A CONTRIBUIÇÃO DOS ENSAIOS EM VOO PARA A DEFESA NACIONAL

Marcelo Zampier Bussmann*
Marta Maria Telles**

RESUMO
A atividade de ensaios em voo é estratégica e fundamental para o processo de desenvolvimento e certificação de aeronaves civis e militares e incorpora às suas competências o conhecimento de sistemas e tecnologias embarcadas. No Brasil, teve início nos anos de 1960, no Centro Técnico Aeroespacial, em São José dos Campos e atualmente está associada ao desenvolvimento dos projetos estratégicos da Força Aérea Brasileira e das demais Forças. Nesse sentido, este artigo discute a contribuição dos ensaios em voo para a defesa nacional, sob a perspectiva da Expressão Científica e Tecnológica do Poder Nacional, no contexto da política e da estratégia nacionais de Defesa do Brasil.
Palavras-chave: Ensaios em voo; Expressão Científica e Tecnológica; Poder Nacional; Política Nacional de Defesa; Estratégia Nacional de Defesa.

THE CONTRIBUTION OF FLIGHT TESTS TO NATIONAL DEFENSE

ABSTRACT
Flight test is strategic and essential to the process of development and certification of civil and military aircraft and incorporates knowledge of embedded systems and technologies to its competencies. In Brazil, it began in the 1960s, at Aerospace Technical Center, in São José dos Campos and is currently associated with the development of strategic projects for the Brazilian Air Force and other Forces. In this sense, this article discusses the contribution of flight tests to national defense, from the perspective of the Scientific and Technological Expression of Brazilian National Power, in the context of Brazil´s national defense policy and strategy.
Keywords: Flight test; Scientific and Technological Expression; National Power; National Defense Policy; National Defense Strategy.

LA CONTRIBUCIÓN DE LOS ENSAYOS EN VUELO A LA DEFENSA NACIONAL

RESUMEN
La actividad de los ensayos en vuelo es estratégica y fundamental para el proceso de desarrollo y certificación de aeronaves civiles y militares e incorpora el conocimiento

* Mestrando em Ciências Aeronáuticas. Oficial da Força Aérea Brasileira. Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo. E-mail: alachassebum@hotmail.com
** Doutora em Psicologia Social pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Mestre em Educação pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Professora Convidada, Universidade da Força Aérea. E-mail: tellesmartam@hotmail.com

de los sistemas y tecnologías a bordo a sus competencias. En Brasil, comenzó en la década de 1960, en el Centro Técnico Aeroespacial, en São José dos Campos y actualmente está asociado con el desarrollo de proyectos estratégicos para la Fuerza Aérea Brasileña y las demás Fuerzas. En este sentido, este artículo discute la contribución de los ensayos de vuelo a la defensa nacional, desde la perspectiva de la Expresión Científica y Tecnológica del Poder Nacional Brasileño, en el contexto de la política y estrategia de Defensa Nacional del Brasil.
Palabras clave: Ensayos de vuelo; Expresión científica y tecnológica; Poder Nacional; Política de Defensa Nacional; Estrategia de Defensa Nacional.

1 INTRODUÇÃO

A atividade de ensaios em voo é pouco conhecida do grande público brasileiro. No entanto, é estratégica e fundamental para as aviações civil e militar. Nas duas Grandes Guerras, mostrou-se relevante no processo de desenvolvimento de aeronaves militares e sistemas embarcados (AIRPOWER THROUGH WWI, 2012; HALLION, 1988), assim como para o contínuo progresso de aeronaves comerciais, cada vez mais eficientes e seguras. Permitiu ainda os primeiros voos na estratosfera, que culminaram com a corrida espacial na década de 1960, visto os voos realizados pela aeronave X-15, tripulada por pilotos de ensaio experimental (WALLACE, 2006).

Em âmbito nacional, os ensaios em voo têm sido alvo de estudos que se dedicaram, por exemplo, à análise do potencial de contribuição da atividade para o desenvolvimento do setor aeronáutico, no que diz respeito à produção de conhecimento e serviços de Ciência e Tecnologia (FERREIRA, 2019; QUINTAIROS; OLIVEIRA E PEDRO, 2014; PEDRO; VIEIRA, 2012), à melhoria da segurança de voo e ao gerenciamento de risco (DE OLIVEIRA, 2017; LEITE, 2017; MACÊDO; JÚNIOR; URBINA, 2020).

No cenário internacional, a atividade é referência em pesquisas relacionadas às análises de risco em projetos de alta complexidade (TUCKER; HUTTO; DAGLI; 2010), em projetos de sistemas de controle que transbordam para aeronaves não tripuladas e de emprego espacial (WILLIAMS-HAYES, 2005), assim como em projetos de soluções de engenharia que aumentem a segurança dos voos de certificação realizados atualmente (COSTELLO; JEWELL; XU, 2020).

Entendendo a importância de todos esses fatores para a atividade de ensaios em voo, busca-se ampliar seu escopo para o cenário científico-tecnológico brasileiro, tendo em vista a díade ciência e tecnologia representar, segundo Azevedo (2021)[1], "a maior fonte de poder de uma Nação, caracterizando-se como uma expressão fundamental do Poder Nacional" e contribuindo para "a definição de uma política de Segurança e Defesa e desenvolvimento".

1 Aula ministrada remotamente na Escola Superior de Guerra, pelo Engenheiro Ricardo Azevedo - Divisão de Assuntos de Ciência e Tecnologia, intitulada "Ciência, Tecnologia e Inovação e o Poder Nacional", 2021. Disponível em: https://tube.esg.br/?search=PN.

De acordo com o Glossário das Forças Armadas (BRASIL, 2015, p. 200), o Poder Nacional "é a capacidade que tem o conjunto dos homens e dos meios que constituem a Nação, atuando em conformidade com a vontade nacional, para alcançar e manter os objetivos nacionais". Compreendido como um todo, uno e indivisível, se manifesta nas expressões política, econômica, psicossocial, militar, científica e tecnológica.

Tomando como foco a expressão científica e tecnológica, de acordo com Azevedo (2021)[2], o desenvolvimento da ciência e tecnologia "[...] depende de ações de governo para a análise dos seus fundamentos e fatores e o aprimoramento dos seus órgãos e funções". Nesse sentido, no campo político-estratégico, visando orientar ações de incentivo à produção nacional de soluções inovadoras para uma menor dependência de tecnologia estrangeira, metas e planos foram definidos na Política Nacional de Defesa (PND) e na Estratégia Nacional de Defesa (END) (ASSIS, 2016, p. 14).

Em se tratando de aquisições de defesa, Longo e Moreira (2013, p. 295) entendem a existência de diferentes possibilidades e opções, "[...] desde o desenvolvimento autóctone do produto até a compra de equipamentos prontos e acabados no mercado internacional". No entanto, é necessário considerar que, se acentuada, a dependência tecnológica tende a enfraquecer o Poder Nacional e também a Segurança e a Soberania do país (LONGO, 1984).

Como assegura a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022 (BRASIL, 2017, p. 87), "a soberania nacional depende do domínio de tecnologias críticas em setores estratégicos como o Aeroespacial e a Defesa". A pesquisa aplicada, desenvolvida pelos Institutos e Centros de Ciência e Tecnologia das Forças Armadas, tem significativa contribuição na elevação da autonomia científica e tecnológica do país (BRASIL, 2017).

Partindo das premissas de garantia da soberania e de autonomia tecnológica, organizações militares e empresas do setor aeronáutico envolvidas com a atividade de ensaios em voo buscam inovações a fim de criar conceitos e metodologias para testar a aeronavegabilidade e novas tecnologias incorporadas aos produtos desenvolvidos. Também atuam junto aos órgãos de certificação para aprimorar suas normas e regulamentos aeronáuticos.

Nesse sentido, este artigo tem por objetivo discutir a contribuição dos ensaios em voo para a Defesa Nacional, sob a perspectiva da expressão científica e tecnológica do Poder Nacional, no contexto da política e da estratégia nacionais de defesa do Brasil.

Esta discussão se mostra relevante dada a importância do programa de aquisição de novas aeronaves e sistemas de defesa para o Comando da Aeronáutica

2 Aula ministrada remotamente na Escola Superior de Guerra, pelo Engenheiro Ricardo Azevedo - Divisão de Assuntos de Ciência e Tecnologia, intitulada "Ciência, Tecnologia e Inovação e o Poder Nacional", 2021. Disponível em: https://tube.esg.br/?search=PN

(COMAER), um desafio na gestão de projetos que incorporam tecnologias na fronteira do conhecimento (BRASIL, 2016). O emprego de meios de Força Aérea para determinar as qualidades de voo e o desempenho de aeronaves e sistemas é uma "Ação Complementar" à missão principal da Força Aérea Brasileira (FAB), desenvolvida pelos ensaios em voo (BRASIL, 2012).

O Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV), Instituição de Ciência e Tecnologia e Organização Militar, é responsável pela prestação de serviços tecnológicos especializados na área de ensaios em voo, instrumentação de aeronaves e telemetria de dados para apoio à pesquisa, desenvolvimento e certificação de produtos aeronáuticos (BRASIL, 2012).

A Instituição é subordinada operacional e administrativamente ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), ambos situados em São José dos Campos (SP). Compete ao DCTA planejar, gerenciar, realizar e controlar as atividades relacionadas com a ciência, tecnologia e inovação, no âmbito da FAB. É também a autoridade certificadora do setor aeronáutico e de sistemas de defesa embarcados, responsável por regular, supervisionar e controlar as atividades afetas à garantia da qualidade e segurança em todo o ciclo de vida de sistemas (BRASIL, 2016).

Segundo Ferreira (2019, p. 3), "o IPEV exerce um papel preponderante para os ensaios em voo no Brasil por sediar uma das únicas sete escolas de formação em ensaios em voo reconhecidas [...]". A ele compete a formação de pessoal especializado no Curso de Ensaios em Voo (CEV) coordenado pela Divisão de Formação em Ensaios em Voo (EFEV).

A qualidade do curso ganhou evidência a partir de 2004, ano em que foi acreditado pela *Society of Experimental Test Pilots* (SETP), organização responsável pelo desenvolvimento de pesquisas relacionadas à segurança aérea e ao avanço aeronáutico. Não há instituição de ensino similar ao IPEV na América Latina e apenas outras sete escolas reconhecidas internacionalmente ministram cursos equivalentes creditados. São elas: *Empire Test Pilot School, United States Naval Test Pilot School, United States Air Force Test Pilot School, École du Personnel Navigant D'essaiset de Réception, International Test Pilots School, National Test Pilot School* e *Indian Air Force Test Pilot School* (SETP, 2021).

O Curso de Ensaios em Voo permitiu ao Brasil dispor de um grupo possuidor de capacidade crítica para ensaiar e apoiar o processo de certificação de aeronaves voltadas ao emprego militar, incorporando às suas competências o desenvolvimento de tecnologias embarcadas. De acordo com dados atualizados até 2018, por exemplo, dos 18 projetos estratégicos definidos pelo COMAER (BRASIL, 2018), oito dependiam da efetiva atuação das equipes que realizam voos experimentais de "[...] desenvolvimento, modificação, avaliação, ou certificação de aeronaves e/ou sistemas embarcados [...]" (FERREIRA, 2019, p. 3).

Atualmente, nesses oito projetos estratégicos em processo de desenvolvimento e certificação (KC-390 Millennium, E-99, F-39 Gripen, MICLA-BR,

Míssil BVR, IFF-M4, Link BR-2 e Estande Operacional), o ensaio em voo permanece como critério crítico.

Além dos projetos estratégicos, outros projetos de menor impacto, mas com mudanças significativas em relação ao projeto original, também contam com a participação do IPEV. Conforme previsto em legislação específica, "grandes modificações em produtos que impliquem grandes modificações ao projeto devem ser coordenadas com o DCTA, inclusive para fins de certificação de produto" (BRASIL, 2016, p. 19). A modernização na aeronave T-27M, a ser operada pela Academia da Força Aérea, é um exemplo atual desse processo.

Nesse sentido, a fim de trazer parâmetros que permitam um olhar sobre a atividade de ensaios em voo sob a ótica da expressão científica e tecnológica do Poder Nacional, faz-se necessário, antes, discorrer sobre a origem desta atividade e da formação de competência crítica na área de aeronáutica militar e de Defesa Nacional.

2 BREVE HISTÓRICO DOS ENSAIOS EM VOO NO BRASIL

Estudos mostram que a pesquisa no campo da aeronáutica e seus ensaios são processos vitais para a aviação. Desde as primeiras tentativas para alçar o voo, os pioneiros na área tiveram dificuldades em entender a dinâmica para construir engenhos que pudessem se sustentar e ser controláveis no ar por meios próprios. O fim do século XIX e o início do século XX foram marcados por inúmeros esforços no desenvolvimento de balões, planadores e aeronaves (HALLION, 1988).

O histórico da atividade de ensaios em voo no Brasil se entrelaça ao desenvolvimento da aviação. Na década de 1940, junto ao pioneirismo de Santos Dumont, e ainda que informalmente, o país deu seus primeiros passos, a partir de testes de planadores nacionais desenvolvidos no Instituto de Pesquisas Tecnológicas, em São Paulo, e em aeroclubes no interior do Estado (HISTÓRIA..., 2005).

Sob a influência norte-americana nos campos de ciência, tecnologia e inovação, nos anos 50, o Brasil expandiu e organizou "[...] a comunidade científica, tecnológica e empresarial [...] para a solução de seus problemas políticos, sociais, econômicos, assim como os referentes à sua soberania e defesa" (LONGO, 2009, p. 8). Essa nova perspectiva conduziu à criação, na mesma década, do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e do Centro Técnico Aeroespacial (CTA).

Com a formação contínua de engenheiros no ITA, vários projetos aeronáuticos foram realizados. Em virtude do rigor técnico exigido nas atividades de ensaio, e na consequente necessidade de melhoria na formação dos pilotos de ensaio, foi criada, na década de 1960, a Divisão de Homologação e Ensaios em Voo. Ela serviu como ponto central do conhecimento na área e alavancou a publicação de manuais e normas de orientação (HISTÓRIA..., 2005).

Em 1965, com a autorização do Ministro da Aeronáutica, iniciou-se o desenvolvimento do C-95 Bandeirante. Dentro das ações estratégicas elaboradas

para a execução do projeto, dois militares foram enviados à França a fim de realizarem o curso de piloto e engenheiro de ensaio em voo (CABRAL, 2010). O evento marcou a primeira formação em uma escola especializada.

Em 1967, a FAB planejou a formação da sua primeira dupla de ensaios (piloto e engenheiro) em escola reconhecida no exterior. Essa tripulação era considerada mandatória para suportar o desenvolvimento da aeronave C-95 Bandeirante no CTA (HISTÓRIA..., 2005).

Em 1982, após uma manutenção de grande vulto que culminou com um acidente fatal envolvendo uma aeronave Mirage, o CTA implementou o Curso de Preparação de Recebimento de Aeronaves. O curso proporcionou o ambiente, o espírito do grupo de pilotos e engenheiros de ensaio e a posterior criação do Curso de Ensaios em Voo (CEV) (SANTOS, 2017), cuja primeira edição se formalizou em 1986 (HISTÓRIA..., 2005).

De 1986 até os dias atuais, foram realizados 27 cursos de ensaio em voo, sendo formados 98 pilotos e 75 engenheiros de ensaio em voo. Lucena (2018, p. 19) avalia que "a história da indústria aeronáutica no Brasil tem na aquisição da competência em Ensaios em Voo um capítulo importante". O autor a adjetiva como uma atividade "bastante rara no mundo".

Dada a função estratégica da atividade de ensaios em voo na formação, pesquisa e desenvolvimento aeronáutico, busca-se estabelecer sua contribuição para a expressão científica e tecnológica.

3 A EXPRESSÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NO CONTEXTO DOS ENSAIOS EM VOO

Sob a conceituação de Longo (2000, p. 1), considera-se ciência, "o conjunto organizado dos conhecimentos relativos ao universo objetivo, envolvendo seus fenômenos naturais, ambientais e comportamentais" e, tecnologia, "o conjunto organizado de todos os conhecimentos científicos, empíricos ou intuitivos empregados na produção e comercialização de bens e de serviços". O autor explica que a relação estabelecida entre os dois conceitos originou o atualmente conhecido binômio Ciência e Tecnologia. Em meados do século XX, tornou-se objeto de atenção "[…] central das políticas e estratégias nacionais dos países mais desenvolvidos" (LONGO; MOREIRA, 2013, p. 279).

Os dois conceitos representam uma das expressões do Poder Nacional - a expressão científica e tecnológica. Ela se expressa por meio dos fundamentos: Recursos Humanos; Recursos Naturais e Materiais; e Instituições Científicas e Tecnológicas, todos eles utilizados nas atividades de geração, disseminação e aplicação dos conhecimentos nessa área (ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA, 2019).

Entre esses Fundamentos do Poder Nacional, a discussão em tela toma em análise as Instituições Científicas e Tecnológicas, considerando sua constituição "[...] a partir dos valores e conceitos prevalentes na comunidade técnico-científica

[...] para formar um sistema nacional atuante em ciência e tecnologia" (ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA, 2019, p. 121).

Também são considerados os fatores ou elementos dinâmicos que atuam diretamente sobre esses Fundamentos. Pela aproximação à atividade de ensaios em voo, a atenção se volta aos elementos - Educação e Formação Profissional; Pesquisa e Desenvolvimento; e Dinâmica Produtiva (ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA, 2019).

No contexto da análise, optou-se por discutir conjuntamente os elementos dinâmicos Educação e Formação Profissional e Pesquisa e Desenvolvimento, uma vez que o aprimoramento da tecnologia nacional "[...] ocorre em função, tanto do desenvolvimento da infraestrutura de ciência e tecnologia, quanto da formação de recursos humanos" (BRASIL, 2018, p. 43).

3.1 EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL E PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

O reconhecimento do IPEV como uma Instituição de Ciência e Tecnologia contribui para o desenvolvimento científico e tecnológico, oportunizando a criação e a manutenção de conhecimentos e serviços prestados na área dos ensaios em voo. Pelo fato de atuar na certificação de aeronaves e sistemas de defesa, deve "manter-se atualizado com o estado da arte, os conhecimentos, as tecnologias, os regulamentos e as normas de sua área de competência" (BRASIL, 2016).

Nesse sentido, a formação e o treinamento de pilotos e engenheiros de prova realizados na EFEV são fatores que influenciam diretamente na capacitação e na prática de pesquisas e ensaios. A esse respeito, complementa-se com o entendimento de Longo (2009, p. 8):

> A geração de tecnologias de base científica exige, num ambiente favorável à criatividade e à inovação, acúmulo de capital para investimentos contínuos em pesquisa, desenvolvimento experimental e engenharia, mobilizando cérebros com competência em amplo espectro de conhecimentos e capacidade gerencial para produzir, competitivamente, novos bens e serviços.

Com esse objetivo de investimento na capacitação intelectual e gerencial de profissionais para os ensaios em voo, a EFEV forma anualmente militares não apenas para a FAB, mas também para o Exército Brasileiro e para a Marinha do Brasil, a fim de atender à demanda da atividade e garantir que as tecnologias previstas nos requisitos estejam totalmente incorporadas às aeronaves. Eventuais restrições nos ensaios em voo, notadamente na disponibilidade de recursos humanos, podem impactar na disponibilidade de atendimento aos processos de certificação como consequência de falhas na pesquisa e no desenvolvimento.

Para o COMAER, esse impacto pode ser sentido na qualidade e na segurança do produto final, pois os requisitos técnicos avaliados por estes profissionais são derivados de cumprimento de missão e da segurança durante a sua fase de utilização, sendo a base para as certificações, aprovações ou aceitações de sistemas e produtos (BRASIL, 2016).

Com a decisão do Governo Federal em privilegiar a produção de produtos de defesa em território nacional, a demanda de trabalhos atribuídos ao Instituto ganhou vulto e aumentou a demanda por pessoal especializado. O capital humano é aspecto presente tanto nos Objetivos Nacionais de Defesa (OND) previstos na PND quanto na END, Estratégia de Defesa (ED) ED-4, ao sinalizar para a "capacitação e dotação de recursos humanos adequadamente preparados para a consecução dos objetivos de cada organização militar" (BRASIL, 2018).

Segundo Lucena (2018), a promulgação da END (BRASIL, 2018) foi um dos motores que incentivou a expansão de projetos na área de defesa, gerando essa necessidade de pessoal. A Estratégia também apontou a importância de esforços integrados e definição de polos para concentrar as atividades acadêmicas e de desenvolvimento tecnológico.

O DCTA representa um desses polos, pois abriga em seu Campus, além do IPEV e do ITA, o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), o Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), o Instituto de Estudos Avançados (IEAv), o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) e o Instituto de Aplicações Operacionais (IAOp). Todos esses Institutos contribuem com os programas de desenvolvimento científico e tecnológico voltados à indústria nacional (SCHMIDT, 2013), cujos estudos são de aplicação prática, como por exemplo o desenvolvimento de motor-foguete, motor a álcool para aviões, sistemas de controle, qualificação de armamento nacional, dispositivos de voo hipersônico, entre outros.

Essas e outras tecnologias desenvolvidas pelo DCTA possibilitaram à indústria aeronáutica brasileira um avanço significativo, alcançando "[...] competitividade global na produção e comercialização de aeronaves representada por sua principal empresa – a Embraer" (BRASIL, 2017, p. 87).

A autonomia tecnológica na área de defesa é destacada na PND (BRASIL, 2018), com ênfase na priorização de pesquisas e desenvolvimento de tecnologias, em especial aquelas que não são comercializadas por outros países em função do seu grau de importância. Essa perspectiva é corroborada por Schmidt (2013, p. 43) ao afirmar que "o arcabouço normativo brasileiro [...] tem sido, ao longo dos últimos anos, consistente em afirmar a aspiração nacional pelo desenvolvimento endógeno de produtos de defesa tecnologicamente competitivos".

A título de ilustração, destaca-se o processo de aquisição da aeronave KC-390 pela FAB, cujo ciclo de concepção, desenvolvimento e industrialização ocorreu em território nacional. Para Ribeiro (2017, p. 237), a encomenda do KC-390 atendeu a dois objetivos: "[...] suprir as demandas operacionais da FAB e estimular o

desenvolvimento e a capacitação tecnológica da indústria aeronáutica brasileira". Nesse projeto, além de outras áreas da FAB, o ensaio em voo participou ativamente de várias fases iniciais do ciclo de vida desta aeronave.

Os profissionais do IPEV tiveram participação ativa na definição de requisitos técnicos, de desempenho e de missão do KC-390, realizando, na fase de desenvolvimento, voos para verificação do desempenho, das qualidades de voo e do comportamento dos sistemas de missão. Nos voos de certificação militar, os pilotos de ensaio realizaram tarefas operacionais para avaliar a adequabilidade da aeronave às missões pretendidas, a fim de homologar as soluções propostas pela fabricante. Os voos de recebimento das primeiras quatro aeronaves também foram realizados por tripulantes de ensaio, visto constar no acervo contratual e envolver perfis de voo no limite do envelope, o que demanda treinamento especializado e preparação.

Para o KC-390, projeto que serve de exemplo para tantos outros gerenciados pela FAB, os profissionais de ensaio foram responsáveis por realizar a avaliação técnica dos entregáveis, atuando como mediadores entre o gerente do projeto e a empresa contratada na avaliação da aeronave, no julgamento das soluções apresentadas para o cumprimento dos requisitos e na mediação dos níveis técnico e gerencial do projeto, tanto no âmbito da FAB quanto no da empresa.

Assim, pode-se observar a complexidade da atividade, quando se trata de um projeto com mais de dois mil requisitos civis e quatro mil requisitos militares, que envolve uma sólida base de conhecimento da área de ensaios, técnicas de voo específicas, metodologia de avaliação, rigor científico na análise de resultados e consecução dos processos envolvidos.

Com a aprovação, em 2004, da Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Defesa Nacional (BRASIL, 2004), e em atendimento ao objetivo X expresso no documento: "implantação de sistemática que integre o planejamento estratégico, o ciclo de desenvolvimento de produtos e serviços de interesse da Defesa Nacional e a avaliação de resultados", o Ministério da Defesa (MD) publicou o Manual de Boas Práticas para Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (MD40-M-0) (BRASIL, 2019).

Na FAB, com base nessa mesma política, foram implementadas a Diretriz do Comando da Aeronáutica (DCA 400-6) - Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica (BRASIL, 2007) e a Diretriz do Comando da Aeronáutica (DCA 800-2) - Garantia da Qualidade e da Segurança de Sistemas e Produtos no COMAER (BRASIL, 2016a). É importante ressaltar que essa legislação específica disciplina o ciclo de vida dos sistemas de defesa e, em última análise, proporciona o alcance dos objetivos do Poder Nacional na área de aeronáutica.

A MD40-M-0 (BRASIL, 2019) e a DCA 400-6 (BRASIL, 2007), emitidas respectivamente pelo MD e pela FAB, operacionalizam a sequência de eventos e processos necessários à concepção e desativação dos materiais de defesa, à

avaliação das necessidades, definição de requisitos, propostas, desenvolvimento, industrialização e desativação, permitindo avaliar a pertinência de modernização para a extensão da vida útil de determinado equipamento.

Já a DCA 800-2 (BRASIL, 2016) tornou explícita a necessidade e relevância da atividade de ensaio em voo ao definir que, no processo de avaliação da garantia da qualidade e da segurança de sistemas e produtos aeronáuticos, sejam realizados processos de aprovação, certificação ou aceitação, a fim de garantir o cumprimento de requisitos e a segurança operacional em níveis aceitáveis durante todo o ciclo de vida.

As atribuições das Organizações Certificadoras para o gerenciamento dos aspectos contratuais e conceituais de aeronavegabilidade, assim como suas respectivas áreas de atuação, também são definidas na DCA 800-2 (BRASIL, 2016a). Esse ciclo engloba Concepção, Desenvolvimento, Produção e Modernização, fases orientadas pela DCA 400-6 - Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica (BRASIL, 2007).

Todas estas etapas previstas na DCA 400-6 (BRASIL, 2007, p. 34) têm como base o plano de desenvolvimento do projeto que "consiste de um planejamento minucioso, [...] relativo aos trabalhos de pesquisa tecnológica, desenvolvimento e engenharia do produto e do processo de certificação". As atividades de acompanhamento do desenvolvimento, dentro e fora do COMAER, dos aspectos de certificação e de garantia da qualidade, estão descritas no Plano de Verificação, Ensaios e Certificação. Com base nesse Plano, as aeronaves protótipos são avaliadas técnica e operacionalmente para a constatação do cumprimento dos requisitos técnicos e logísticos por equipagens de ensaio (BRASIL, 2007).

Os profissionais de ensaios em voo, entre outras especialidades, participam da Fase de Concepção, momento em que são definidos os requisitos das aeronaves e seus sistemas. As revisões contratuais e o desenvolvimento do produto sintetizam a Fase de Desenvolvimento. Nesta fase, o produto "[...] é conduzido para um estado em que ele esteja pronto para entrar em produção seriada" (BRASIL, 2007, p. 23) e o IPEV, nos ensaios em voo, realiza a verificação da capacidade de cumprimento desses requisitos, ou da missão para a qual foi proposta, com eventual sugestão de soluções para o atingimento dos objetivos.

O Desenvolvimento é etapa importante em um projeto, porque concentra grande parte do esforço de engenharia e de ensaios em voo para chegar ao produto desejado. O KC-390, por exemplo, mesmo estando em uma fase intermediária de desenvolvimento, atualmente já executou mais de 2.500 horas de voo em ensaios, o que mostra a complexidade da atividade e o quanto é essencial para que, na Fase de Produção, ou durante a vida operacional, não haja dificuldades em serviço que afetem o cumprimento de missão e os custos das correções.

Essas dificuldades dizem respeito aos eventos que afetam a segurança ou a "[...] capacidade de execução da missão dos produtos aeronáuticos e de defesa de

emprego aeronáutico, tais como acidentes, incidentes, erros em procedimentos e documentos de operação e manutenção, falhas, mau funcionamento e defeitos" (BRASIL, 2016, p. 11).

Para a aceitação do produto e o recebimento contratual das aeronaves e sistemas, pilotos e engenheiros de ensaio realizam a verificação funcional de ambos, considerando o rol de capacidades e limites, a fim de garantir que as Forças Armadas estejam recebendo o produto pelo qual contrataram e empenharam seus recursos.

Como exemplo, pode-se apontar o trabalho realizado pelo IPEV ao receber cada uma das 99 aeronaves A-29 da EMBRAER. Por meio desse processo, foi possível avaliar a qualidade da entrega do produto dentro das ações de recebimento combinado entre as partes. O recebimento geralmente engloba a realização de perfis de voo que exploram o comportamento da aeronave no limite do seu envelope de voo e do correto funcionamento dos seus sistemas.

Na Fase de Modernização, que envolve a modificação de aeronaves e sistemas, os ensaios em voo são fundamentais para verificar o desempenho da modernização efetuada. Embora em menor amplitude, essa etapa também pode englobar as fases de concepção e/ou de desenvolvimento. A DCA 400-6 (BRASIL, 2007, p. 50) aponta que quando se trata de "uma modernização ou melhoria, quer exija ou não qualquer processo de desenvolvimento ou certificação, o responsável pela execução será o DCTA", havendo para isso, o envolvimento das tripulações de ensaio.

O projeto de modernização das 43 aeronaves F-5E e seis aeronaves F-5F contou com a participação das equipagens de ensaio para a verificação, em voo, de uma gama considerável de sistemas mais modernos incorporados. Consistiu em avaliar seu sistema de pontaria e integrar novos armamentos ar-ar, entre eles, os mísseis Python 4 e Derby, de origem israelense. Neste programa específico, a atuação de pilotos de ensaio da FAB garantiu a confidencialidade das informações relacionadas às novas capacidades da aeronave após a integração desses novos armamentos.

Outro importante órgão do DCTA envolvido nesses processos é o IFI. O Instituto presta serviços nas áreas de certificação, propriedade intelectual, transferência de tecnologia e coordenação industrial, atuando também na homologação de aeronaves e na verificação do cumprimento de requisitos básicos mínimos de segurança (RIBEIRO, 2017).

Nos casos em que as atividades de homologação e certificação são relacionadas à atividade de voo, o IFI delega ao IPEV a sua execução delas, recebendo, posteriormente, o resultado desses ensaios para análise e aceitação por esse importante órgão da FAB. Nesta fase, destaca-se a relevância da interação entre os dois Institutos para o correto entendimento dos requisitos a serem avaliados, assim como do perfeito entendimento dos resultados obtidos após os ensaios em voo.

Com base na metodologia de gestão do ciclo de vida de sistemas de defesa e dos processos de certificação, a FAB adquiriu ou modernizou uma dezena de aeronaves na última década. Como exemplo, pode-se citar o A-29, o F-5M, o A-1M, o C/P-95M, o T-27M, o F-39 Gripen, o KC-390 Millennium, o H-36 Caracal, o SC-105 Casa-295, entre outras aeronaves e sistemas que foram testados com os meios de ensaios em voo.

A combinação do trabalho desenvolvido entre o IPEV e o IFI no ciclo de vida dos sistemas e entre o IPEV e o ITA, na formação dos engenheiros que compõem, ao lado dos pilotos, o pessoal especializado em ensaios em voo, ilustram a relevância da formação profissional, da pesquisa e do desenvolvimento em prol da dinâmica produtiva no cenário científico-tecnológico brasileiro.

3.2 DINÂMICA PRODUTIVA

O terceiro elemento, a Dinâmica Produtiva, diz respeito à estruturação sistêmica e de atuação eficiente dos setores que desenvolvem atividades de ciência e tecnologia. Representa a Hélice Tríplice (ETZKOVITZ; ZHOU, 2017), isto é, os três entes do sistema científico e tecnológico: a academia, as empresas e o Estado (ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA, 2019). A Hélice Tríplice é entendida por Etzkovitz e Zhou (2017, p. 24-25) como um modelo de inovação em que esses três entes, "[...] como esferas institucionais primárias, interagem para promover o desenvolvimento por meio da inovação e do empreendedorismo". Segundo os autores, essa interação promove a formação de "organizações híbridas" com envolvimento em academia, empresa e Estado.

O IPEV, entendido como uma organização híbrida, tem sua atuação disciplinada em duas pontas: academia e Estado. Como academia, realiza pesquisa aplicada em ensaios em voo com o objetivo de desenvolver e aprimorar técnicas de ensaios, a fim de reduzir tempo e custos de operação, além de propiciar novas metodologias de testes para os sistemas atuais. Como Estado, atua como órgão fiscalizador e de controle quando na função de autoridade certificadora ou ao participar de processos de recebimento ou controle junto às empresas do setor aeronáutico.

A PND e a END (BRASIL, 2018), em seus textos, estimulam a condução de estudos conjuntos e a união de esforços entre os setores de pesquisa das Forças Armadas, das instituições acadêmicas e empresas privadas no país, no intuito de aproximar pesquisa e produção em contexto tecnológico para o fortalecimento da Base Industrial de Defesa e da área de ciência e tecnologia de defesa (BRASIL, 2018b).

Considerando que a academia coopera na dinâmica produtiva "[...] com sua infraestrutura de universidades e institutos de pesquisas, setores de criação e oferta de novas tecnologias" (ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA, 2019), o IPEV, por sua natureza de Instituto de Ciência e Tecnologia que atua na área de desenvolvimento experimental, "[...] cobre a lacuna existente entre a pesquisa e a produção" (LONGO, 1984, p. 7).

Para clarificar essa ideia, toma-se como exemplo a obtenção de dados, a

partir da realização de ensaios em voo e teste de protótipos (BRASIL, 2011, p. 7). A coleta permite que pilotos e engenheiros avaliem qualitativa e quantitativamente a adequabilidade das capacidades e características de uma aeronave aos requisitos desejados e, assim, "[...] confirma princípios de projeto ou indica o caminho para futuros desenvolvimentos" (BRASIL, 2011, p. 7).

Nas palavras de Longo (1984, p. 8), "a tecnologia produzida pela pesquisa e desenvolvimento experimental tem que ser "engenheirada" para poder ser utilizada pelo setor produtivo". Logo, um eventual não cumprimento de requisitos ou perfis de missão, identificado pelos tripulantes de ensaio, leva o fabricante a buscar novas soluções tecnológicas.

O segundo ente do sistema, as empresas, representa "o motor do desenvolvimento tecnológico" (LONGO, 2000, p. 4). Baseando-se em pesquisas científicas e novas descobertas e aperfeiçoamentos, a elas cumpre o papel de produzir e comercializar tecnologia, a fim de entregar "um produto que atenda às exigências do mercado" (LONGO, 1984, p. 10).

O desenvolvimento do KC-390 pode ilustrar essa premissa, uma vez que, após a confirmação dos resultados teóricos e a comparação com aqueles obtidos por meio dos ensaios, a aeronave passou a ser serializada pelo setor produtivo e entregue ao requisitante, a própria FAB. São também solicitantes os demais países que buscam uma nova aeronave desta classe para equiparem as suas Forças Aéreas, como o caso recente de Portugal, cujos aviões estão em fase de produção pela EMBRAER.

Todo o esforço das empresas em desenvolver os produtos de defesa deve manter uma relação estreita com o terceiro ente do sistema, o Estado. Na visão de Longo (2000), ele deve ser o direcionador das demandas desse setor. Além da formulação de políticas e estratégias, deve possuir "[...] órgãos especializados reguladores (propriedade industrial, normas, padrões, certificação, meio-ambiente, etc.) e incentivadores das atividades (bancos de desenvolvimento, agências de fomento [...]" (LONGO, 2000, p. 4), de modo a garantir um satisfatório funcionamento da Tríplice Hélice, das hélices duplas - Estado/academia, academia/empresas, empresas/Estado - ou das três hélices isoladamente (AZEVEDO, 2021).

Apesar da PND (BRASIL, 2018b) ressaltar a priorização de investimentos em ciência, inovação e tecnologia, isso não será possível se o Estado não traçar estratégias que avancem na definição de "[...] prioridades tecnológicas visando, além da operacionalidade das Forças, atingir metas que expressem as necessidades, vontades e aspirações da sociedade" (LONGO, 2009, p. 16).

Especificamente sobre os ensaios em voo, Ferreira (2019, p. 4) afirma que a competência técnica da atividade permite "[...] uma participação mais qualificada de acompanhamento e controle governamental dos desenvolvimentos e aquisições contratadas [...]". Segundo o autor, esse controle fomenta o desenvolvimento da Base Industrial de Defesa e apoia no suporte de soluções que busquem atenuar problemas no cumprimento de requisitos e de missão.

No projeto HX-BR, que contou com participação das três Forças Armadas do país, definiu-se que a versão do helicóptero da Marinha do Brasil seria equipada com míssil antinavio, expressando uma aspiração operacional daquela Força. Devido à inovação do requisito ao projeto, pilotos de ensaio de asas rotativas da FAB verificaram o cumprimento técnico deste projeto específico, visto que a força naval não possui equipagens de ensaio para realizar o seu desenvolvimento.

Da mesma forma, a presença de engenheiros de ensaio da FAB na Suécia, ao acompanhar o projeto F-X2, ilustra o papel do Estado. Na sede da empresa sueca SAAB, há o monitoramento das etapas contratuais por pessoal especializado em ensaio, na forma de um controle do governo brasileiro para garantir que as etapas contratuais técnicas sejam cumpridas.

A PND (BRASIL, 2018) salienta que estrangulamentos na infraestrutura de ciência e tecnologia do país podem retardar o desenvolvimento da sua capacidade de defesa. Além disso, o documento aponta para a necessidade de avanços tecnológicos que levem ao incremento de capacidades do poder aéreo brasileiro, a fim de atingir um patamar tecnológico elevado com vistas ao seu emprego em cenários de guerra. Nesse sentido, Longo (2009, p. 16) esclarece que "necessidades operacionais estimulam desenvolvimentos tecnológicos de bens e serviços, que por sua vez produzem outras necessidades ou oportunidades tecnológicas", novamente afetando a maneira de pensar a infraestrutura que o Brasil possui.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta em tela objetivou trazer à discussão a contribuição dos ensaios em voo para a defesa nacional, sob a perspectiva da expressão científica e tecnológica do Poder Nacional, no contexto da política e da estratégia nacionais de defesa, sem, contudo, ter a pretensão de esgotar as reflexões sobre o assunto.

Da argumentação, parece claro que a atividade de ensaio em voo atende a uma postura positiva de suporte às atividades de cunho científico e de soluções autóctones na FAB, que se desdobram ao país, tendo em vista sua capacidade crítica no desenvolvimento das fases do ciclo de vida dos equipamentos de defesa e no processo decisório na área de aeronáutica.

O destaque dado pela PND e pela END à produção nacional e o pleno alinhamento dos ensaios em voo ao desenvolvimento de aeronaves e sistemas de defesa embarcados, cada vez mais complexos e tecnologicamente capazes de realizar missões em cenários cada vez mais difíceis de serem compreendidos, apontam sua importância estratégica para a Defesa Nacional.

A atividade de ensaios em voo distingue-se ainda na pesquisa e na formação dos recursos, fatores que influenciam o desenvolvimento tecnológico do poder aéreo nacional. Nesse sentido, entende-se a relevância de estendê-la ao MD, com o intuito de ampliar a formação em ensaio em voo no âmbito das Forças Armadas

brasileiras, incluindo a Marinha do Brasil e o Exército Brasileiro. Todas elas operam aeronaves em prol da defesa nacional e possuem, em seu rol, sistemas de defesa embarcados que necessitam acompanhar o constante desenvolvimento tecnológico mundial. Realizar seus próprios ensaios em voo pode maximizar a sua adequação às expectativas e demandas de cada Força. Ou talvez estudos futuros possam indicar maior benefício e otimização para o Poder Nacional com a manutenção dos ensaios em voo centralizados na FAB considerando os custos envolvidos para formação de três centros de ensaio num país cujos recursos militares ainda são limitados. O tema pode valer futura investigação acadêmica.

Considerando os avanços científicos e tecnológicos, em especial na FAB, a exemplo do recente desenvolvimento do Centro Espacial de Alcântara (CEA) e da possibilidade de empresas de alta tecnologia virem a explorá-lo, este artigo pode contribuir com trabalhos futuros, no sentido de abrir caminho para o entendimento da importância da criação de cursos de ensaio específicos para a área espacial. Um exemplo de curso inovador nessa área é o da *USAF Test Pilot School,* que finalizou, em 2021, o primeiro curso de ensaio no domínio do espaço para o aprimoramento de engenheiros civis e militares no campo da batalha espacial.

REFERÊNCIAS

AIRPOWER through WWI. Montgomery: Jeane M. Holm Center, 2012. Disponível em: https://www3.nd.edu/~jthomp19/AS100/Lesson%2020%20Airpower%20through%20WWI/Airpower_through_WWI_V3.pdf. Acesso em: 5 abr. 2021.

ASSIS, Roberto Alex Ramos de. *O Desenvolvimento do KC-390 pela EMBRAER, Alavancando a Base Industrial de Defesa*: contribuição para a soberania nacional. 2016. 43 f. Monografia (Especialização Política e Estratégia) - Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: https://repositorio.esg.br/bitstream/123456789/1083/1/TCC%20ROBERTO%20ALEX%20RAMOS%20DE%20ASSIS.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

AZEVEDO, Ricardo. *Ciência, Tecnologia e Inovação e o Poder Nacional*. Escola Superior de Guerra, Divisão de Assuntos de Ciência e Tecnologia, 2021. Disponível em: https://tube.esg.br/?search=PN. Acesso em: 10 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Concepção Estratégica: Ciência, Tecnologia e Inovação de Interesse da Defesa Nacional*. Brasília, DF: MD, 2004.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comandante da Aeronáutica. *DCA 400-6*: Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica. Brasília, DF: COMAER, 2007.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo. *Filosofia de Ensaios em Voo***.** Apresentação da matéria B07. Curso de Ensaios em Voo. Brasília, DF: COMAER, 2011.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. *DCA 1-1*: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira. Brasília, DF: COMAER, 2012.

BRASIL. Ministério da Defesa. *MD35-G-01*: Glossário das Forças Armadas. Brasília, DF: MD, 2015.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comandante da Aeronáutica. *DCA 800-2*: Garantia da Qualidade e da Segurança de Produtos de Defesa do COMAER. Brasília, DF: COMAER, 2016.

BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação* - 2016/2022. Brasília, DF: MCTIC, 2017.

BRASIL. Ministério da Defesa. Decreto Legislativo nº 179, de 14 de dezembro de 2018. Aprova a Política Nacional de Defesa, a Estratégia Nacional de Defesa e o Livro Branco de Defesa Nacional. *Diário do Congresso Nacional*, Brasília, DF, 17 dez. 2018.

CABRAL, Luiz Fernando. *No céu, na terra e no mar*: memórias de um piloto de provas. São José dos Campos: Somos, 2010.

COSTELLO, Donald H.; JEWELL, Jason; XU, Huan. Autonomous Flight-Test Data in Support of Safety of Flight Certification. *ARC*, 16 nov.2020. Disponível em: https://arc.aiaa.org/doi/pdf/10.2514/1.D0220. Acesso em: 3 abr. 2021.

ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA. *Fundamentos do Poder Nacional*. Rio de Janeiro: ESG, 2019. 164p.

ETZKOWITZ, Henry; ZHOU, Chunyan. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. *Estudos avançados*, 31.90: 23-48, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0103-40142017. 3190003. Acesso em: 9 maio 2021.

FERREIRA, Denison José Leite. *Potencial de Contribuição da Capacidade de Ensaios em Voo Existente no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (2010 – 2019)*. 2019. 23 f. TCC (Especialização) - Curso de Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia, Escola Superior de Guerra, Brasília, 2019. Disponível em: https://repositorio.esg.br/handle/123456789/1209. Acesso em: 20 abr. 2021.

HALLION, Richard P. *Test pilots*: the frontiersmen of flight. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1988.

HISTÓRIA do ensaio em voo no Brasil. Produção de Celso Renato Maldos. São José dos Campos: [*S. n*.], 2005. 1 DVD (77 min.).

LEITE, Nelson Paiva Oliveira. Ensaios em voo contribuindo para a melhoria da Segurança de voo. *Revista Conexão SIPAER*, v. 8, n. 2, p. 2-4, 2017.

LONGO. Wladimir Pirró. *Tecnologia e Soberania Nacional*. São Paulo: Nobel, 1984.

LONGO. Wladimir Pirró. O desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil e suas perspectivas frente aos desafios do mundo moderno**.** *Coleção Brasil: 500 anos*.Belém: Editora da Universidade da Amazônia. 2000.v. 2.

LONGO, Waldimir Pirró; MOREIRA, Willian de Souza. Tecnologia e inovação no setor de defesa: uma perspectiva sistêmica. *Revista da Escola de Guerra Naval*, v. 19, n. 2, Rio de Janeiro, 2013. p. 277-304.

LONGO. Wladimir Pirró. Impactos do Desenvolvimento da Ciência & Tecnologia na Defesa Nacional. *Política, Ciência & Tecnologia, Defesa Nacional***,** Coleção UNIFA. p. 27-63, Rio de Janeiro, 2009.

LUCENA, Alvimar Costa Junior. *Estruturação de um modelo de dinâmica de sistemas com group model building*: um estudo de caso em recursos humanos do IPEV. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Área de Gestão Tecnológica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, 2018.

MACÊDO, Thiago Fontes; JÚNIOR, Moacyr Machado Cardoso; URBINA, Ligia Maria Soto. Identificação e quantificação de riscos na aviação militar utilizando os métodos Value Focused Thinking e Inference Fuzzy System. *Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa* (SIGE), São José dos Campos, set. 2020.

OLIVEIRA, George Luiz Guedes de. Análise do Formulário Gerenciamento de Risco do Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo. *Revista Conexão SIPAER*, Brasília, DF, v. 8, n. 2, p. 96-107, 2017.

PEDRO, Fátima Aparecida; VIEIRA, Edson Trajano. A atividade de ensaios em voo no Brasil: a trajetória de uma organização pública para o desenvolvimento do setor aeronáutico. *XVI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação*, Universidade do Vale do Paraíba, 2012. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2012/anais/arquivos/RE_1091_0981_01.pdf. Acesso em: 2 maio 2021.

QUINTAIROS, Paulo César Ribeiro; OLIVEIRA, Edson Aparecida de Araújo Querido; PEDRO, Fatima Aparecida. Sistema de informação para campanhas de ensaios em voo: modelo para uma instituição de pesquisa. *Latin American Journal of Business Management*, v. 5, n. 1, 2014.

RIBEIRO, Cássio Garcia. Desenvolvimento Tecnológico Nacional: O caso KC-390. *In*: RAUEN, André Tortato (org.). *Políticas de Inovação pelo Lado da Demanda no Brasil*. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2017. 486 p.

SANTOS, José Antônio Rosa dos. *Fagulhas do CEV*. Rio de Janeiro: [*S. n.*], 2017.

SCHMIDT, Flávia H. Ciência, tecnologia e inovação em defesa: notas sobre o caso do Brasil. *Radar*, Brasília, DF, n. 24, p. 37-50, fev. 2013. Disponível em: http://repositorio.ipea. gov.br/handle/11058/5368. Acesso em: 15 abr. 2021.

SILVA, Ozires. *A decolagem de um sonho*: a história da criação da EMBRAER. São Paulo: Lemos, 2002.

THE SOCIETY OF EXPERIMENTAL TEST PILOTS. *SETP Recognized Test Pilot Schools*. California: SETP, 2021**.** Disponível em: https://www.setp.org/about-setp/setp-recognized-test-pilots-schools.html. Acesso em: 30 abril 2021.

TUCKER, Aaron A.; HUTTO, Gregory T.; DAGLI, Cihan H. Application of Design of Experiments to Flight Test: a case study. *Journal of Aircraft***.** Edwards Air Force Base, p. 458-463. abr. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/239414652_Application_of_Design_of_Experiments_to_Flight_Test_A_Case_Study. Acesso em: 13 abr. 2021.

WALLACE, Lane E. *Flights of Discovery*. Washington D.C: Nacional Aeronautics and Space Administration, 2006. 263 p.

WILLIAMS-HAYES, Peggy. *Flight Test Implementation of a Second Generation Intelligent Flight Control System*. *ARC*, 15 jun. 2012. Disponível em: https://arc.aiaa.org/doi/pdf/10.2514/6.2005-6995. Acesso em: 10 abr. 2021.

Recebido em: 1 jul. 2021.
Aceito em: 19 ago. 2021.