aérea. A investigação utilizou uma abordagem mista, combinando análise documental das notas de voo dos cursos CFOAV e CFPM-MB (2022 a 2024), aplicação de questionários estruturados a alunos e instrutores, e análise estatística das correlações de Pearson entre desempenhos em simuladores e em voo real. O referencial teórico foi fundamentado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, complementada por autores da área de simulação e formação militar.

Os resultados referentes ao OE1 mostraram que, nos anos em que havia diferenças marcantes entre os sistemas aviônicos dos simuladores e o T-27M, a transferência de habilidades foi apenas parcial, com correlações moderadas entre o desempenho simulado e o real. O OE2 evidenciou que, a partir da adoção do simulador T-4000, cuja configuração dos sistemas aviônicos são os mesmos da aeronave modernizada, houve um aumento expressivo na transferência de competências, comprovado por uma correlação quase perfeita nas médias gerais. O OE3 confirmou a relevância dos sistemas de treinamento simulado da AFA, destacando a percepção positiva de alunos e instrutores quanto ao valor dos simuladores, mas também indicando a necessidade de atualização contínua dos conteúdos e da formação dos pilotos e instrutores.

A análise quantitativa demonstrou que a correspondência técnica entre o sistema aviônico do simulador e aeronave favorece o desempenho, enquanto discrepâncias limitam a transferência de habilidades. Essa mensuração confirmou a hipótese de que a atualização simultânea de simuladores e aeronaves é fundamental para a excelência do ensino. O estudo destaca a relevância do tema para a formação operacional da Força Aérea Brasileira e aponta a necessidade de pesquisas futuras sobre a integração entre tecnologia, currículo e práticas pedagógicas no contexto da formação de pilotos militares.

**Palavras-chave:** Simuladores de voo; sistemas aviônicos; aprendizagem significativa; formação militar.

## **ABSTRACT**

*This study aimed to analyze the influence of the similarity between the avionics systems of military training aircraft and their simulators on the effectiveness of the teaching, learning, and training process for military pilots in Brazil, proposing improvements to enhance instructional quality. The research was based on the modernization of the T-27M Tucano aircraft and the observation that the T-2000 and T-3000 simulators did not keep pace with technological advancements, raising concerns about the effectiveness of the training process at the Brazilian Air Force Academy (AFA). A mixed-methods approach was adopted, combining documentary analysis of flight performance records from the CFOAV and CFPM-MB courses (2022–2024), structured questionnaires administered to students and instructors, and statistical analysis using Pearson's correlation to compare simulated and real flight performances. The theoretical foundation was based on Ausubel's theory of meaningful learning, supplemented by authors specializing in simulation and military training.*

*The findings related to OE1 indicated that in years when notable differences existed between the avionics systems of the simulators and the T-27M aircraft, skill transfer was only partial, with moderate correlations between simulated and actual performance. OE2 demonstrated that, following the implementation of the T-4000 simulator—which shares the same avionics configuration as the modernized aircraft—there was a significant increase in skill transfer, supported by a near-perfect correlation in overall performance averages. OE3 confirmed the relevance of AFA's simulation-based training systems, highlighting positive perceptions from both students and instructors regarding the value of the simulators, while also pointing to the need for ongoing updates in simulator content and pilot/instructor training.*

*Quantitative analysis showed that technical alignment between simulator and aircraft avionics enhances pilot performance, whereas mismatches tend to hinder skill transfer. These findings support the hypothesis that synchronized updates of aircraft and simulators are essential for instructional excellence. This study underscores the importance of the topic for the operational training of the Brazilian Air Force and calls for further research on the integration of technology, curriculum, and pedagogical practices in the context of military pilot education.*

**Keywords:** *Flight Simulators; Avionics Systems; Meaningful Learning; Military Training.*

## 1 INTRODUÇÃO

Parte da formação dos pilotos militares do Brasil ocorre na Academia da Força Aérea (AFA), localizada na cidade de Pirassununga–SP. A AFA é a Organização Militar do Comando da Aeronáutica (COMAER) responsável pela formação dos futuros oficiais dos quadros de Aviação, Intendência e Infantaria da Força Aérea Brasileira (FAB). Dentre outras atribuições no campo acadêmico e de formação da aviação, é responsável pela aplicação do Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV), destinado à formação dos futuros pilotos da Força Aérea Brasileira (FAB), e do Curso de Formação de Pilotos Militares (CFPM-MB), destinado aos oficiais da Marinha do Brasil.

O documento balizador de todas as ações para a consecução do CFOAV é a ICA 37-863/20203, conhecida como Projeto Pedagógico de Curso (PPC). Este documento é o instrumento de concepção do ensino-aprendizagem de um curso e apresenta características de um projeto, no qual devem ser definidos os seguintes componentes: concepção do curso, estrutura do curso (currículo, corpo docente, corpo técnico-administrativo e infraestrutura), procedimentos de avaliação (dos processos de ensino e aprendizagem e do curso), instrumentos normativos de apoio (composição do colegiado, procedimentos de estágio, TCC, etc.), entre outros. O documento orienta o que se preconiza para o ensino, focando, separadamente, cada um dos cursos ministrados pela instituição. Seus princípios norteadores têm como intuito gerar autonomia intelectual e desenvolver o pensamento crítico e reflexivo dos estudantes. As ações voltadas para o processo formativo devem integrar o conhecimento teórico à prática profissional, almejando que, ao final do curso, o perfil do egresso pretendido seja alcançado.

No PPC define-se que o CFOAV confere a seus concluintes a graduação em bacharel em Ciências Aeronáuticas, com habilitação em Aviação Militar, e a graduação em bacharel em Administração, com ênfase em Administração Pública. Além disso, o documento divide a formação do aluno em três campos: militar, profissional e geral. No campo profissional, o curso cumpre um programa de formação didático e operacional, perfazendo uma carga horária total de mil oitocentas e sessenta e nove horas e duração de quatro anos. Após a conclusão do CFOAV, o piloto realiza a transição para as diversas aeronaves das unidades da Força Aérea Brasileira e da Marinha do Brasil.

Adicionalmente, o PPC, para aplicação do CFOAV, define instrução aérea como o conjunto de atividades didáticas e operacionais, relativas ao voo, destinadas à formação de pilotos militares na AFA. Arelada à atividade aérea, no campo profissional, encontram-se alguns componentes curriculares de maior importância para este trabalho, como a instrução

aérea de voo básico e primário, além da instrução aérea em treinador virtual, básica e primária, que somadas compreendem setenta por cento da carga horária do campo profissional do CFOAV.

Na AFA, a responsabilidade de ministrar tais instruções aéreas é atribuída a três esquadrões: o Esquadrão de Treinamento Simulado (ETS), que ministra instruções virtuais de voo individualizadas para alunos das aeronaves T-25 Universal e T-27M Tucano por meio de três tipos distintos de simuladores - T-2000 e T-3000, capazes de emular as duas aeronaves de instrução, e o T-4000, que simula somente o T-27M Tucano; o 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA), que ministra instrução de voo individualizada aos pilotos militares na aeronave T-27M Tucano; e o 2º Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA), que ministra instrução de voo individualizada aos pilotos militares na aeronave T-25 Universal.

O curso exige um rigoroso processo de preparo teórico e prático. Para auxiliar e sedimentar o conhecimento dos alunos durante o treinamento prático de habilidades primárias de pilotagem em simuladores e aeronaves, são realizadas aulas expositivas sobre o Plano de Instrução e Manutenção Operacional (PIMO), sistemas das aeronaves, aprontos de fase, missões em simuladores T-2000, T-3000, T-4000 e missões de voo nas aeronaves T-25 Universal e T-27M Tucano. A soma de todos esses esforços visa preparar gradativamente os alunos para diferentes cenários, garantindo adaptação ao voo e aos conceitos de instrução aérea.

Para o CFOAV do ano de 2022, a AFA substituiu as aeronaves analógicas T-27 Tucano por aeronaves T-27M Tucano, modernizadas a partir do T-27 Tucano, as quais passaram a utilizar o conceito contemporâneo de *glass cockpit*, substituindo instrumentos analógicos de ponteiros por telas digitais interativas. A nova aeronave passou a entregar capacidades necessárias e atualizadas para o século XXI; entretanto, seus simuladores permaneceram na configuração anterior, apresentando diferenças significativas de layout de nacele, capacidades de operação e interpretação de dados de voo.

A similaridade entre a aeronave e seus simuladores reveste-se de importância, pois os simuladores de voo permitem que os alunos realizem treinamentos que auxiliam no processo de aprendizagem, desenvolvam a consciência situacional e mitiguem o risco da operação. Essas diferenças podem impactar negativamente o processo de ensino-aprendizagem, prejudicando a transferência de habilidades psico-motoras do simulador para a aeronave.

**Imagem 01:** Painel de instrumentos analógicos do T-27 Tucano



Fonte: O autor

**Imagem 02:** Painel de instrumentos digitais (*glass cockpit*) do T-27M Tucano



Fonte: O autor

A similaridade entre a aeronave e seus simuladores reveste-se de importância, pois os simuladores de voo permitem que os alunos realizem treinamentos que auxiliam no processo de aprendizagem, desenvolvam a consciência situacional e mitiguem o risco da operação. Essas diferenças podem impactar negativamente o processo de ensino-aprendizagem, prejudicando a transferência de habilidades psico-motoras do simulador para a aeronave.

Estudos como o de Lacerda (2024, p. 45) destacam que "o treinamento simulado proporciona o cenário ideal para o desenvolvimento de competências em um ambiente

dinâmico", reforçando a necessidade de simuladores atualizados e alinhados às características das aeronaves operacionais. Conforme o mesmo autor, a fidelidade entre o simulador e a aeronave "permite que o aprendizado de algumas capacidades seja ignorado no voo real, visto que já foram completamente adquiridas no ambiente simulado" (LACERDA, 2024, p. 46). Também é importante considerar que "o uso de tecnologias de simulação no treinamento militar é uma realidade consolidada no século XXI, integrando-se aos diversos domínios da guerra e permitindo o adestramento em situações de risco ou de difícil reprodução no ambiente real" (Bekesiene; Prusevicius, 2020).

Levando em consideração o fato ocorrido em 2022 com a aeronave T-27 em relação ao T-27M e seus simuladores, e sabendo que o T-25 Universal está em processo de modernização no ano de 2025, faz-se necessário entender que deve existir uma atualização simultânea do simulador e da aeronave, bem como avaliar o impacto dessas diferenças.

Portanto, com base nesse cenário, surge o seguinte problema: qual a influência da semelhança entre os sistemas aviônicos das aeronaves militares de instrução e seus simuladores para um melhor processo de ensino, aprendizagem e treinamento de pilotos militares no Brasil?

Com o intuito de nortear a pesquisa, levanta-se a hipótese de que é necessário que o simulador do T-25 Universal seja recebido em conjunto com a aeronave modernizada para um melhor processo de ensino, aprendizagem e treinamento.

Dessa forma, elabora-se o objetivo geral de analisar a influência da semelhança entre os sistemas aviônicos das aeronaves militares de instrução e seus simuladores para um melhor processo de ensino, aprendizagem e treinamento de pilotos militares no Brasil, visando propor melhorias para a capacitação do ensino.

Para atingir o objetivo geral, estipulam-se os seguintes objetivos específicos (OE):

OE1) Investigar como a diferença de sistemas aviônicos das aeronaves de instrução, comparada ao sistema aviônico dos simuladores da ETS, afeta o desempenho dos pilotos militares em instrução.

OE2) Investigar como a semelhança dos sistemas aviônicos de aeronaves de instrução modernizadas, comparada aos sistemas aviônicos de simuladores digitais modernizados, contribui para o desempenho dos pilotos militares em instrução.

OE3) Analisar a aplicabilidade dos sistemas de treinamento simulado da AFA para a melhoria do processo de ensino aprendizagem dos pilotos militares.

A pilotagem militar exige uma formação rigorosa. Os simuladores podem desempenhar um papel crucial no processo de construção do ensino-aprendizagem, formação

de capacidades cognitivas e habilidades psico-motoras. No entanto, a semelhança entre os sistemas aviônicos dos simuladores e das aeronaves de instrução é primordial para a manutenção da qualidade do ensino e do desempenho dos pilotos.

De acordo com o PCA 11-47 Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2024-2033 (PEMAER), é necessário aperfeiçoar e aprimorar o adestramento das equipagens, ajustando-os às novas tecnologias e táticas empregadas pelas aeronaves, com uso de equipamentos de simulação (Brasil, 2024). A AFA é a responsável majoritária pela formação de pilotos militares do Brasil. Utilizar simuladores com sistemas aviônicos equivalentes às aeronaves de instrução é essencial para a manutenção e melhoria da qualidade do ensino. A continuidade do emprego dos simuladores facilitará a formação de novos pilotos militares, melhorará o treinamento e o nível de segurança operacional da Academia.

Dessa forma, o presente trabalho é relevante enquanto pretende investigar, de maneira sistêmica, a influência da semelhança entre os sistemas aviônicos das aeronaves e dos simuladores, fornecendo informações sobre os impactos da discrepância entre os sistemas e contribuindo para uma melhoria contínua no processo de ensino, aprendizagem e treinamento dos pilotos militares do Brasil.

Cabe destacar, ainda, que esta pesquisa se restringe à análise das turmas formadas entre 2022 e 2024, na Academia da Força Aérea, no emprego dos simuladores T-2000, T-3000 e T-4000, bem como das aeronaves T-25 Universal e T-27M Tucano. Tal delimitação significa que realidades institucionais distintas, outros perfis de simuladores e diferentes etapas da trajetória profissional dos pilotos não foram abrangidos. Igualmente, as conclusões apresentadas refletem as percepções apuradas junto aos participantes do período em questão e à estrutura tecnológica então disponível, o que pode restringir a generalização para outros contextos ou futuras atualizações tecnológicas. Essas balizas metodológicas e contextuais, portanto, devem ser consideradas ao se interpretar os resultados e suas implicações para o campo da formação aeronáutica.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Como fundamentação teórica desse trabalho decidiu-se utilizar a teoria da aprendizagem significativa do médico e psicólogo norte-americano, David Paul Ausubel. A teoria da aprendizagem significativa fundamenta-se na ideia de que a aquisição efetiva do conhecimento ocorre quando novas informações são integradas de forma substancial à

estrutura cognitiva pré-existente do indivíduo. Ausubel propôs que o aprendizado não se resume à mera memorização, mas envolve a conexão intencional e lógica entre o conteúdo novo e os conhecimentos prévios, que atuam como subsunçores, termo o qual define que conceitos já estabelecidos que facilitam a incorporação de informações inéditas (Ausubel, 1976 apud Moreira, 1985).

Ausubel defende que a aprendizagem significativa depende de três condições essenciais: a disposição do aluno para relacionar o novo conhecimento, a existência de elementos relevantes na estrutura cognitiva que possam servir de âncoras para o novo material, e a potencial relevância do conteúdo a ser assimilado. Essa abordagem destaca a importância da hierarquização dos conceitos, onde o aprendizado ocorre de forma progressiva e integrada, permitindo que tanto o conhecimento novo quanto o prévio sejam modificados pela interação, enriquecendo a compreensão do aprendiz (Ausubel, 1976).

Ausubel buscou estudar e desenvolver uma forma mais eficiente de ensinar, abordando o cognitivismo e a aquisição de conhecimento a partir de processos mentais (1978 apud MOREIRA, 1985).

De acordo com Moreira, a aprendizagem significativa é entendida da seguinte forma:

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com o aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova com uma estrutura específica do indivíduo, a qual Ausubel define como conceito subsunçor ou, simplesmente, subsunçor, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. (MOREIRA, 1999, p.153)

De acordo com Präss (2012), Ausubel, procura explicar, na sua teoria de aprendizagem, os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento.

A teoria também reconhece que a aprendizagem mecânica, caracterizada pela memorização sem conexão com conhecimentos prévios, pode coexistir com a aprendizagem significativa, não como opostos, mas como processos complementares. A aprendizagem mecânica pode servir como ponto de partida para a construção de significados mais profundos, à medida que o aluno estabelece relações entre o novo conteúdo e sua estrutura cognitiva (Ausubel, 1976).

A conexão entre subsunçores e a transferência de habilidades em simuladores revela-se crítica para a eficácia do treinamento. Na perspectiva ausubeliana, os subsunçores não são meros conceitos abstratos, mas estruturas cognitivas concretas que se formam a partir

da interação entre conhecimento prévio e experiências práticas. No contexto da simulação aérea, a interface do simulador (ex.: disposição de instrumentos, sequência de procedimentos) atua como organizador prévio, permitindo que o aluno assimile padrões operacionais antes de enfrentar a complexidade do voo real. Por exemplo, ao replicar fielmente o glass cockpit do T-27M Tucano, o simulador T-4000 proporciona uma âncora visual e procedimental que facilita a internalização de habilidades como interpretação integrada de dados e resposta a alertas sistêmicos. Essa correspondência técnica cria subsunçores específicos (ex.: associação entre indicadores de altitude no simulador e na aeronave), os quais, uma vez consolidados, permitem que o piloto em formação transfira competências para cenários reais sem rupturas cognitivas. A eficácia desse processo depende, contudo, da gradualidade expositiva: a simulação inicial de procedimentos básicos (ex.: decolagem, navegação visual) estabelece subsunçores simples, que são progressivamente expandidos para operações complexas (ex.: gestão de falhas em voo por instrumentos). Dessa forma, a fidelidade aviônica não se limita à reprodução técnica, mas estrutura-se como um sistema pedagógico integrado, onde cada elemento do simulador é desenhado para ancorar novos conhecimentos à estrutura cognitiva existente.

Levando em consideração que a Academia da Força Aérea, por meio dos seus esquadrões de voo e de simulação, é a organização militar do COMAER responsável pela formação dos novos pilotos militares, essa teoria se mostra didaticamente adequada se levarmos em consideração a sequência utilizada no curso.

Inicialmente, o novo aluno não possui conhecimento teórico ou prático sobre a instrução aérea e com isso não possui subsunçores significativos para o aprendizado. A teoria propõe que o aprendizado ocorra de forma mais eficiente quando o novo conhecimento é relacionado a conceitos previamente existentes na estrutura cognitiva do aluno. Em vez da simples memorização, a aprendizagem significativa se estabelece quando o conteúdo é compreendido e integrado aos conhecimentos já consolidados. Com a aplicação de um ensino progressivo, por meio de aulas expositivas referentes aos sistemas das aeronaves, características de voo, aerodinâmica e aprontos de fase, o aluno passa a ter informações que serão utilizadas como organizadores prévios. Os conhecimentos prévios funcionam como pontes cognitivas para as fases seguintes do treinamento, posteriormente se introduzem procedimentos de voo mais complexos, primeiro em simuladores e, na sequência, em aeronaves reais. Essa cadência pedagógica assegura que o aprendizado se desenvolva de forma significativa.

Ausubel (1978 apud MOREIRA, 1985) defende que a aprendizagem significativa é

sempre preferível à mecânica, porém em fases iniciais de pilotos fica muito difícil aplicar tal teoria, pois a inexistência de subsunçores específicos para o voo impede tal fato.

Exemplificando a sequência da aprendizagem significativa proposta por Ausubel, na atividade aérea podemos dizer que: O conhecimento teórico serve como organizador prévio para o aluno. Ao realizar o voo em ambiente virtual ou simulado, o aluno inicia uma aprendizagem mecânica, porém ao associar a pilotagem com os organizadores prévios, cria-se um subsunçor limitado e com pouco desenvolvimento. Esse subsunçor serve como um organizador prévio para o próximo voo e as informações existentes na parte teórica e prática vão se relacionar e formam uma nova informação potencialmente significativa. O ciclo de informações estudadas, testadas, adquiridas e aprendidas formam um subsunçor modificado e inicia a aprendizagem significativa. Esse ciclo de eventos pode ser chamada de princípio de assimilação, porém Ausubel defende que ainda existe a ação obliteradora, a qual se relaciona com a capacidade do aluno reter o conhecimento ao longo do tempo e considera que sempre haverá informações que serão dissociadas buscando manter as informações mais gerais, como conceitos e ideias.

Segundo Ausubel (2000, p.120) a ação obliteradora pode ser apresentada também como esquecimento e podem ser relacionadas a várias razões: “Não se desempenhou um número suficiente de repetições, experiências práticas ou ensaios para se estabilizar a força da dissociabilidade em um nível adequado de estabilidade.”

Dessa maneira, considerando a importância da aprendizagem significativa associada ao processo de aprendizagem dos pilotos militares, o trabalho foi conduzido utilizando os organizadores prévios e os subsunçores para analisar a influência da semelhança entre os sistemas aviônicos das aeronaves militares de instrução e seus simuladores para um melhor processo de ensino, aprendizagem e treinamento de pilotos militares no Brasil. Com isso respondeu-se o problema de pesquisa proposto, identificando que é necessário que o simulador do T-25 Universal seja recebido em conjunto com a aeronave modernizada para um melhor processo de ensino, aprendizagem e treinamento. Os métodos e técnicas aplicadas serão detalhados na seção que segue.

## 2.2 O AMBIENTE DE SIMULAÇÃO AÉREA

O uso de simuladores de voo acompanha a história da aviação desde seus primórdios. Ainda no início do século XX, dispositivos rudimentares foram criados visando reproduzir os comandos de pilotagem em condições controladas. Com a evolução tecnológica, essas

ferramentas passaram a oferecer uma experiência imersiva, simulando com alto grau de realismo os ambientes e situações que os pilotos enfrentam no voo real (PANASSOL JÚNIOR; GARCIA, 2021).

Nos dias atuais, os simuladores são essenciais tanto para o treinamento de novas competências quanto para o aperfeiçoamento de táticas em condições adversas. Além de permitirem a repetição de manobras e cenários de risco sem comprometer a segurança ou os recursos materiais, esses dispositivos possibilitam a consolidação de habilidades psicomotoras e cognitivas. Assim, contribuem significativamente para o processo de ensino-aprendizagem na formação de pilotos (ZABALA; ARNAU, 2020).

A regulação do uso de simuladores na aviação civil brasileira é responsabilidade da ANAC, por meio do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil nº 60 (RBAC 60). Esse regulamento classifica os dispositivos em três categorias: simulador de voo (FFS), dispositivo de treinamento de voo (FTD) e treinador de voo por instrumentos (ATD), variando conforme o grau de fidelidade à aeronave real (ANAC, 2020).

Um exemplo de elevado nível de realismo é o simulador FFS D, que reproduz com precisão os sistemas e respostas dinâmicas da plataforma real. Essa capacidade permite treinamentos altamente eficazes, incluindo situações de risco que seriam inviáveis em voos reais (JOUANNEAUX, 1999).

Estudos indicam que a experiência em simuladores oferece não apenas benefícios operacionais e econômicos, mas também impacto positivo na formação comportamental e decisória dos pilotos. O contexto artificial permite erro e reaprendizagem, aspectos fundamentais para a consolidação da competência profissional em ambiente militar (CRANE et al., 2006).

No contexto das Forças Armadas, a simulação tornou-se um recurso indispensável, pois permite a reprodução de ações de combate, condições meteorológicas adversas e cenários operacionais complexos, maximizando o aproveitamento do treinamento. A imersão, a fidelidade sensorial e a capacidade de feedback imediato constituem elementos centrais desse processo. Além disso, a relação custo-benefício mostra-se amplamente favorável, conforme demonstrado em estudos comparativos com a aviação militar de outros países (MARÍN, 2020).

Dessa forma, a aplicação da simulação de voo no contexto da formação de pilotos militares transcende a mera substituição de fases do treinamento prático, tornando-se um componente estratégico para a preparação técnica e psicológica, especialmente no cenário da guerra multidomínio em que se insere o Poder Aeroespacial brasileiro.

### 3 METODOLOGIA

De acordo com o objetivo geral, a pesquisa buscou analisar a influência da semelhança entre os sistemas aviônicos das aeronaves militares de instrução e seus simuladores para um melhor processo de ensino, aprendizagem e treinamento de pilotos militares no Brasil, visando propor melhorias para a capacitação do ensino.

A escolha dos referenciais teóricos foi pautada na relevância de autores que abordam a relação entre simulação, formação militar e processos cognitivos. A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel foi adotada para embasar a análise da transferência de habilidades entre ambientes simulados e reais, considerando que a consolidação do conhecimento depende da integração entre novos conteúdos e estruturas cognitivas já estabelecidas. Panassol Júnior e Garcia (2021) fornecem subsídios teóricos e práticos sobre o uso de plataformas de simulação na aviação, destacando sua aplicabilidade na reprodução de cenários complexos. A contribuição de Zabala e Arnau (2020) foi empregada para sustentar a ideia de que o erro controlado no ambiente simulado favorece a construção de competências sem comprometer a segurança operacional. Além disso, documentos institucionais como o Projeto Pedagógico de Curso (PPC) e as normas da ANAC complementam o suporte técnico e normativo da pesquisa.

A presente pesquisa insere-se no campo aplicado, com abordagem exploratório-explicativa e delineamento metodológico misto, conjugando procedimentos quantitativos e qualitativos, com intuito de compreender os efeitos da correspondência ou da dissociação entre os sistemas aviônicos das aeronaves de instrução e de seus respectivos simuladores no processo de formação de pilotos militares na Academia da Força Aérea (AFA).

A primeira etapa consistiu na análise documental das notas de voo atribuídas aos alunos dos cursos CFOAV e CFPM-MB, no período de 2022 a 2024. As avaliações foram extraídas das fases realizadas tanto na aeronave T-27M quanto nos simuladores T-2000, T-3000 e T-4000. As notas foram organizadas conforme a escala de 1 a 6, prevista no Projeto Pedagógico de Curso (PPC).

Considerando que existe uma heterogeneidade significativa entre as percepções e oportunidades de aplicação da instrução aérea nos simuladores entre as turmas, foi levado em consideração os seguintes aspectos: A turma de 2022 voou o T-25 Universal sem acesso à simulação e o T-27M Tucano, com o uso dos simuladores T-2000 e T-3000. Esses equipamentos, à época, ofereciam similaridade visual com o sistema aviônico do T-27M,

entretanto com muita diferença na forma de operação. Ainda em 2022 o T-4000 já se encontrava na AFA, entretanto apresentava a configuração analógica em seu sistema aviônico, necessitava de diversos ajustes e testes provenientes do processo de implantação e não foi aplicado como plataforma de instrução. A turma de 2023 voou o T-25 Universal sem acesso à simulação e o T-27M Tucano, com o uso dos simuladores T-2000, T-3000 ainda com similaridade visual com o sistema aviônico do T-27M, entretanto com muita diferença na forma de operação da aeronave e finalmente T-4000 na versão modernizada e com grande similaridade com o T-27M Tucano. A turma formada em 2024 foi a primeira que teve a oportunidade de voar o T-25 Universal com acesso ao T-2000 e T-3000 e o T-27M Tucano com acesso ao T-2000, T-3000 e T-4000 nas suas mais modernas configurações e capacidades.

Como forma de nortear o trabalho, foi estabelecido o OE1, investigar como a diferença de sistemas aviônicos das aeronaves de instrução, comparada ao sistema aviônico dos simuladores da ETS, influencia o desempenho dos pilotos militares em instrução. Por meio de uma análise das notas de voo, foi realizada uma comparação direta entre as notas das fases comuns aos simuladores e à aeronave T-27M. Essa análise permitiu avaliar se a diferença entre os sistemas aviônicos impacta de forma significativa o desempenho dos alunos. Para tanto, aplicou-se o coeficiente de correlação de Pearson, com o intuito de verificar relações lineares entre as médias das avaliações por fase em cada plataforma para as turmas de 2022 e 2023.

Em relação ao OE2, o qual busca investigar como a semelhança dos sistemas aviônicos de aeronaves de instrução modernizadas, comparada aos sistemas aviônicos de simuladores digitais modernizados, contribui para o desempenho dos pilotos militares em instrução, foram analisados os desempenhos dos alunos em simulador e na aeronave T-27M Tucano. A turma de 2024 foi selecionada, pois foi a única que utilizou os sistemas equivalentes e os resultados foram comparados às turmas que utilizaram apenas os simuladores T-2000/T-3000. Para analisar a correspondência entre o desempenho dos alunos em simuladores e nas aeronaves T-27M, empregou-se também o coeficiente de correlação de Pearson. Esse recurso estatístico foi utilizado por sua capacidade de verificar a existência e a direção de uma relação linear entre as variáveis analisadas. A partir das médias obtidas em diferentes fases de instrução, foi possível observar se há uma tendência sistemática entre o rendimento em ambiente simulado e o desempenho em voo real. Resultados positivos e consistentes indicam que as plataformas modernas, quando integradas com alto grau de semelhança, favorecem uma transição mais eficaz no processo de formação. Por outro lado, a inexistência de correlação ou correlações fracas podem sinalizar limitações na transferência

de habilidades operacionais, mesmo quando os sistemas se apresentam semelhantes do ponto de vista técnico. Assim, a aplicação do método permitiu não apenas verificar relações entre os dados, mas também subsidiar reflexões sobre a efetividade pedagógica dos recursos empregados na instrução aérea.

Referentes aos OE1 e OE2 e para analisar a relação entre o desempenho em simuladores e o desempenho em voos reais no T-27M, foi realizada a seguinte lógica:

### 1. Definição das Variáveis

Variável Independente (X): Média das notas de voo no simulador (escala de 1 a 6).

Variável Dependente (Y): Média das notas de voo no T-27M Tucano (escala de 1 a 6).

### 2. Pré-requisitos e Verificação de Pressupostos

#### a) Coleta e Organização dos Dados

Foram coletadas as notas e médias das notas de alunos que utilizaram os simuladores e voaram no T-27M, por fase.

**Quadro 1:** Modelo de estrutura para correlação de Pearson

Ano	Média na fase no Simulador (X)	Média na fase no T-27M (Y)
2022	4,69	4,58
2023	4,75	4,59
2024	4,88	4,63

**Fonte:** O autor

### 3. Cálculo do Coeficiente de Pearson

#### a) Fórmula Matemática

$$r = \frac{\sum(x - m_x)(y - m_y)}{\sqrt{\sum(x - m_x)^2 \sum(y - m_y)^2}}$$

x = Notas dos alunos no simulador

mx = Média dos alunos no simulador

y = Notas dos alunos no T-27M Tucano

my = Média dos alunos no T-27M Tucano

Esse procedimento permitiu identificar se a semelhança entre os sistemas aviônicos das plataformas modernizadas contribui efetivamente para uma transferência mais eficiente de habilidades operacionais, além de fornecer subsídios para a avaliação da efetividade pedagógica dos recursos de simulação empregados na instrução aérea. Os resultados obtidos

orientam a tomada de decisões quanto à necessidade de atualização simultânea de simuladores e aeronaves, visando otimizar o processo de formação dos pilotos militares.

Adicionalmente, o p-valor foi incorporado como instrumento estatístico para validar a significância das correlações identificadas entre variáveis. Sua função principal consistiu em quantificar a probabilidade de que a relação observada (por exemplo, entre notas de simulador e voo real) tenha ocorrido aleatoriamente, sob a premissa de que a hipótese nula ( $H_0$ ), ausência de correlação, seja verdadeira.

Inicialmente, definiram-se as hipóteses de pesquisa:  $H_0$  (não há correlação entre desempenho em simuladores e voo real, expressa por  $\rho=0$ ), com isso pressupõe que não houve correlação entre as notas de simulador (T-2000/T-3000) e as notas de voo real (T-27M) e  $H_1$  (há correlação significativa,  $\rho \neq 0$ ). Adotou-se um nível de significância de  $\alpha=0,05$ , tolerando até 5% de probabilidade de erro Tipo I (rejeição incorreta de  $H_0$ ).

O cálculo do p-valor foi realizado em conjunto com o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), para um par de variáveis (notas de simulador e voo real), o cálculo gerou simultaneamente o valor de  $r$  e o p-valor associado.

Para interpretação preliminar, estabeleceu-se que se  $p \leq 0,05$ , rejeitava-se  $H_0$ , concluindo-se que a correlação era estatisticamente significativa. Entretanto, se  $p > 0,05$ , mantinha-se  $H_0$ , indicando insuficiência de evidências para afirmar a existência de correlação.

Essa abordagem seguiu as diretrizes da Associação Americana de Estatística, as quais enfatizam que o p-valor não deve ser interpretado isoladamente, mas em conjunto com o tamanho do efeito ( $r$ ) e a avaliação crítica dos pressupostos metodológicos.

Ainda no escopo dos Objetivos Específicos 1 e 2, utilizou-se um questionário estruturado com o intuito de compreender a percepção de alunos e instrutores quanto ao impacto das diferenças ou semelhanças entre os sistemas aviônicos das aeronaves e de seus respectivos simuladores. O instrumento foi aplicado junto aos militares envolvidos na instrução entre os anos de 2022 e 2024, considerando os contextos operacionais do T-25 Universal, T-27M Tucano e os simuladores T-2000, T-3000 e T-4000. As respostas foram registradas em escala Likert de sete pontos, possibilitando quantificação objetiva das opiniões. O conteúdo levantado permitiu comparar como as mudanças tecnológicas nas plataformas influenciaram a experiência de formação e desempenho percebido pelos participantes. Esses dados foram posteriormente analisados em conjunto com os resultados obtidos nas avaliações de voo, promovendo uma visão mais integrada do processo formativo.

Para responder ao OE3, o qual busca analisar a aplicabilidade dos sistemas de treinamento simulado da AFA para a melhoria do processo de ensino aprendizagem dos

pilotos militares, foi investigada a aplicabilidade dos sistemas de simulação utilizados na AFA, considerando a opinião de instrutores e alunos. Aplicou-se inicialmente um questionário teste, para análise de concordância e consistência das perguntas, a quatro instrutores e dez alunos, os quais não participaram da amostra final. Posteriormente o questionário estruturado foi respondido por cento e quarenta e dois pilotos, sendo setenta e cinco alunos e sessenta e sete instrutores, dividindo os itens em blocos referentes ao tipo de aeronave e simulador. As questões buscaram identificar o grau de utilidade percebida dos simuladores na formação, a clareza dos objetivos instrucionais alcançados, e a contribuição desses sistemas para o desenvolvimento das habilidades esperadas em cada fase.

Todos os alunos respondentes são concludentes do CFOAV, CFPM-MB e voaram o T-27M Tucano como aeronave de instrução básica, bem como utilizaram algum simulador de voo como forma de auxílio no processo de aprendizagem. Todos os instrutores respondentes concluíram com aproveitamento o Curso de Formação de Instrutores da AFA e voaram o T-25 Universal e/ou T-27M Tucano na função de instrutor a mais de seis meses.

As respostas foram processadas por meio da Escala de Likert de sete pontos, com base na metodologia de cálculo de Ranking Médio (RM). Para cada item do questionário, atribuiu-se uma pontuação de 1 a 7, correspondente ao grau de concordância dos respondentes. A análise quantitativa foi conduzida mediante o cálculo da média ponderada para cada item, levando em consideração a frequência e o valor atribuído, e, em seguida, dividida pelo total de respondentes, resultando no RM.

$$RM = MP / NS$$

$$MP = \Sigma (f_i \times V_i), \text{ em que:}$$

$f_i$  = frequência da resposta por valor atribuído;

$V_i$  = valor da resposta (1 a 7);

NS = número de respondentes.

Consideraram-se valores de RM acima de 4,0 como aceitáveis. Valores abaixo desse limiar foram analisados de modo qualitativo, buscando identificar possíveis lacunas no processo de aplicação dos simuladores como ferramenta instrucional. Ademais, foi calculada a média geral do RM por categoria e o percentual de itens com RM acima do ponto de corte estabelecido, de modo a mensurar o nível geral de concordância dos participantes.

O OE3 busca avaliar a aplicabilidade dos simuladores no processo de formação, ou seja, se os sistemas de treinamento simulado são realmente eficazes, necessários e como podem ser aprimorados. Essa abordagem permite visualizar, de forma agregada, a percepção dos pilotos e instrutores sobre diferentes aspectos do treinamento simulado.

Por fim, a integração entre as evidências quantitativas (notas e correlações) e qualitativas (percepções declaradas) conferiu maior robustez à metodologia. Essa triangulação de dados permitiu compreender não apenas os efeitos mensuráveis, mas também os aspectos subjetivos que envolvem o uso de simuladores na formação do piloto militar, contribuindo para o aperfeiçoamento do processo de ensino e treinamento na AFA.

#### 4 APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

##### 4.1 A DIFERENÇA ENTRE OS SISTEMAS AVIÔNICOS DAS AERONAVES DE INSTRUÇÃO E SEUS SIMULADORES E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO DOS PILOTOS MILITARES EM INSTRUÇÃO.

Inicialmente foram coletadas as notas e as médias de todos os alunos concluintes dos cursos de 2022 a 2024. Foi levado em consideração e de relevância para o trabalho as fases coincidentes entre os simuladores e o T-27M e após foram apresentados os dados correspondentes às médias das notas por fase de instrução (Pré-Solo, Manobras e Acrobacias, Voo por Instrumentos Básico e Avançado) e médias gerais, coletadas entre 2022 e 2024.

**Tabela 01:** Média das notas de simulador e de voo

FASE	SIMULADOR					VOO				
	PS	MAC	VI BÁSICA	VI AVANÇADA	MÉDIA	PS	MAC	VI BÁSICA	VI AVANÇADA	MÉDIA
2022	4,85	4,66	4,60	4,50	4,69	4,49	4,14	4,73	4,59	4,58
2023	4,76	4,73	4,73	4,85	4,76	4,43	4,47	4,71	4,66	4,60
2020	4,86	4,82	4,87	4,99	4,88	4,53	4,59	4,76	4,62	4,63

**Fonte:** O autor

A Tabela 2 sintetiza os resultados da correlação de Pearson referentes aos tratamentos dos dados da tabela 01:

**Tabela 02:** Correlação de Pearson (r) e p - valor, entre simuladores e aeronave T-27M Tucano, por ano e fase.

Ano	Correlação (r)	P-valor	Interpretação
2022	0,68	0,001	Correlação moderada e significativa: transferência parcial de habilidades básicas.
2023	0,71	0,0008	Correlação forte e significativa: aprimoramento incremental no treinamento.
2024	0,999 (médias)	0,03	Correlação quase perfeita: semelhança técnica válida a modernização.
2024	0,62 (VI Básico)	0,25	Correlação insignificante: falha na simulação de exercícios.

**Fonte:** O autor

Ao analisar as notas de voo dos pilotos e consolidar os resultados nas Tabelas 1 e 2, avançou-se na compreensão do impacto das diferenças entre os sistemas aviônicos do T-27M Tucano e dos simuladores T-2000/T-3000 nos anos de 2022 e 2023. Os coeficientes de correlação de Pearson obtidos (0,68 para 2022 e 0,71 para 2023) mostraram uma associação positiva, porém moderada, entre o desempenho no simulador e o desempenho em voo real.

Com a análise dos documentos citados, foi concluído o OE1, que versa sobre a investigação do impacto das diferenças de sistemas aviônicos no desempenho dos pilotos, evidenciando que, mesmo com limitações tecnológicas, houve transferência parcial de habilidades básicas.

Esses resultados sugerem que, apesar das diferenças tecnológicas marcantes entre os simuladores tradicionais e a aeronave modernizada, os pilotos transferiram, em grande parte, habilidades básicas adquiridas nos simuladores para as operações com o T-27M. Essa transferência parcial de competências corrobora a perspectiva da aprendizagem significativa, conforme proposta por Ausubel, que destaca a importância de relacionar novos conhecimentos àqueles já aprendidos anteriormente. No contexto analisado, os simuladores funcionaram como uma base cognitiva que facilitou a assimilação de procedimentos fundamentais, embora não tenham garantido a plena adaptação a todos os aspectos operacionais do novo sistema.

A análise também revelou que, embora as correlações tenham sido positivas, elas não atingiram um patamar elevado, indicando que certas habilidades complexas ou específicas do T-27M Tucano não foram inteiramente assimiladas. Essa limitação aponta para a insuficiência dos simuladores desatualizados em promover a aprendizagem significativa em sua totalidade, principalmente em operações que exigem maior integração e domínio dos recursos tecnológicos modernos da aeronave.

Conclui-se, portanto, que a diferença entre os sistemas permitiu uma transferência parcial de habilidades, mas a eficácia do treinamento mostrou-se abaixo do ideal. Esse achado evidencia a necessidade de maior convergência entre os ambientes de simulação e a realidade operacional, reforçando a importância de investir em simuladores que reproduzam fielmente as características das aeronaves em uso. Adicionalmente, destaca-se a necessidade de aprimorar estratégias pedagógicas para assegurar que os pilotos estejam plenamente preparados para operar sistemas modernos em cenários reais.

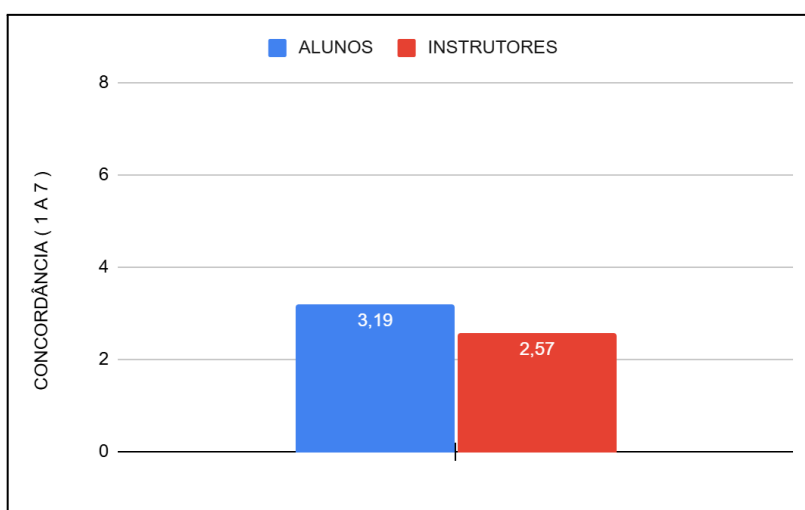
A seguir, como forma de mostrar a percepção dos instrutores e alunos, foi realizado um questionário, para compreender como a diferença entre os sistemas aviônicos dos simuladores T-2000 e T-3000 e as aeronaves de instrução (T-25 Universal e T-27M Tucano)

impacta o desempenho dos alunos. As análises revelaram que, mesmo reconhecendo o valor do simulador para o processo de aprendizagem, muitos alunos e instrutores apontaram que as discrepâncias nos sistemas de navegação, apresentação de dados e comandos operacionais entre as plataformas dificultam a transferência de conhecimento.

Em particular, observou-se que a média de concordância para a afirmação de que "a diferença entre o sistema aviônico do T-2000 e da aeronave T-25 interfere negativamente no processo de ensino-aprendizagem" superou o ponto neutro da escala Likert (3,0), com diversas respostas concentradas entre os valores 5 e 7. Isso indica que a percepção de prejuízo pedagógico é frequente. O mesmo padrão foi verificado nas respostas relativas ao T-3000, ainda que com leve variação na amplitude das respostas.

Esses achados se alinham à hipótese de que, quando a fidelidade aviônica entre o simulador e a aeronave é limitada, há uma tendência de desempenho menos consistente nas fases práticas subsequentes, principalmente naquelas que exigem adaptação rápida aos instrumentos reais de voo.

**Gráfico 01:** Considerando o sistema aviônico, a diferença entre o SIMULADOR T-2000 e a aeronave T-25 Universal interfere de forma negativa no processo de ensino-aprendizagem?



Fonte: O autor

#### 4.2 A SEMELHANÇA ENTRE OS SISTEMAS AVIÔNICOS DAS AERONAVES DE INSTRUÇÃO E SEUS SIMULADORES E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO DOS PILOTOS MILITARES EM INSTRUÇÃO

A análise das correlações entre as notas de simulador (T-4000) e voo real (T-27M) em 2024, ao consolidar os resultados nas tabelas correspondentes, elucidou claramente o proposto no OE2: a semelhança aviônica entre as plataformas modernizadas potencializou a

transferência de habilidades, conforme evidenciado pelo coeficiente de Pearson nas médias gerais ( $r = 0,999$  e  $p = 0,030$ ). Esse resultado validou a hipótese de que a fidelidade técnica entre simuladores e aeronaves, quando aliada a metodologias pedagógicas coerentes, atuou como organizador avançado na estrutura cognitiva dos pilotos, facilitando a assimilação de procedimentos operacionais complexos.

No entanto, a redução da correlação em fases específicas, como no Voo por Instrumentos Básico ( $r = 0,62$ ), revelou que a semelhança aviônica, embora necessária, foi insuficiente para uma aprendizagem significativa, podendo estar relacionada a diferença de parâmetros empregados no voo em comparação ao simulador. Esse achado corroborou a perspectiva de Ausubel de que a aprendizagem significativa requeria mais do que a mera correspondência estrutural: exigia a ancoragem de conhecimentos em contextos realistas.

Concluiu-se, portanto, que a semelhança aviônica foi um pilar essencial, mas não exclusivo, para a eficácia do treinamento. A plena transferência de habilidades em cenários simulados exigiu a integração de ambientes imersivos, capazes de simular exercícios de voo, e a adaptação curricular para reforçar a conexão entre conhecimento tácito e explícito. Essas medidas mostraram-se fundamentais para garantir que os pilotos estivessem preparados não apenas para operar sistemas modernos, mas para responder a imprevistos com segurança e eficiência.

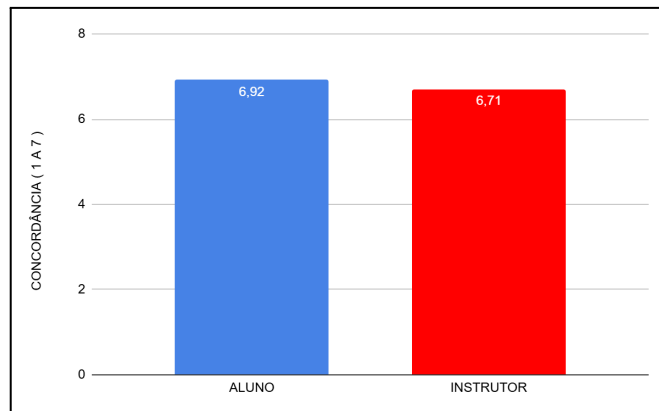
A seguir, como forma de mostrar a percepção dos instrutores e alunos e complementar a resposta do OE2, foi realizado um questionário, para compreender como a semelhança entre os sistemas aviônicos do T-27M Tucano e do T-4000. Os resultados apontam em direção conflitante ao do OE1. A aplicação de equipamentos com maior grau de equivalência operacional e visual entre simulador e aeronave foi percebida, tanto por instrutores quanto por alunos, como fator decisivo para a consolidação do aprendizado.

Praticamente todas as respostas relativas ao simulador T-4000 apontaram forte concordância (notas 6 e 7) com a afirmação de que a similaridade dos sistemas contribui positivamente para a familiaridade dos alunos com os procedimentos adotados na aeronave. Destaca-se também a uniformidade das respostas, o que reforça a percepção de que a transição entre o ambiente simulado e o real ocorre com menos rupturas cognitivas.

Esse padrão de respostas reforça a ideia de que a semelhança estrutural e funcional entre os ambientes reduz a carga de adaptação durante o voo, promovendo um processo formativo mais eficiente e com menor dispersão no desempenho.

**Gráfico 02-** A semelhança entre os sistemas aviônicos do T-4000 e do T-27M Tucano influencia positivamente

no processo de ensino aprendizagem?



Fonte: O autor

#### 4.3 ANALISAR A APLICABILIDADE DOS SISTEMAS DE TREINAMENTO SIMULADO DA AFA PARA A MELHORIA DO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM DOS PILOTOS MILITARES.

A avaliação da aplicabilidade dos sistemas de treinamento simulado da AFA para a melhoria do processo de ensino aprendizagem dos pilotos militares, conforme o OE3, foi conduzida a partir de uma análise integrada dos dados quantitativos das notas de voo e simuladores, das correlações de Pearson e das respostas do questionário aplicado a alunos e instrutores, englobando resultados e percepções presentes nas análises dos OE1 e OE2. O objetivo central foi compreender em que medida os simuladores contribuem efetivamente para a formação de pilotos militares, considerando tanto o desempenho operacional quanto a percepção dos participantes.

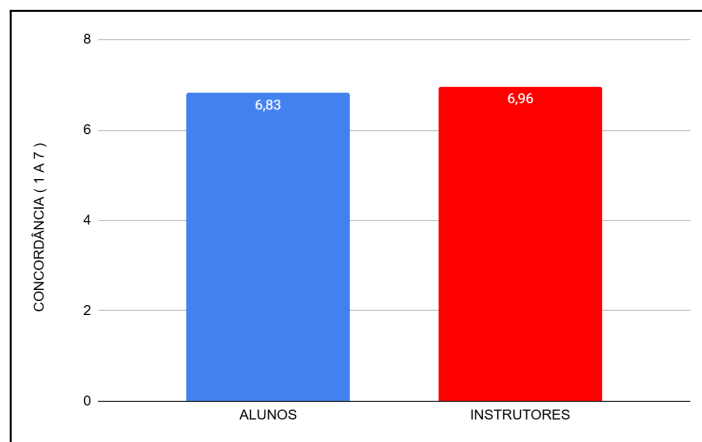
Os resultados das médias de notas por fase de instrução, apresentados na Tabela 1, indicam que os simuladores desempenham um papel relevante no processo de aprendizagem. As médias das notas dos alunos e instrutores em relação ao auxílio do simulador T-2000 ao processo de aprendizagem foram, respectivamente, 6,31 e 6,34 em uma escala de 1 a 7, demonstrando uma avaliação bastante positiva por ambos os grupos. Esse padrão se repete em outras questões do questionário, nas quais a maioria dos respondentes atribuiu notas elevadas ao impacto dos simuladores, especialmente quando se trata de habilidades básicas e procedimentos rotineiros.

A análise das correlações de Pearson entre as notas de simulador e voo real revelou resultados distintos conforme o ano e o tipo de simulador utilizado. Nos anos de 2022 e 2023, com o uso dos simuladores T-2000 e T-3000, as correlações foram moderadas e significativas

( $r = 0,68$  e  $r = 0,71$ , respectivamente), indicando que o treinamento simulado contribuiu para a transferência parcial de habilidades, mas não garantiu a plena adaptação a todos os aspectos operacionais da aeronave T-27M Tucano. Em 2024, com a introdução do simulador T-4000, a correlação nas médias gerais foi quase perfeita ( $r = 0,999$ ;  $p = 0,030$ ), validando a hipótese de que a semelhança aviônica potencializa a assimilação de procedimentos. No entanto, em fases específicas, como o Voo por Instrumentos Básico, a correlação caiu para  $r = 0,62$  e perdeu significância estatística ( $p = 0,25$ ), evidenciando que a mera fidelidade técnica não é suficiente para garantir eficácia em cenários críticos.

O questionário aplicado reforçou essas conclusões. Alunos e instrutores reconheceram a importância dos simuladores para o treinamento de habilidades básicas, mas apontaram limitações em relação à simulação de situações complexas e à integração de cenários adversos. As médias das respostas mostram que, embora o auxílio dos simuladores seja amplamente reconhecido, há consenso sobre a necessidade de aprimorar o treinamento em situações críticas e de atualizar os currículos para incorporar simulações mais realistas.

**Gráfico 03:** Os simuladores auxiliam no processo de aprendizagem do aluno do CFI/CFOAV/CFPM-MB na AFA?



Fonte: O autor

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo surgiu da inquietação do pesquisador acerca dos desafios enfrentados na formação de pilotos militares diante da evolução dos sistemas aviônicos e do uso de simuladores no ensino. Esse cenário motivou a investigação sobre a influência da semelhança entre os sistemas aviônicos das aeronaves militares de instrução e seus simuladores para um melhor processo de ensino, aprendizagem e treinamento de pilotos militares no Brasil, aliada a práticas pedagógicas fundamentadas na teoria da aprendizagem significativa, pode contribuir para a efetiva preparação dos futuros aviadores.

A constatação de que os simuladores T-2000 e T-3000 já não acompanhavam as demandas tecnológicas do T-27M Tucano revelou um descompasso entre o ambiente de treinamento e a realidade operacional. Dessa forma, baseado na necessidade de alinhar tecnologia e pedagogia, o trabalho foi fundamentado em autores como David Ausubel, cuja teoria da aprendizagem significativa destaca o papel dos subsunçores e dos organizadores prévios para a consolidação do conhecimento, e em referências contemporâneas sobre simulação, como Panassol Júnior e Garcia, Zabala e Arnau, e documentos institucionais da FAB e ANAC.

Para estruturar o caminho investigativo, foram definidos três objetivos específicos. O primeiro deles buscou investigar como a diferença de sistemas aviônicos das aeronaves de instrução, comparada ao sistema aviônico dos simuladores da ETS, afeta o desempenho dos pilotos militares em instrução. A análise das notas e das respostas ao questionário, referentes aos anos de 2022 e 2023, apontou que, embora os simuladores tenham possibilitado a assimilação de procedimentos básicos, as limitações tecnológicas restringiram o desenvolvimento de competências mais avançadas.

No segundo objetivo, a pesquisa voltou-se a investigar como a semelhança dos sistemas aviônicos de aeronaves de instrução modernizadas, comparada aos sistemas aviônicos de simuladores digitais modernizados, contribui para o desempenho dos pilotos militares em instrução. Os dados de 2024 evidenciaram que a correspondência técnica entre as plataformas favoreceu a transferência de habilidades rotineiras, como demonstrado pela forte correlação entre os desempenhos no simulador e no voo real. No entanto, também ficou claro que a fidelidade técnica, por si só, não assegura o domínio de situações críticas.

O terceiro objetivo específico buscou analisar a aplicabilidade dos sistemas de treinamento simulado da AFA para a melhoria do processo de ensino aprendizagem dos pilotos militares. A partir da análise qualitativa das percepções de alunos e instrutores, ficou evidente o reconhecimento da relevância dos simuladores. Por outro lado, a abordagem quantitativa confirmou que os melhores resultados de aprendizagem estão associados à integração entre tecnologia de ponta e práticas pedagógicas alinhadas à realidade das operações aéreas.

Dessa forma, o estudo respondeu ao problema de pesquisa e atingiu o objetivo geral de analisar a influência da semelhança entre os sistemas aviônicos das aeronaves militares de instrução e seus simuladores para um melhor processo de ensino, aprendizagem e treinamento de pilotos militares no Brasil, visando propor melhorias para a capacitação do ensino. Além disso, a mensuração quantitativa, por meio das médias e correlações das notas, evidenciou que

a correspondência técnica entre simulador e aeronave favorece o desempenho, enquanto as discrepâncias limitam a transferência de habilidades. Essa mensuração respondeu ao problema de pesquisa e confirmou a hipótese de que é necessário que o simulador do T-25 Universal seja recebido em conjunto com a aeronave modernizada para um melhor processo de ensino, aprendizagem e treinamento.

Ressalta-se que a pesquisa demonstrou a necessidade de atualização simultânea de simuladores e aeronaves, bem como de revisão curricular e capacitação permanente dos instrutores, para garantir a excelência na formação dos pilotos militares. Destaca-se ainda a relevância e atualidade do tema, que abordou uma parte fundamental do processo de formação operacional da Força Aérea Brasileira. O uso de simuladores de voo no treinamento militar mostrou-se indispensável, mas principalmente para a consolidação de competências em ambientes controlados e realistas.

Por fim, as limitações identificadas, como a abrangência restrita às turmas analisadas e à infraestrutura disponível, representam oportunidades para novas pesquisas relacionadas ao tema, especialmente quanto ao impacto de simulações de falhas e emergências, influência na diferença do uso dos comandos de voo e à avaliação longitudinal do desempenho dos egressos. Destaca-se ainda que a continuidade dos estudos sobre a integração entre tecnologia, currículo e práticas pedagógicas é essencial para manter a excelência e a segurança na formação de pilotos militares no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 60**: Requisitos para qualificação e uso de dispositivos de treinamento para simulação de voo. 2020. Disponível em: [https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-60/@@display-file/arquivo\\_norma/RBAC60EMD00.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-60/@@display-file/arquivo_norma/RBAC60EMD00.pdf) . Acesso em: 18 abr. 2025.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Paralelo Editora, 2000.
- AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view**. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1. ed. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.
- BEKESIENE, S.; PRUSEVICIUS, G. Simulators Usage Assessment for Higher Military Readiness. **Challenges to National Defence in Contemporary Geopolitical Situation**, 2020. Disponível em: [https://www.academia.edu/85150209/Simulators\\_Usage\\_Assessment\\_for\\_Higher\\_Military\\_Readiness?email\\_work\\_card=view-paper](https://www.academia.edu/85150209/Simulators_Usage_Assessment_for_Higher_Military_Readiness?email_work_card=view-paper). Acesso em: 22 abr. 2025.
- BRANDÃO, H. P. **Mapeamento de Competências**. 2. ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2023. *E-book*. ISBN 9788597013573. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597013573/>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comandante da Aeronáutica. Portaria nº 1.453/GC3, de 5 de junho de 2024. Aprova a reedição do PCA 11-47 "Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2024-2033". **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 107, fl.8.449-8.497, 10 jun. 2025.
- FAULSTICH, Rodrigo de Freitas. **A influência do simulador de voo do C-95 modernizado na formação dos pilotos do curso de especialização operacional do 1º/5º GAV. 2023**. 1 recurso online (37f.) Trabalho de conclusão de curso (Curso Avançado de Comando e Estado-Maior) - Escola de Comando e Estado Maior da Aeronáutica, Rio de Janeiro, 2023., Rio de Janeiro. Disponível em: [https://redebias.direns.aer.mil.br/index.php?codigo\\_sophia=91830](https://redebias.direns.aer.mil.br/index.php?codigo_sophia=91830). Acesso em: 4 jul. 2025.
- JOUANNEAUX, M. **Le pilote est toujours devant** – Reconnaissance l’activité du pilote de ligne. Toulouse: Ed. Octares, 1999.
- LACERDA JÚNIOR, L.D. **Análise de Competências no Curso de Navegação Tática no 1º/5º GAV**. 2017. 31f. Rio de Janeiro. Disponível em: [https://redebias.direns.aer.mil.br/index.php?codigo\\_sophia=59979](https://redebias.direns.aer.mil.br/index.php?codigo_sophia=59979). Acesso em: 27 abr. 2025.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem: perspectivas teóricas**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1985.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

OLIVEIRA, L. H. **Exemplo de cálculo de Ranking Médio para Likert**. Notas de Aula. Metodologia Científica e Técnicas de Pesquisa em Administração. Mestrado em Adm. e Desenvolvimento Organizacional. PPGA CNEC/FACECA: Varginha, 2005.

PANASSOL JUNIOR, J. C.; GARCIA, C. M. **Voo de Instrução: Importância do uso de simulador de voo para a formação do piloto**. Revista Brasileira de Aviação Civil, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 164-191, 2021.

POLAK, Ewa et al. **Postural control and psychophysical state following of flight simulator session in novice pilots**. *Frontiers in Public Health*, Lausanne, v. 10, p. 1-10, 3 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.788612>. Acesso em: 06 jun. 2025

PRÄSS, A. R. **Teorias de aprendizagem. 2012**. Monografia (Especialização em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://www.sricalibris.com>. Acesso em: 25 abr. 2025.

WASSERSTEIN, R. L.; LAZAR, N. A. **The ASA's statement on p-values: context, process, and purpose**. *The American Statistician*, [S. l.], v. 70, n. 2, p. 129-133, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00031305.2016.1154108>. Acesso em: 04 jun. 2025.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Métodos para ensinar competências**. Porto Alegre: Grupo A, 2020. E-book. ISBN 9788584292073. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788584292073/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

**APÊNDICE A – LISTA DE SÍMBOLOS**

/ – Divisão

$\Sigma$  – Somatório

**x** – Multiplicação

= – Igual a

**RM** – Ranking Médio

**MP** – Média Ponderada

**fi** – Frequência

**Vi** – Valor de cada resposta

**NS** – Número de entrevistados

**r** – Coeficiente de correlação de Pearson

**p** – p-valor (nível de significância estatística)

**x** = Notas dos alunos no simulador

**mx** = Média dos alunos no simulador

**y**= Notas dos alunos no T-27M Tucano

**my** = Média dos alunos no T-27M Tucano

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 1



### ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA COORDENADORIA ACADÊMICA CURSO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR - CCEM 2025

Questionário sobre “A Influência da Semelhança Entre os Sistemas Aviônicos de Aeronaves Militares de Instrução e Seus Simuladores Para Um Melhor Processo de Ensino, Aprendizagem e Treinamento de Pilotos Militares no Brasil”, referente ao Artigo de Conclusão do Curso de Comando e Estado-Maior (CCEM 2025).

Eu, **Ten Cel Av Guilherme Gonçalves Herculian**, oficial-aluno matriculado no CCEM 2025, ministrado pela Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica (ECEMAR) tenho interesse na Área de Instrução Aérea do Piloto Militar, relacionada ao Poder Aeroespacial. Para isto, os respondentes serão os instrutores e alunos dos curso de CFOAV, CFPM-MB e CFI.

Caro Instrutor e Aluno, o presente questionário foi elaborado com a finalidade de auxiliar na realização de um artigo científico, de minha autoria, do Curso de Comando e Estado Maior (CCEM 2025), no âmbito da ECEMAR. Dessa forma, conto com a colaboração do Sr. como membro do seletivo grupo de pilotos de T-25 Universal e T-27M Tucano da Academia da Força Aérea. O objetivo geral do TCC é **verificar a influência da semelhança entre os sistemas aviônicos de aeronaves militares de instrução e seus simuladores para um melhor processo de ensino, aprendizagem e treinamento de pilotos militares no Brasil.**

O objetivo desse questionário, é de compreender a percepção de instrutores e cadetes sobre o uso dos simuladores T-2000, T-3000 e T-4000 no processo de instrução de voo, bem como o impacto da semelhança (ou diferença) entre seus sistemas aviônicos e os das aeronaves T-25 Universal e T-27M Tucano.

Diante do exposto, ressalta-se que as informações prestadas serão destinadas exclusivamente para a conclusão do TCC e que as respostas serão confidenciais e será mantido o anonimato dos respondentes.

Cordialmente,

Ten Cel Av Guilherme Gonçalves Herculian

Rio de Janeiro, 15 de maio de 2025

## A Influência da Semelhança Entre os Sistemas Aviônicos de Aeronaves Militares de Instrução e de Seus Simuladores no Aprendizado, Treinamento Operacional e Efetividade da Formação de Pilotos Militares no Brasil

**B** *I* U ↻ ✕

Prezado(a), sou o Ten Cel Aviador Herculian, e estou desenvolvendo meu artigo científico no CCEM 2025.


Este questionário tem como objetivo compreender a percepção de instrutores e cadetes sobre o uso dos simuladores T-2000, T-3000 e T-4000 no processo de instrução de voo, bem como o impacto da semelhança (ou diferença) entre seus sistemas aviônicos e os das aeronaves T-25 Universal e T-27M Tucano.

Suas respostas serão utilizadas exclusivamente para fins de pesquisa acadêmica e mantidas em sigilo.


⋮

Selecione sua função atual: (marcar apenas uma) ☰ 🗨️ 🗳️ **Múltipla escolha** ▼


Instruktur de Voo do T-25 Uni... ✕ Ir para a seção 2 (Percepção sobre os Simuladores) ▼




Instruktur de Voo do T-25 Uni... ✕ Continuar para a próxima seção ▼




Instruktur de Voo do T-27M T... ✕ Ir para a seção 3 (Percepção sobre os...lotos de T-27M) ▼



Aluno CFOAV 2022 (Anúbis) ✕ Ir para a seção 2 (Percepção sobre os Simuladores) ▼



Aluno CFOAV 2023 (Orthrus) ✕ Ir para a seção 2 (Percepção sobre os Simuladores) ▼



Aluno CFOAV 2024 (Árion) ✕ Ir para a seção 2 (Percepção sobre os Simuladores) ▼

