



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
DIVISÃO DE ENSINO  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1º/2025

JOSÉ AIRES DA COSTA NETO, Cap Eng

**Implantação de um módulo de avaliação e testes de ARPs no Curso de Ensaio em Voo  
do IPEV**

Rio de Janeiro  
2025

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
DIVISÃO DE ENSINO  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1º/2025

JOSÉ **AIRES** DA COSTA NETO, Cap Eng

**Implantação de um módulo de avaliação e testes de ARPs no Curso de Ensaio em Voo  
do IPEV**

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

Linha de Pesquisa: Ciência, Tecnologia e Inovação

Orientador: Thiago Silva dos Santos, Maj Int

Rio de Janeiro

2025

JOSÉ **AIRES** DA COSTA NETO, Cap Eng

**Implantação de um módulo de avaliação e testes de ARPs no Curso de Ensaio em Voo do IPEV**

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

Aprovado por:

---

Presidente, Edivaldo Pires de Figueiredo, Cel Esp Sup Tec – EAOAR

---

Thiago Silva dos Santos, Maj Int - EAOAR

Rio de Janeiro

2025

## RESUMO

O Instituto de Pesquisa e Ensaios em Voo (IPEV), responsável pela formação de engenheiros e pilotos de ensaio da Força Aérea Brasileira (FAB), enfrenta dificuldades para capacitar seus profissionais frente à crescente incorporação de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs). Embora o Curso de Ensaios em Voo (CEV) seja referência internacional, seu currículo permanece voltado para aeronaves tripuladas, desconsiderando as especificidades técnicas das ARPs. Este ensaio defende a tese de que a criação de um módulo específico para avaliação e testes de ARPs no CEV é uma solução viável e estratégica para suprir essa lacuna. O primeiro argumento baseia-se na necessidade dos profissionais formados no CEV serem devidamente preparados para testar e avaliar sistemas não tripulados, em virtude da crescente incorporação de ARPs pela FAB e das exigências técnicas e operacionais que esses sistemas impõem. O segundo argumento aborda as limitações do modelo de capacitação em escolas no exterior e a consequente necessidade de internalizar a formação especializada em ARP como solução estratégica para a lacuna existente. A literatura aponta que o aprendizado só se torna institucional quando incorporado sistematicamente às práticas organizacionais. Nesse contexto, a criação de um módulo dedicado permitiria o alinhamento da formação nacional às melhores práticas internacionais e a construção de uma doutrina própria para ensaios com ARPs. Conclui-se que a proposta é coerente com as diretrizes do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PEMAER) e representa uma ação estruturante para garantir a soberania tecnológica da FAB, ampliar sua maturidade operacional e reduzir a dependência de capacitações estrangeiras.

**Palavras-chave:** aeronaves remotamente pilotadas; curso de ensaios em voo; currículo mínimo;

## 1 INTRODUÇÃO

O Instituto de Pesquisa e Ensaios em Voo (IPEV), vinculado ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), é o órgão da Força Aérea Brasileira (FAB) responsável pela formação de engenheiros e pilotos de ensaio. Sua atuação é essencial para garantir a segurança e o cumprimento da missão das aeronaves e sistemas aeronáuticos em operação ou em processo de incorporação pela FAB. O Curso de Ensaios em Voo (CEV), ofertado pelo Instituto, é a principal ferramenta de capacitação de profissionais na área de ensaios em voo qualificados para planejar e executar avaliações e testes durante as fases de desenvolvimento e certificação de aeronaves e de sistemas aeronáuticos. O CEV é reconhecido internacionalmente pela *Society of Experimental Test Pilots* (SETP), o que atesta a excelência de sua metodologia e de seu corpo docente, bem como a qualidade da formação oferecida.

Diante desse cenário, este ensaio defende como tese que a atualização do currículo mínimo do CEV, por meio da implantação de um módulo específico voltado à avaliação e testes de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), é uma solução viável e estratégica para suprir a lacuna da formação atualmente ofertada decorrente do fato do curso ter sua estrutura exclusivamente voltada para aeronaves tripuladas, sem abordar de maneira adequada as especificidades técnicas dos sistemas remotamente pilotados. A medida proposta permitirá o aprimoramento técnico das equipagens do IPEV, assegurando autossuficiência na formação e reduzindo custos e a dependência de capacitações externas.

Para sustentar essa proposta, serão apresentados dois argumentos. O primeiro consiste na necessidade dos profissionais formados pelo CEV serem devidamente preparados para testar e avaliar sistema não tripulados, em virtude da crescente incorporação de ARPs pela FAB e das exigências técnicas e operacionais que esses sistemas impõem. A inclusão de um módulo específico assegura que o IPEV acompanhe a evolução tecnológica, atenda a demanda da Força e mantenha sua formação alinhada às melhores práticas internacionais, como já fazem escolas de referência mundial. O segundo argumento aborda a limitação prática do envio de profissionais ao exterior e a consequente necessidade de internalizar a formação especializada em ARPs, garantindo maior eficiência, continuidade e padronização no processo de formação do IPEV e, conseqüentemente, maior autonomia em relação à capacitação desses profissionais.

Nas últimas décadas, observou-se um crescimento significativo do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) no cenário mundial. Essas aeronaves vêm sendo empregadas com sucesso em missões de vigilância, reconhecimento, monitoramento de fronteiras, apoio a operações terrestres e até mesmo em operações ofensivas, em contextos civis e militares. A FAB

tem acompanhado essa tendência, incorporando ARPs como os modelos Hermes 450 e Hermes 900, que já atuam em missões reais com elevado valor estratégico e operacional. Além disso, a aquisição de novos modelos de ARPs integra os projetos estratégicos do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica – PEMAER (Brasil, 2024b), o que indica a intenção da Força em expandir suas capacidades operacionais nesse domínio.

Apesar desse cenário de modernização, o currículo mínimo atual do CEV (Brasil, 2024a) permanece exclusivamente voltado para aeronaves tripuladas. A formação teórica e prática do curso concentra-se em metodologias e técnicas de ensaio desenvolvidas para aeronaves tripuladas, com nenhuma abordagem específica sobre as peculiaridades dos sistemas remotamente pilotados.

Essa defasagem entre a evolução dos meios operacionais e o conteúdo programático do curso gera uma lacuna evidente na formação dos profissionais de ensaio. Como consequência, o IPEV ainda encontra dificuldades significativas para capacitar engenheiros e pilotos de ensaio especificamente para avaliação e testes de ARPs. A principal limitação está na impossibilidade de enviar, com a frequência e a quantidade necessárias, profissionais para cursos especializados no exterior, seja por restrições orçamentárias, disponibilidade de vagas ou demandas operacionais que limitam a necessidade de ausência prolongada de pessoal.

Assim, o presente ensaio propõe e justifica a necessidade de reestruturação do CEV, de modo a incluir um módulo dedicado às aeronaves remotamente pilotadas, promovendo o alinhamento da formação oferecida pelo IPEV com os desafios tecnológicos e necessidades operacionais atuais da FAB e contribuindo para a consolidação da autonomia da Força nesse domínio estratégico.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

O primeiro argumento que sustenta a proposta de inclusão de um módulo específico de avaliação e testes de Aeronaves Remotamente Pilotadas no Curso de Ensaio em Voo do IPEV baseia-se no estabelecimento das ARPs como vetores estratégicos no domínio aeroespacial e na crescente complexidade tecnológica desses sistemas no contexto da Força Aérea Brasileira (Yazbek, 2022). A realização de avaliações e testes em ARPs impõe necessidades técnicas e operacionais bastante distintas daqueles aplicáveis às aeronaves tripuladas, exigindo competências específicas em áreas como sistemas de controle automático, enlace de dados, navegação autônoma e integração de cargas pagas.

Dentre as principais peculiaridades desses sistemas destacam-se a dependência de enlaces de comunicação para comando, controle e aquisição de dados, a execução de rotinas autônomas baseadas em algoritmos embarcados, a interface homem-máquina nas estações de pilotagem remota e a necessidade de segregação ou coordenação com o tráfego aéreo convencional, sobretudo em missões de longo alcance ou em áreas de espaço aéreo controlado. Como destaca Austin (2010), o planejamento de ensaios em voo com ARPs requer conhecimento técnico específico e aprofundado sobre a dinâmica dos sistemas de pilotagem por comandos remotos, as vulnerabilidades dos enlaces de dados aos efeitos de latência, interferência eletromagnética e perda de sinal, bem como sobre o comportamento do sistema em modos de falhas e emergências. A ausência de domínio dessas variáveis compromete tanto a qualidade dos dados coletados quanto a segurança operacional da campanha de ensaio.

A condução de campanhas de ensaio com ARPs demanda proficiência em integração e validação de cargas pagas como sensores ópticos e infravermelhos, radares de abertura sintética, sistemas de vigilância eletrônica e transmissões em tempo real, bem como em sistemas de navegação híbridos GNSS/INS para navegação de longo alcance. Esses elementos não são contemplados no currículo mínimo do CEV, que é voltado predominantemente para a realidade das aeronaves tripuladas. Como apontam Minor *et al.* (2005), a competência técnica em ensaios em voo com veículos aéreos não tripulados requer experiências práticas em ambientes controlados, com avaliação gradual, sistemática e extensiva dos subsistemas críticos do SARP (Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada), permitindo ao engenheiro ou piloto de ensaio compreender não apenas o desempenho do sistema, mas também o seu comportamento em cenários representativos do emprego real.

Nesse sentido, a experiência da Força Aérea dos Estados Unidos ilustra um modelo representativo e bastante relevante. Conforme relatado por Minor *et al.* (2005), ao reconhecer a lacuna formativa para atuação com ARPs, a USAF implantou um curso dedicado na sua escola de ensaios em voo (USAF TPS – *United States Air Force Test Pilot School*), estruturado com ênfase em avaliações e testes de sistemas remotamente pilotados. Esta iniciativa baseou-se no entendimento de que uma simples adaptação de conhecimentos oriundos de ensaios em voo em aeronaves tripuladas é insuficiente. O curso foi definido com forte ênfase prática, utilizando diferentes tipos de ARPs, simuladores e laboratórios. O currículo mínimo proposto neste trabalho incorporou tanto instruções teóricas quanto atividades práticas em voo com simulações de falhas de enlace de dados, testes dos diversos sensores embarcados, análise da integridade dos dados telemétricos e estudos de caso sobre eventos de perda de controle. Os autores destacaram também que muitos dos riscos operacionais identificados estavam associados à

familiaridade limitada dos engenheiros com os sistemas de automação embarcados e com os protocolos de comunicação específicos das ARPs, reforçando a necessidade de formação técnica direcionada, continuada e alinhada às melhores práticas internacionais.

No contexto da FAB, a ausência de um módulo específico no CEV voltado à avaliação e testes de ARPs compromete a capacidade do IPEV de capacitar, com a frequência e o volume necessários, equipagens técnicas aptas a planejar e executar de forma segura e eficiente esses ensaios. Como resultado, observa-se um processo de aprendizado essencialmente informal, baseado na adaptação de técnicas desenvolvidas para aeronaves convencionais, o que limita a padronização e reduz a eficácia dos ensaios conduzidos. A implantação de um módulo dedicado permitiria alinhar a formação nacional às melhores práticas internacionais, ao mesmo tempo em que promoveria a consolidação de uma doutrina nacional própria para ensaios com ARPs, integrada às especificidades operacionais e tecnológicas da Força Aérea Brasileira.

O segundo argumento que sustenta a tese diz respeito às limitações financeiras e institucionais envolvidas no envio de equipagens para capacitação no exterior. Embora existam escolas de referência internacional como a *National Test Pilot School* (NTPS) e a *International Test Pilots School* (ITPS) que oferecem cursos com essa finalidade, o custo elevado desses módulos, somado à limitação de vagas disponíveis, à barreira do idioma, aos custos logísticos relacionados a deslocamento e diárias de pessoal e à necessidade de afastamento prolongado dos militares de suas funções, torna essa solução pouco escalável e limitada em termos de replicabilidade institucional.

Dias (2021) corrobora com essa constatação ao analisar o cenário de emprego de ARPs no âmbito da Marinha do Brasil, indicando que o crescimento da aviação não tripulada demanda a criação de estruturas permanentes de formação dentro das próprias organizações militares, com currículos adaptados à sua realidade operacional. Essa percepção também é reforçada por Nonaka e Takeuchi (1997), ao argumentarem que o conhecimento só se torna estratégico quando é internalizado e transformado em prática organizacional por meio de processos contínuos e sistematizados. A capacitação pontual no exterior, embora útil para aquisição individual de competências, raramente está acompanhada de mecanismos institucionais de disseminação e reaplicação do conhecimento, o que limita seu impacto na construção de uma doutrina nacional sólida.

Além disso, como destaca Chiavenato (2004), o desenvolvimento organizacional sustentável requer que a aprendizagem seja incorporada de forma estruturada às rotinas e processos institucionais, permitindo que o conhecimento se torne um ativo coletivo e cumulativo. No caso do IPEV, a inexistência de um programa interno específico para ensaios

com ARPs compromete justamente essa capacidade de institucionalização do conhecimento, resultando em dispersão de esforços, assimetrias formativas e maior vulnerabilidade operacional.

A criação de um módulo interno e regular sobre avaliação e ensaios com ARPs no CEV permitiria ao IPEV replicar boas práticas nacionais e internacionais, como a formação estruturada de instrutores, a produção de material didático próprio e a adaptação dos conteúdos ao contexto operacional da FAB. Tal iniciativa fomentaria a criação de uma trilha de capacitação contínua, personalizada e institucionalizada, garantindo a autossuficiência na formação de profissionais capacitados para operar e testar sistemas remotamente pilotados. Além disso, essa medida estaria plenamente alinhada aos princípios do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica – PEMAER (Brasil, 2024b), que prioriza a soberania tecnológica, a capacitação permanente de pessoal e a redução da dependência externa.

### **3 CONCLUSÃO**

O Instituto de Pesquisa e Ensaios em Voo desempenha um papel estratégico no esforço da Força Aérea Brasileira para assegurar que as aeronaves e sistemas aeronáuticos empregados em suas operações atendam aos requisitos técnicos, operacionais e de segurança estabelecidos. No entanto, a crescente utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas na estrutura operacional da FAB tem evidenciado uma lacuna crítica no atual currículo mínimo do Curso de Ensaios em Voo ofertado pelo IPEV, ainda majoritariamente orientado às aeronaves tripuladas e suas metodologias tradicionais de avaliação.

Este ensaio defendeu a tese de que a atualização do currículo mínimo do CEV, por meio da implantação de um módulo específico voltado à avaliação e testes de Aeronaves Remotamente Pilotadas, é uma solução viável e estratégica para suprir a lacuna da formação atualmente ofertada decorrente do fato de o curso ter sua estrutura exclusivamente voltada para aeronaves tripuladas, sem abordar de maneira adequada as especificidades técnicas dos sistemas remotamente pilotados.

O primeiro argumento de defesa da tese apresentada consistiu na necessidade dos profissionais formados pelo CEV serem devidamente preparados para testar e avaliar sistemas não tripulados, em virtude da crescente incorporação de ARPs pela FAB e das exigências técnicas e operacionais que esses sistemas impõem. A inclusão desse módulo específico assegura que o IPEV acompanhe a evolução tecnológica, atenda a demanda da Força e mantenha sua formação alinhada às melhores práticas internacionais, como já fazem escolas de

referência mundial. O segundo argumento de defesa da tese abordou a limitação prática do envio de profissionais ao exterior e a conseqüente necessidade de internalizar a formação especializada em ARPs, garantindo maior eficiência, continuidade e padronização no processo de formação do IPEV e, conseqüentemente, maior autonomia em relação à capacitação desses profissionais.

Cabe ressaltar que a ampliação das capacidades operacionais da FAB no emprego de ARPs está alinhada aos objetivos traçados no Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PEMAER), que contempla explicitamente o desenvolvimento e a incorporação de novos modelos de aeronaves remotamente pilotadas como um de seus projetos estratégicos. Nesse contexto, torna-se ainda mais importante que a formação de profissionais de ensaio esteja em consonância com essa diretriz estratégica, permitindo ao IPEV atender com eficiência e autonomia as demandas da Força.

Portanto, a criação de um módulo voltado para ensaios e testes de ARPs no CEV não constitui apenas uma medida corretiva frente a uma lacuna curricular, mas sim uma ação estruturante, duradoura e alinhada à visão de longo prazo da Força Aérea Brasileira. Ao consolidar uma doutrina nacional de ensaios em sistemas remotamente pilotados, o IPEV contribuirá para a elevação da maturidade operacional da FAB, para o fortalecimento de sua soberania tecnológica e para a autonomia institucional na formação de profissionais críticos à sua missão. Trata-se de uma iniciativa coerente com os objetivos estratégicos da Aeronáutica e essencial para a evolução da capacitação em ensaios em voo no Brasil.

## REFERÊNCIAS

AUSTIN, R. **Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment**. Chichester: Wiley, 2010.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria DCTA nº 215/DDO, de 6 de fevereiro de 2024. Aprova a reedição da Instrução que trata do Currículo Mínimo do Curso de Ensaios em Voo - Modalidade Asa Fixa, do Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 31, p. 21-22, 15 fev. 2024. Disponível em: [http://www.cendoc.intraer/sisbca/bca\\_pdf/2024/bca\\_31\\_15-02-2024.pdf](http://www.cendoc.intraer/sisbca/bca_pdf/2024/bca_31_15-02-2024.pdf). Acesso em: 15 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria GABAER nº 1.453/GC3, de 5 de junho de 2024. Aprova o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 107, p. 87-137, 10 jun. 2024. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/Busca/Download?codigoArquivo=37409>. Acesso em: 15 abr. 2025.

CHIAVENATO, I. **Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

DIAS, M. S. **Aeronaves Remotamente Pilotadas: o desafio da capacitação dos recursos humanos para o futuro da Aviação Naval**. Monografia (Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores) – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.repositorio.mar.mil.br/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

MINOR, J. L. *et al.* Lessons Learned During Development of a Hands-on Unmanned Aerial Vehicle Flight Test and Evaluation Training Course. **SFTE 36th Annual Symposium Proceedings**, 3-6 out. 2005, Fort Worth, TX. Fort Worth: Society of Flight Test Engineers, p. 1–18, 2005. Disponível em: [https://members.sfte.org/members/secure/filearchive/file\\_secure\\_check.php?fid=162591667](https://members.sfte.org/members/secure/filearchive/file_secure_check.php?fid=162591667). Acesso em: 10 abr. 2025.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation**. New York: Oxford University Press, 1997.

YASBECK, A. M. J. **Aeronave Remotamente Pilotada e sua Contribuição para o Emprego em Combate pela FAB**. Monografia (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola de Guerra, Brasília, 2022. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/bitstream/123456789/933/1/Airton%20Miguel%20Yasbeck%20Junior.pdf>. Acesso em: 13 maio 2025.