



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

DANIELE CLARINDO AMORIM, Cap Eng

Aeronaves Remotamente Pilotadas: Entre as regras da aviação civil e as demandas das missões militares

Rio de Janeiro

2025

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

DANIELE CLARINDO AMORIM, Cap Eng

Aeronaves Remotamente Pilotadas: Entre as regras da aviação civil e as demandas das missões militares

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: Bruno Bitencourt Carvalho de Oliveira, Maj Int

Rio de Janeiro

2025

DANIELE CLARINDO AMORIM, Cap Eng

Aeronaves Remotamente Pilotadas: Entre as regras da aviação civil e as demandas das missões militares

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

Aprovado por:

Presidente, Bruno Bitencourt Carvalho de Oliveira, Maj Int - EAOAR

Alexandra Vidal Pedinotti Zuma, Maj Farm - DIRSA

Rio de Janeiro

2025

RESUMO

O crescente uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) em contextos civis e militares demanda critérios de aeronavegabilidade semelhantes aos aplicados a aeronaves tripuladas. Na aviação civil, normas internacionais já estabelecem processos de certificação que promovem segurança e interoperabilidade, adaptando-se à diversidade de modelos e aplicações. No Brasil, a inclusão das ARPs no Plano Estratégico da Força Aérea (PEMAER) reforça a necessidade de um processo específico de certificação no meio militar. Harmonizar as regulamentações civis e militares fortalece a segurança no espaço aéreo compartilhado e facilita missões conjuntas. Contudo, as operações militares impõem requisitos distintos, como maior confiabilidade e capacidade de operar em cenários de alto risco. A inexistência de um padrão internacional consolidado para as aeronaves militares, evidencia a necessidade de um modelo nacional. Assim, esse ensaio propõe estabelecer um processo de certificação de aeronavegabilidade para ARPs de uso militar, por meio da aproximação com autoridades civis e militares competentes visando a operação segura. Amparada no fato de que ao se harmonizar o processo com a regulamentação civil proporciona maior segurança no uso do espaço aéreo compartilhado e facilita a interoperabilidade em missões conjuntas. Também na afirmação de que, ao adaptar a certificação às especificidades das operações militares, garante-se que as ARPs operem conforme os requisitos dessas missões, alinhadas às regulamentações militares e aos cenários de alto risco. A criação desse processo fortalece a soberania tecnológica, impulsiona a indústria nacional e amplia a presença do Brasil em missões internacionais.

Palavras-chave: certificação; aeronavegabilidade; ARP.

1 INTRODUÇÃO

A aplicação das Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), nos setores civil e militar, tem se expandido com o avanço das tecnologias. Contudo, diante do aumento de sua utilização, torna-se necessário o estabelecimento de critérios de aeronavegabilidade, de forma semelhante ao que ocorre com as aeronaves tripuladas.

Para a aviação civil, esse processo teve início em 1944, com a assinatura da Convenção de Chicago, a qual resultou na criação de normas internacionais e na fundação da Organização da Aviação Civil Internacional (*International Civil Aviation Organization* - ICAO), órgão responsável pela coordenação global da aviação civil. Assim, cada nação signatária instituiu suas próprias agências reguladoras, com o objetivo de adaptar as diretrizes internacionais às suas realidades nacionais. Entre essas agências destacam-se a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), no Brasil; a *Federal Aviation Administration* (FAA), nos Estados Unidos; e a *European Union Aviation Safety Agency* (EASA), na Europa.

Essa padronização normativa possibilita a interoperabilidade das aeronaves entre diferentes países. Atualmente, as agências mencionadas já dispõem de diretrizes e normas específicas para a certificação de ARP, reconhecendo suas particularidades operacionais, a sua grande gama de modelos e aplicações, além dos riscos inerentes à sua utilização.

No que se refere à certificação militar, o cenário apresenta maior complexidade e restrição. Em razão do caráter estratégico das operações militares, os requisitos técnicos e as informações sensíveis relacionadas aos projetos não são compartilhados com a mesma abertura observada na aviação civil. Isso dificulta a cooperação e a padronização entre diferentes autoridades.

A Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), por exemplo, desenvolveu normas e processos recomendados para a certificação de ARPs militares, como a STANAG 4671. No entanto, sua adoção não é obrigatória, varia entre os países-membros e não constitui um regulamento completo e padronizado como os existentes na aviação civil. Além disso, essas diretrizes são voltadas principalmente para aeronaves não tripuladas de grande porte que operam em espaço aéreo não segregado, não abrangendo toda a diversidade de modelos e aplicações existentes.

No Brasil, a certificação de ARPs de uso militar ainda não conta com um método estruturado e bem definido, encontrando-se em fase inicial de desenvolvimento. Esse processo pode ser aprimorado por meio do alinhamento com as práticas adotadas por autoridades civis e militares de outros países. No âmbito do Comando da Aeronáutica (COMAER), o

Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) atua como autoridade certificadora (Brasil, 2019), enquanto a execução das atividades é realizada pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) (Brasil, 2017). Outro ponto a ser ressaltado é o fato de que as ARPs integram o Plano Estratégico da Força Aérea Brasileira (PEMAER), reforçando a necessidade de um processo de certificação robusto e compatível com as demandas operacionais.

Diante desse cenário, esse ensaio propõe estabelecer um processo de certificação de aeronavegabilidade para ARPs de uso militar, por meio da aproximação com autoridades civis e militares competentes visando a operação segura.

A tese encontra amparo no fato de que ao se harmonizar o processo com a regulamentação civil proporciona maior segurança no uso do espaço aéreo compartilhado e facilita a interoperabilidade em missões conjuntas.

Também é possível afirmar que, ao adaptar a certificação às especificidades das operações militares, garante-se que as ARPs operem conforme os requisitos dessas missões, alinhadas às regulamentações militares e aos cenários de alto risco.

2 DESENVOLVIMENTO

O interesse do Brasil pelas ARPs não é recente. Desde 2008, a Estratégia Nacional de Defesa já destacava a importância do emprego das ARPs para o desenvolvimento das capacidades de alerta, vigilância, monitoramento e reconhecimento. Mais de uma década depois, esse assunto continua permeando a visão estratégica da Força Aérea Brasileira, especialmente porque as ARPs compõem o PEMAER (Brasil, 2024).

Diante desse cenário, é importante estabelecer um processo de certificação para ARPs de uso militar, a fim de garantir a segurança operacional, a integração eficiente ao espaço aéreo e a interoperabilidade.

2.1 SEGURANÇA E INTEROPERABILIDADE VIA NORMAS CIVIS

A harmonização entre a certificação militar e a regulamentação civil é essencial para garantir a segurança operacional no espaço aéreo compartilhado e facilitar a interoperabilidade em missões conjuntas. Isso ocorre porque as normas civis já consolidaram práticas seguras e universais, conforme estruturadas pela ICAO e implementadas por agências como a ANAC, FAA e EASA.

A estrutura regulatória consolidada pela ICAO oferece um modelo eficiente para a certificação de aeronaves, inclusive não tripuladas. A adoção de princípios semelhantes no contexto militar contribui para ampliar a segurança operacional e facilitar a atuação conjunta entre forças aliadas. Além disso, estudos destacam a eficácia das normas civis na mitigação de falhas de projeto como é defendido por De Florio (2016).

Nesse sentido, estabelecer um processo de certificação em articulação com autoridades civis não apenas atende a requisitos técnicos e operacionais, como também reforça a soberania e a integração das capacidades militares brasileiras em contextos multinacionais. Essa cooperação entre agências civis comprova que uma base normativa comum não só é possível como desejável. No contexto militar, adotar práticas semelhantes pode facilitar missões conjuntas e a interoperabilidade de sistemas entre países parceiros.

A introdução de diretrizes específicas para Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), pela ICAO demonstra que o modelo civil é capaz de se adaptar a novas tecnologias. Isso reforça que a certificação militar pode - e deve - seguir um caminho similar, beneficiando-se dessa base já existente para garantir segurança e previsibilidade regulatória. Inicialmente, esse modelo tinha como objetivo garantir um nível de segurança equivalente ao das aeronaves tripuladas. Para isso, adotava-se uma abordagem baseada em análise de risco, conforme proposto por Clothier *et al.* (2011), na certificação de sistemas não tripulados civis.

Essa proposta inicial evidenciava uma característica central do modelo civil, sua capacidade de adaptação a diferentes níveis de risco e tipos de operação. A modificação das regulamentações civis ocorre por meio de um processo estruturado, composto por várias etapas, incluindo avaliação técnica, notificações, consultas públicas com participação da indústria e, em alguns casos, apreciação por instâncias políticas, conforme a estrutura de cada país (De Florio, 2016).

Além disso, esses regulamentos são revisados periodicamente, a fim de manterem-se alinhados às evoluções tecnológicas e operacionais do setor. Essa sistemática evidencia a robustez das normas civis, ao associar estabilidade normativa e capacidade de atualização frente às inovações do setor aeronáutico.

Com a evolução do entendimento sobre os sistemas não tripulados e as lições aprendidas a partir de incidentes, as principais autoridades civis passaram a adotar regulamentações mais genéricas que partem de uma base comum e se adaptam conforme o tipo de aeronave, seu peso e sua aplicação (Wanner *et al.*, 2024). Esse modelo adaptativo é especialmente relevante para a certificação de ARPs militares, que exigem flexibilidade normativa diante da diversidade de perfis de missão e dos cenários operacionais de alto risco enfrentados pelas forças armadas.

Nesse sentido, estabelecer um processo nacional de certificação de ARPs militares, em articulação com autoridades civis e baseado em práticas já consolidadas, representa um avanço estratégico, conforme defende este ensaio, ao propor uma certificação que harmonize segurança operacional e cooperação multinacional.

Assim, a certificação civil de aeronaves, inclusive das não tripuladas, evoluiu a partir de uma base normativa global, conduzida pela ICAO, que promove a padronização dos critérios de aeronavegabilidade. Esse ambiente regulatório estruturado e cooperativo também possibilitou a inclusão das ARPs no escopo das certificações, ajustando os requisitos às suas especificidades e contribuindo para um modelo mais flexível, compatível com a diversidade de aplicações desses sistemas.

2.2 REALIDADE MILITAR E DEMANDAS OPERACIONAIS

O distanciamento entre as normas civis e militares evidencia que as Autoridades de Aeronavegabilidade Militar (AAMs) precisam desenvolver seus próprios requisitos, adaptados à realidade das missões de defesa. Essa necessidade de personalização reforça que não se pode aplicar critérios civis a operações militares de alto risco, o que corrobora a tese deste ensaio de que adaptar a certificação às particularidades operacionais das ARPs militares é necessário.

Internacionalmente, as AAMs não dispõem de um processo estruturado e consolidado para definição de requisitos comuns de aeronavegabilidade. As abordagens variam significativamente entre os países, com ênfases distintas em aspectos como projeto, manutenção ou operação, o que pode comprometer a uniformidade da garantia da aeronavegabilidade. Em resposta a essa fragmentação, observa-se um movimento de aproximação entre diferentes AAMs, com o objetivo de harmonizar processos e unificar diretrizes regulatórias (Pourton; Kourousis, 2014).

O fato de a OTAN desenvolver normativas próprias, como a STANAG 4671, voltada a ARPs de grande porte, evidencia que países aliados reconhecem a insuficiência dos padrões civis para operações militares. De forma semelhante, a Agência Europeia de Defesa tem promovido a padronização regulatória entre os Estados-membros da União Europeia, desenvolvendo normas baseadas na EASA, mas adaptadas às especificidades operacionais da defesa. Tais regulamentações, embora não tenham força legal, demonstram que adaptar a certificação à realidade militar já é uma prática internacional.

As ARPs militares operam em ambientes hostis e de alto risco, exigindo elevada confiabilidade e robustez. Possuem sistemas de comando e controle complexos, atuam em

espaços aéreos não segregados e podem ser equipadas com armamentos e sensores estratégicos. Essas particularidades demandam requisitos técnicos distintos dos civis, o que impõe desafios específicos à certificação.

Esses sensores incluem sistemas eletro-ópticos, infravermelhos, radares e equipamentos de inteligência eletrônica, cuja integração requer requisitos específicos de confiabilidade e redundância, devido à criticidade das informações que coletam e ao impacto direto sobre a missão (Junior, 2017). Essas configurações demandam requisitos técnicos adicionais, como sistemas de recuperação de emergência, redundância em comunicações e mecanismos de terminação de voo, exigências que não estão previstas nas certificações civis tradicionais.

Por exemplo, uma ARP empregada em vigilância de fronteiras pode operar por longas horas com sensores de imagem sensíveis e armamentos, embora no Brasil ainda não sejam utilizadas ARPs armadas. Essa configuração exige sistemas redundantes e mecanismos de emergência, elementos que não são contemplados nas certificações civis, e que justificam uma abordagem regulatória própria para o meio militar.

Tais exigências demonstram que aplicar regulamentos civis a operações militares comprometeria a segurança e a eficácia das missões, o que valida a necessidade de um processo de certificação militar específico.

No Brasil, o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), responsável pela certificação de aeronaves militares, já aplica um modelo baseado em fases definidas, que inclui a elaboração de requisitos, avaliações técnicas contínuas e auditorias (Pleffken, 2021). Essa experiência acumulada demonstra que o Brasil possui base institucional para liderar a criação de um processo nacional de certificação de ARPs militares, conforme propõe este ensaio.

A certificação militar traz como desafio alinhar a garantia da segurança com as particularidades da operação militar. Apesar da ausência de uma regulamentação internacional, as AAMs têm se aproximado em torno de práticas comuns.

3 CONCLUSÃO

A utilização das ARPs em ambientes civis e militares tem ganhado destaque ao longo dos anos, o que demanda a definição de critérios de aeronavegabilidade, semelhantes aos aplicados às aeronaves tripuladas. Na aviação civil, balizada pela ICAO, essas discussões se iniciaram há mais de uma década. Para as autoridades militares internacionais também houve o estabelecimento de processos e/ou regulamentações. No Brasil, no contexto militar, as ARPs fazem parte do plano estratégico da Força Aérea para os próximos anos com a previsão de

intensificação do seu uso e parcerias com outros países, no entanto ainda não há um processo técnico consolidado para certificação de aeronavegabilidade dessas aeronaves.

Primeiramente, destaca-se que harmonizar o processo com a regulamentação civil obtém maior segurança no uso do espaço aéreo compartilhado e facilita a interoperabilidade em missões conjuntas. A certificação civil, conduzida com base em padrões internacionais, contribui para o fortalecimento da aeronavegabilidade e da interoperabilidade global. As agências civis, como a ANAC, FAA e EASA, operam dentro de estruturas regulatórias claras, atualizadas de forma contínua, e que promovem a cooperação técnica e a padronização de procedimentos. Essa base normativa tem se mostrado eficaz também na inclusão progressiva das ARPs, por meio de adaptações considerando sua diversidade de modelos e usos.

Em contrapartida, existe também a necessidade de se adaptar a certificação às especificidades das operações militares, garantindo que as ARPs operem conforme os requisitos dessas missões, alinhadas às regulamentações militares e aos cenários de alto risco. Essas aeronaves, por operarem frequentemente de forma autônoma, com sensores e cargas úteis de natureza sensível, inserem requisitos distintos daqueles contemplados nos regulamentos civis. Além disso, os cenários militares apresentam demandas críticas em termos de confiabilidade, redundância e interoperabilidade. A ausência de um processo estruturado e consolidado entre as autoridades militares globais, conforme evidenciado pela limitação das diretrizes da OTAN (STANAG 4671), reforça a necessidade de se estabelecer um processo aplicado às necessidades do Brasil.

Diante disso, esse ensaio defendeu a tese de que estabelecer um processo de certificação de aeronavegabilidade para ARPs de uso militar, por meio da aproximação com autoridades civis e militares competentes visando a operação segura.

A criação de um processo nacional de certificação de ARPs militares, além de atender às demandas imediatas de segurança e integração, representa um passo estratégico para o fortalecimento da soberania tecnológica e da capacidade autônoma da Força Aérea Brasileira. A médio e longo prazo, esse avanço também projeta o Brasil como ator ativo na consolidação de padrões regulatórios internacionais. Além disso, favorece o fomento à indústria de defesa nacional e amplia a participação do país em missões conjuntas internacionais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria DCTA n° 214 /DNO, de 22 de agosto de 2017. Aprova o Regulamento de Aeronavegabilidade Militar – Procedimentos para Certificação de Produto Aeronáutico. **Boletim do Comando da**

Aeronáutica, Rio de Janeiro, n. 153, p. 91-177, 5 set. 2017. Disponível em: https://ifi.dcta.mil.br/images/conteudo/documentos/certprod/ica_57-21.pdf. Acesso em: 31 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria DCTA n° 2.190 /GC3, de 10 de dezembro de 2019. Aprova a reedição da Diretriz que dispõe sobre a Garantia da Qualidade e da Segurança de Sistemas e Produtos no COMAER. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 232, p. 505-542, 23 dez. 2019. Disponível em: https://ifi.dcta.mil.br/images/DCA_800-2_19-12-2019.pdf. Acesso em: 31 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria GABAER n° 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: http://www.cendoc.intraer/sisbca/bca_pdf/2024/bca_107_10-06-2024.pdf. Acesso em: 26 mar. 2025.

CLOTHIER, R. A.; PALMER, J. L.; WALKER, R. A.; FULTON, N. L. Definition of an airworthiness certification framework for civil unmanned aircraft systems. *Safety Science*, [s. l.], v. 49, p. 871–885, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753511000270>. Acesso em: 31 mar. 2025.

DE FLORIO, F. **Airworthiness: an introduction to aircraft certification and operations**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier, 2016.

JUNIOR, A. M. Y. **Aeronave remotamente pilotada e sua contribuição para o emprego em combate pela FAB**. 2017. 57 f. Monografia (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/bitstream/123456789/933/1/Airton%20Miguel%20Yasbeck%20Junior.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2025.

PLEFFKEN, D. R. **Atualização de um processo da garantia do produto espacial (INPE) e proposição de seu aperfeiçoamento baseada na sumarização de um correspondente processo aeronáutico (IFI)**. 2021. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2021. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/4537US5>. Acesso em: 09 abr. 2025.

PURTON, L.; KOUROUSIS, K. Military airworthiness management frameworks: a critical review. *Procedia Engineering*, [s. l.], v. 80, p. 545–564, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814012041>. Acesso em: 26 mar. 2025.

WANNER, D.; HASHIM, H. A.; SRIVASTAVA, S.; STEINHAEUER, A. UAV avionics safety, certification, accidents, redundancy, integrity, and reliability: a comprehensive review and future trends. *Drone Systems and Applications*, [s. l.], v. 12, p. 1–23, 2024. Disponível em: <https://cdnscepub.com/doi/full/10.1139/dsa-2023-0091>. Acesso em: 12 mar. 2025.