

**IMPACTOS E ANÁLISE SOBRE A QUALIDADE CONSTRUTIVA
E A MANUTENÇÃO EM AERONAVES EXPERIMENTAIS**Anna Paula Bechepeche¹Daniel Gomes Leite²**RESUMO**

A aviação experimental exerce um papel de extrema importância e relevância no setor aeronáutico, no que diz respeito ao desenvolvimento de novas tecnologias e conceitos, tanto para pequenos construtores, quanto fabricantes conceituados. Facilita admiradores, engenheiros e criadores amadores a desenvolver suas aeronaves seguindo as regulamentações específicas e na criação de novas máquinas, estimular o aprimoramento de novas tecnologias, padrões de segurança e manutenção. No Brasil, estimam mais de 6 mil exemplares, o que equivaleria mais de 25% da frota nacional, segundo o Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB). Assim, o presente estudo consiste em identificar e analisar os principais desafios enfrentados na construção, manutenção e os materiais utilizados nos aviões da categoria. Porém, alguns motivadores são incisivos para aumentar a preocupação quanto aos processos-padrão, à segurança e à eficácia das manutenções empregadas. Além disso, a pesquisa retrata as legislações e em vigor, sobre o que institui o órgão regulador, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), que rege as regras e os padrões para a construção desses projetos. São considerados os requisitos técnicos mínimos operacionais exigidos e a responsabilidade para seu uso, além da qualidade dos materiais utilizados e da capacitação técnica; elementos abordados neste estudo. Desse modo, conclui-se a conscientização dos construtores e a responsabilidades em todo o processo, com treinamentos, fiscalizações que respeitem os limites operacionais presentes nas aeronaves em questão e propor novas práticas de produção, como a impressão de peças em 3D, presente no meio automotivo, grandes montadoras utilizam desse meio para desenvolvimento do setor.

Palavras-chave: Aviação experimental; Construção; Manutenção; Regulamentação.

¹ Graduada em Física pela Universidade Federal de Goiás (1988), Mestre em Física pela Universidade de São Paulo (1991), Doutora em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Atualmente é professora efetiva na Pontifícia Universidade Católica de Goiás e na Universidade Estadual de Goiás. Possui experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada. E-mail: abechepeche@yahoo.com.br

² Graduando em Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica (PUC-GO). E-mail: danielleiteite6@gmail.com

THE IMPACTS AND ANALYSIS ON CONSTRUCTION QUALITY AND MAINTENANCE IN EXPERIMENTAL AIRCRAFT

ABSTRACT

Experimental aviation plays an extremely important and relevant role in the aeronautical sector when it comes to technological advancement. Therefore, it enables enthusiasts, engineers, and amateur creators to develop their aircraft in accordance with specific regulations, culminating in the creation of new machines, stimulating the improvement of new technologies, safety and maintenance patterns. Thus, this study analyzes the impacts and aspects related to the construction quality and maintenance of Brazilian experimental aircraft. However, due to the high demand in the sector, some motivators are decisive in increasing concern about standard processes, safety, and the effectiveness of the maintenance employed. In addition, the research outlines the legislation currently in force, as established by the regulatory body, the National Civil Aviation Agency (ANAC), which governs the rules and standards for the construction of these projects. The minimum technical operating requirements and responsibility for their use are considered, along with the quality of the materials used and technical training; elements addressed in this study. The text includes the emergence, from its beginning, of the development of standards with their updates and changes that are being applied today. In addition to the literature review, the study will be carried out using the qualitative method, with an in-depth documentary analysis of standards and regulations, highlighting the problems faced. So, it is possible to observe the awareness of builders and their responsibilities throughout the process, with training, inspections, and practices that respect the operational limits in the aircrafts in question.

Keywords: *Experimental aviation; Construction; Maintenance; Regulamentation.*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a aviação experimental passou por transformações significativas, tendo em vista a procura por inovações tecnológicas, a redução de custos operacionais e a autonomia na construção do objeto. No entanto, esse perfil de aeronaves exige uma atenção a mais quanto à qualidade construtiva e à manutenção, já que não acompanha os mesmos requisitos aplicados à aviação certificada e à linha aérea. Desse modo, para compreender os impactos diretos na segurança operacional é necessária uma análise aprofundada sobre esses aspectos, uma vez que processos de montagem e rotinas de manutenção bem definidas são fatores que podem elevar à confiabilidade dessas aeronaves em voo, com uma escolha de materiais adequados. Dessa forma, para um ciclo de vida mais seguro para o avião, são minimizadas falhas e alinha-se a qualidade técnica e a filosofia da segurança operacional.

A popularização e o surgimento das aeronaves experimentais estão inteiramente ligados ao desejo humano de inovar e personalizar, permitindo, assim, que entusiastas e pequenos fabricantes consolidem projetos aeronáuticos com autonomia e de forma mais estruturada. Esse ambiente de criatividade e de facilidade, no entanto, opõe-se à complexidade dos procedimentos e dos riscos inerentes à atividade de voo, levando a um equilíbrio delicado entre a flexibilidade regulatória e a garantia de padrões mínimos de segurança. A construção amadora, muitas vezes realizada por indivíduos sem formação aeronáutica correspondente, introduz variáveis que acarretam a segurança, tornando essencial investigar os procedimentos e as práticas adotadas nesse ambiente.

No Brasil, a partir da década de 1990, esse setor foi introduzido com a criação das normas pelo antigo Departamento de Aviação Civil (DAC), posteriormente moldado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Contudo, a evolução tecnológica das aeronaves experimentais, que passaram a incorporar materiais compósitos e sistemas aviônicos complexos, nem sempre foi acompanhada por atualizações regulatórias equivalentes, gerando impasses que podem comprometer uma supervisão eficaz.

A problemática se volta, portanto, para a variabilidade da qualidade construtiva e para as práticas de manutenção. Enquanto algumas aeronaves são produzidas com uma alta estruturação técnica, outras nem tanto, pois podem apresentar falhas, com o uso de componentes inadequados ou a execução além do mínimo exigido. A manutenção, por sua vez, com frequência realizada pelos próprios construtores ou por mecânicos sem certificação específica para o modelo, problematiza as premissas requeridas e as filosofias da aviação, dificultando o rastreamento de históricos e a identificação de problemas.

O estudo se justifica em razão do número de ocorrências de acidentes e de incidentes notificados pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) mostra que eles acontecem em função de falhas, deficiências na construção, manutenção inadequada e operação que extrapola os limites operacionais para um desfecho indesejado. Ou seja, esses acidentes não acontecem por acaso, são resultado de falhas que estão presentes em todo o processo. Por isso, investir em segurança, em todas as áreas da aviação experimental, é essencial. Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender os riscos associados à construção em manutenção de aeronaves experimentais, especialmente devido à ausência de regulamentações tão rígidas quanto às da aviação certificada.

Este trabalho se inicia com a revisão bibliográfica que mostra a origem e a evolução das aeronaves experimentais, bem como seus fundamentos técnicos, os materiais e os processos construtivos empregados, as práticas de manutenção e de inspeção, a legislação pertinente e as responsabilidades pertinentes à categoria. Em seguida, são descritos os procedimentos metodológicos adotados para a realização da pesquisa. Depois, o estudo consiste na discussão e na análise de dados, em que são examinados casos reais de ocorrências para ilustrar os desafios identificados. Por fim, as Considerações Finais recapitulam as conclusões do estudo e propõem recomendações para o aprimoramento do setor.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEM E PRIMEIROS VOOS DAS AERONAVES ARTESANAIS

O Demoiselle, construído por Alberto Santos Dumont em 1907, é considerado um marco histórico na construção artesanal de aeronaves experimentais, tendo em vista que sua criação inspirou inúmeros admiradores em todo o mundo e é reconhecida como o início do desenvolvimento de tecnologias centradas no setor aéreo. A partir do Demoiselle, surgiram inovações, construções e soluções em materiais aplicados nas áreas da motorização, mecânica e sistema elétrico. Esses experimentos pioneiros buscavam aprimorar o desempenho em voo, facilitar a construção das aeronaves e, acima de tudo, aumentar a segurança durante a operação (ABRAEX, 2016).

A fabricação de aeronaves experimentais teve seu surgimento no Brasil em 1990, seja por meio da montagem com uso de kits mais completos, seja pela construção de projetos individuais e amadores. Esses kits foram elaborados para permitir que entusiastas construíssem as próprias aeronaves em casa, como um *hobby*. Com o tempo, o conceito de construção recreativa foi sendo substituído por um modo em que o proprietário adquirisse um kit com um grau mais profissional e com uma estrutura mais técnica e especializada. Diante disso, o órgão regulador da época, o DAC, passou a permitir a construção por profissionais, desde que o proprietário comprovasse ter participado da maior parte do processo de construção. As aeronaves experimentais tornaram-se cada vez mais complexas, devido ao avanço tecnológico, mas a normatização não acompanhou esse processo, sobretudo nos casos em que a montagem era realizada por empresas, mesmo dentro dos limites estabelecidos pelas normas reguladoras (ANAC, 2016).

Promovida por empresas como a Companhia Aeronáutica Paulista, a Companhia Nacional de Navegação Aérea, a Fábrica do Galeão e a Sociedade Aeronáutica Neiva, o Brasil contou com uma crescente produção de aviões de

pequeno porte. A título de exemplo, alguns modelos, como o Paulistinha CAP-4 (1943), o HL-1 (1940), o Muniz M-7 (1937), o Aerotec Uirapuru (1965) e as séries Neiva Universal Carioca (1960) e Minuano (1970), deixaram seu referencial em anos na fabricação nacional. No entanto, essa tradição foi interrompida nos anos 2000, juntamente com a produção da linha Piper/Neiva e da Aeromot, deixando o mercado sem aeronaves leves de fabricação brasileira. Nesse contexto, o vácuo deixado pela indústria tradicional foi gradualmente ocupado pela aviação experimental, que ganhou força após a flexibilização das normas pelo extinto DAC, na década de 1990. Em suma, essa modalidade permitiu que entusiastas e pequenos fabricantes montassem aeronaves com kits amadores, impulsionando um novo segmento aeronáutico experimental no país (ANAC, 2020).

A partir de 2008, o setor passou um processo de regulamentação mais rigoroso, incluindo a criação da categoria de aeronaves leves esportivas (LSA). A concepção era que, com o tempo, os fabricantes de aviões experimentais pudessem evoluir para a produção certificada, compondo a demanda por aeronaves de pequeno porte. Esse processo enfrentou dois grandes obstáculos: os altos custos relacionados e a falta de profissionais qualificados em processos de certificação aeronáutica, que exigem conhecimentos bastante especializados. Contudo, apesar do crescimento da aviação experimental, a transição para uma indústria de aeronaves certificadas ainda enfrentava desafios, mantendo o Brasil dependente de importações para suprir sua demanda por aviões leves (ANAC, 2012a).

Com certeza, o custo para certificar uma aeronave varia em função do seu porte e, principalmente, da sua utilização, visto que aeronaves experimentais têm requisitos menos complexos do que aviões maiores e, ainda assim, a sua certificação apresenta um custo substancial para seu desenvolvimento. Em suma, se as construções dos aviões não tiveram seu projeto e produção submetidos a um processo formal de certificação, o órgão regulador estabeleceu regras claras de operação: esses aviões não poderiam sobrevoar áreas

densamente povoadas e ficavam proibidos de ser utilizados em atividades remuneradas (IBA, 2016).

2.2 EVOLUÇÃO E FUNDAMENTOS DAS AERONAVES EXPERIMENTAIS

Aeronaves experimentais são aviões simples, fáceis de operar e de construir. Abrangem aeronaves, planadores, paramotores, trikes, motoplanadores e balões. Assim, trata-se de uma aeronave que, desde a sua aprovação original cumpre alguns requisitos, por exemplo: peso máximo de decolagem menor ou igual a 600 kg para a aeronave ser operada a partir do solo apenas, e 650 kg para a aeronave ser operada a partir da água. No caso de avião, o peso máximo de decolagem deve ser menor ou igual a 1.361 kg se for operado a partir do solo apenas, e 1.531 kg se for operado a partir da água. Além disso, a aeronave, para ser considerada leve esportiva, deve ter um limite de sua velocidade máxima menor ou igual a 120kt, e velocidade de estol menor ou igual a 45 kt para o peso máximo de decolagem certificado e centro de gravidade mais crítico. As aeronaves devem ter assentos para, no máximo, quatro pessoas, incluindo o piloto; ser dotada de apenas um motor caso seja motorizada; e possuir uma cabine não pressurizada caso a aeronave tenha cabine (ANAC, 2021b).

Uma aeronave leve esportiva não passa por uma certificação de tipo, que é o processo pelo qual se aprova um projeto de aeronave, motor ou hélice segundo os regulamentos de aeronavegabilidade e ambientais estabelecidos. Os regulamentos se baseiam no fato de que o nível de segurança é relacionado ao comprometimento e à responsabilidade do fabricante, que deve cumprir as normas consensuais no projeto, na fabricação, no desempenho e nos ensaios da aeronave. Para cada aeronave, a ANAC recebe um aval do fabricante de que foram cumpridas normas consensuais de projeto da indústria e apenas certifica que o processo de verificação feito pelo fabricante foi executado adequadamente (ANAC, 2021b).

Para voar, qualquer tipo de aeronave precisa de autorização. Após verificar que o fabricante que projetou o aparelho atende às normas consensuais de projeto da indústria aceitas pela ANAC, a aeronave poderá receber dois tipos de certificado. Com isso, se a aeronave foi projetada e fabricada de acordo com as normas efetivas e existentes, atendendo à seção 21.190 do Regulamento Brasileiro n.º 21, será elegível a receber ou um certificado de aeronavegabilidade especial para aeronaves categoria leve esportiva (CE-ALE) ou um certificado de autorização de voo experimental para operação de aeronave leve esportiva (CAVE-ALE), conforme previsto no 21.191 (i) (3) do RBAC 21. Diante disso, a partir do momento que os mínimos aplicáveis do RBAC 21¹ são atendidos, o proprietário da aeronave poderá optar entre esses dois tipos de documento (ANAC, 2021c).

A diferença existente entre essas categorias é que as ALEs experimentais não podem sobrevoar áreas densas e povoadas, enquanto as ALEs especiais não têm essa limitação. Durante um período, devido à falta de previsão operacional, as aeronaves, mesmo que se enquadrando como ALEs especiais, recebiam um Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE) emitido pela ANAC, posto que, por operarem com um CAVE, aeronaves dessa categoria estavam sujeitas às mesmas proibições definidas para finalidades experimentais. No entanto, com a publicação do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil RBAC nº 91.319(c)², em março de 2020, que apresentou as regras operacionais para as ALEs especiais, tornou-se possível a emissão do Certificado de Aeronavegabilidade Especial para Aeronaves Leves Esportivas (CE-ALE), que é o CA específico das ALEs especiais (ANAC, 2021d).

¹Aborda a certificação de produto e artigos aeronáuticos. “(i) Para aeronave importada, esta deve ser nova, tendo sido de propriedade apenas do seu fabricante, distribuidor ou revendedor ou ter tido, previamente, um certificado de aeronavegabilidade especial, categoria leve esportiva, de acordo com a seção 21.190”.

² Estabelece regras gerais para voos de aeronaves civis. “Somente é permitido operar uma aeronave com CAVE sobre áreas densamente povoadas se tal operação for autorizada pela ANAC e em conformidade com as regras do DECEA”.

2.2.1 Processos e certificação

O órgão regulador, ANAC, determina as diretrizes para o uso de aeronaves experimentais, elencadas no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 - Processos e certificação

Diretriz	Descrição
Pesquisa e desenvolvimento	Uso da aeronave para testar novos projetos, sistemas ou peças.
Demonstração de conformidade com regulamentos	Mostrar que a aeronave cumpre as leis de certificação
Treinamento de tripulação	Uso da aeronave para ensinar pilotos ou mecânicos.

Fonte: JAZZ AERO (2022).

Para o início da construção, o processo deve ser acompanhado por um engenheiro aeronáutico. Diante disso, no final a aeronave é fiscalizada e a documentação é emitida no RAB. No mais, existem os seguintes processos demonstrados no Quadro 2, a seguir. O gasto entre um avião experimental e um projeto certificado é um dos diferenciais, pois não envolve as mesmas etapas rigorosas de um projeto homologado, e assim aumentando a responsabilidade de segurança da aeronave para o construtor/operador atingindo diretamente a operação.

São estabelecidas várias limitações operacionais; entre elas, a proibição da exploração econômica e do sobrevoo em grandes cidades. Não obstante, os pequenos desenvolvedores acabaram ficando limitados, o que se tornou um obstáculo, para que consigam projetar e construir aeronaves de projeto certificado.

Quadro 2 - Etapas do processo de certificação/construção de aeronaves experimentais

Etapa	Descrição
1.	Coleta de informações da aeronave
2.	Elaboração da documentação para abertura do processo
3.	Autorização da ANAC para o início da construção
4.	Acompanhamento da construção pelo engenheiro responsável
5.	Finalização da construção
6.	Liberação para vistoria
7.	Vistoria da aeronave da ANAC
8.	Finalização do processo na GGCP
9.	Pedido de emissão dos documentos no RAB
10.	Emissão dos documentos da aeronave

Fonte: adaptado da ANAC (2025).

Nos Estados Unidos, foi criada pela *Federal Aviation Administration* (FAA) a categoria *Light Sport Aircraft* (LSA), traduzida como aeronave leve esportiva, como aeronaves “simples de operar” e “fáceis de pilotar”, contanto que não seja dispensada uma instrução segura e de qualidade. Da mesma forma, a categoria foi pensada com o objetivo de permitir que algumas aeronaves, ainda que não tivessem um projeto certificado pela própria autoridade de aviação civil, ser produzidas em série por empresas aeronáuticas, atendendo a normas da indústria, e realizar atividades remuneradas de forma segura: conduzir treinamento na formação de pilotos e rebocar planadores (Jesuino; Santin, 2023).

A instauração da categoria ALE ocorreu no Brasil em 2010, com a publicação de regras de projeto e fabricação. Para mudar as regras de ALE, a ANAC formou, em abril de 2021, junto com os fabricantes de ALE nacionais, um Grupo de Estudos Misto (GEM) para avaliar as atuais regras aceitas para a categoria ALE, com foco na expansão dessa categoria no Brasil. Em agosto de 2021, o GEM foi concluído indicando a possibilidade de ampliação de algumas das características técnicas de ALE definidas no Regulamento RBAC nº 01³ da ANAC.

Durante os estudos regulatórios, a ANAC instaurou uma coleta de informações com o objetivo de avaliar a visibilidade da sociedade sobre as vantagens e as desvantagens de uma ALE. Aeronaves que são fabricadas por empresas monitoradas pelo processo de montagem, embora de construção simples, podem exercer atividade remuneradas quando comparada as experimentais de construção amadora, construída de forma artesanal e individual, atendendo várias restrições específicas de operação (Jesuino; Santin, 2023).

2.3 ESTUDO DA CONSTRUÇÃO DAS AERONAVES EXPERIMENTAIS E MATERIAIS EMPREGADOS

Um dos fatores que atua diretamente na segurança e no desempenho da aeronave é a escolha do material, sendo este um dos aspectos mais críticos na construção do equipamento. O alumínio, especificamente a liga 6061-T6, é o mais empregado por ser leve, pela praticidade de manuseio e por ser durável. Ademais, compósitos de fibra de carbono e de vidro são bastante comuns em aeronaves modernas, proporcionando alta resistência e baixo peso, mas exigem métodos avançados de moldagem. Exemplificando, aços estruturais (como o 4130) são usados em componentes críticos, como trem de pouso, por sua

³Determina as condições gerais, definições e diretrizes para as operações. “Significa uma aeronave, excluindo helicóptero ou aeronave cuja sustentação dependa diretamente da potência do motor (*powered-lift*).”

durabilidade. Materiais como titânio aparecem em partes sujeitas a altas temperaturas ou a esforços extremos e são adaptados a madeira (em projetos clássicos) e materiais plásticos reforçados (para carenagens). É importante escolher materiais e formas compatíveis com regulamentos (como o FAA Part⁴ 23.603 ou RBAC 21.601(4) SUBPARTE O⁵ no Brasil), com destaque para ferramentas de corte a laser e o processo de usinagem do tipo Comando Numérico Computadorizado (CNC), muito utilizado e controlado por computadores, produzindo peças e componentes de alta precisão para fabricação (Sendcutsend, 2024).

Um fabricante brasileiro de aviões leves esportivos, a Scoda Aeronáutica, é uma empresa que recorreu ao uso dos compósitos. No interior paulista, em Ipeúna, a empresa produz o Super Petrel LS; um avião anfíbio (que pousa e decola tanto da água quanto da terra) que é um sucesso no mercado internacional. A companhia já produziu 350 exemplares dos modelos Super Petrel LS e Super Petrel 100; modelo que precede o atual, o Super Petrel XP. Essas aeronaves foram comercializadas para 23 países e há clientes em outros quatro países que estão prestes a receber suas encomendas, conforme informou Rodrigo Scoda, dono da empresa.

O Super Petrel custa a partir de R\$ 350 mil. Produzido com um compósito constituído de fibra de carbono e fibra de aramida (kevlar), o Super Petrel LS foi inspirado no avião anfíbio francês Hydroplum, dos anos 1980. A Scoda é responsável por 81% de seu processo produtivo e apenas as partes mecânicas são importadas. Um aspecto inusitado do processo de desenvolvimento e de certificação do Super Petrel LS foi o fato de 90% ter sido feito por estagiários do 4º e do 5º anos do curso de Engenharia Aeronáutica da EESC-USP (Vasconcelos, 2020).

⁴ A adequação e a durabilidade dos materiais utilizados nas peças.

⁵ Requisitos para emissão de uma carta de aprovação de projeto para produtos aprovados segundo uma ordem técnica padrão.

2.4 PRÁTICAS E PROCEDIMENTOS ATRELADOS À MANUTENÇÃO E À INSPEÇÃO

Um fator essencial para manter a segurança e a eficiência das operações aéreas é a manutenção em aeronaves. Com a alta demanda, com o aumento do tráfego e aumento da frota de aeronaves no Brasil e no mundo, a importância de manter as aeronaves em condições ideais nunca foi tão compreensível, atingindo, completamente a segurança operacional do segmento. A manutenção de aeronaves, desde as pequenas até as de grande porte, envolve limpeza, reabastecimento e substituição de peças. Esses procedimentos são essenciais e seguem regras rigorosas estabelecidas por agências reguladoras. O objetivo é garantir a segurança e a conservação das aeronaves, que são fiscalizadas por autoridades de aeronavegabilidade em todo o mundo (Silva, 2020).

Componentes aeronáuticos, como motores, sistemas elétricos e que compõem a estrutura do avião, estão sujeitos a um desgaste natural em função dos voos a que estão suscetíveis. Portanto, a ausência de manutenção preventiva ocasionará falhas mecânicas que, em situações alarmantes, têm o potencial de ocasionar acidentes aeronáuticos. Dessa forma, a realização de inspeções periódicas torna-se uma prática essencial para a identificação de desgastes, vazamentos e demais anomalias que possam comprometer a segurança das operações aéreas (Lima; Paz, 2020).

Nesse cenário, existem dois tipos de manutenção extremamente importantes: a preventiva e a corretiva. Ambas exercem um papel importante na preservação da aeronave e na segurança do voo. A manutenção preventiva é realizada antes que falhas ocorram. Compreende ações programadas, como inspeções e substituições, que objetivam evitar problemas e garantir a operação rotineira da aeronave. Essa prática preventiva permite que falhas iniciais sejam identificadas e sanadas, evitando sua evolução para defeitos de maior gravidade. Por outro lado, a corretiva atua em resposta a falhas já existentes, visando restaurar a capacidade operacional da aeronave. Em geral, essa modalidade

quase sempre requer uma resposta rápida da equipe de manutenção, com o intuito de reduzir o tempo de inatividade do equipamento (ANAC, 2022)

2.5 LEGISLAÇÃO, REGRAS E RESPONSABILIDADES DA CATEGORIA

Para solicitar o enquadramento de uma aeronave como experimental ou esportiva, o requerente deve, inicialmente, ler e preencher o formulário F-100-50 em sua última revisão, disponível no site da ANAC, anexando todos os documentos aplicáveis descritos em sua seção de Anexos. O processo de solicitação deve ser protocolado física ou eletronicamente na ANAC via SEI. Esse processo consiste na solicitação formal para a construção ou para o teste de uma aeronave, seguindo os requisitos estabelecidos no RBAC 21, e, após sua conclusão, a aeronave deverá passar por uma vistoria realizada pela própria ANAC ou por um profissional por ela credenciado (ANAC, 2012).

A Instrução Suplementar IS nº 21.191-001 complementa o RBAC nº 21.191 (Certificação de Aeronaves Experimentais) e fornece diretrizes específicas para construção, operação e manutenção de aeronaves experimentais no Brasil. O documento estabelece que: “A construção de aeronaves experimentais deve seguir padrões técnicos reconhecidos, como os definidos no RBAC nº 21, ASTM F2245 (para aeronaves leves esportivas) e normas da FAA (FAR Part 21) ou EASA (CS-LSA). A aeronavegabilidade é comprovada por meio do Certificado de Aeronavegabilidade Experimental, conforme RBAC nº 21.191, que restringe o uso a fins não comerciais, como recreação, pesquisa ou treinamento. A manutenção deve ser registrada no Livro de Manutenção da Aeronave (LMA), em conformidade com o RBHA nº 43, e pode ser feita pelo próprio construtor ou por técnicos habilitados (RBAC nº 65). Modificações estruturais ou de sistemas exigem reavaliação pela ANAC, conforme IS 21-003, com o objetivo de assegurar a continuidade da segurança da operação” (ANAC, 2021C, site).

No caso específico de aeronaves experimentais classificadas como de construção amadora, é necessário demonstrar que o construtor amador tenha construído pelo menos 51% da aeronave, utilizando, para isso, o formulário F-100-81 para avaliar a porcentagem de sua participação. É obrigatória a solicitação da abertura de um processo antes do início da construção, bem como a

manutenção de registros fotográficos de cada fase, comprovantes de aquisição de materiais e registros das ferramentas e gabaritos utilizados. É importante ressaltar que a recuperação ou a restauração de aeronaves certificadas ou militares não se enquadra na categoria de construção amadora. Além disso, o uso de grandes partes e subpartes salvadas de aeronaves previamente certificadas, não torna a aeronave elegível para o enquadramento no requisito RBAC (ANAC, 2021C).

2.6 CAPACITAÇÃO E LICENCIAMENTO PARA OPERAÇÕES PRÁTICAS

Para pilotar uma aeronave experimental desportiva, o piloto precisa ter o Certificado de Piloto Aerodesportivo (CPA), Licença de Piloto de Balão (LPB) ou Licença de Piloto de Planador (LPP). Para se habilitar, deve-se procurar um centro de instrução de aviação civil (CIAC) autorizado a oferecer o curso ou as associações aerodesportivas credenciadas pela Agência. O exame de proficiência (cheque) para obtenção das habilitações também é realizado pelos centros ou pelas associações aerodesportivas credenciadas (ANAC, 2021a). Com a publicação da Emenda 8 do RBAC 61, em 8 de junho de 2018, foi instituído o CPA – Certificado de Piloto Aerodesportivo em substituição aos Certificados de Piloto Desportivo (CPD) e de Piloto de Recreio (CPR), os quais deixaram de ser emitidos/revalidados a partir de 1º de janeiro de 2019, de acordo com o previsto na Resolução nº 473, de 7 de junho de 2018, que aprovou o RBAC 103, revogando o RBHA 103a a partir daquela data (ANAC, 2012b).

Portanto, para se operar aeronaves aerodesportivas com peso máximo de decolagem de até 750 kg deve-se obter o Certificado de Piloto Aerodesportivo (CPA), atendendo aos requisitos estabelecidos na Subparte R do RBAC 61. Para a concessão do CPA, é necessário ter 18 anos completos, ter concluído o Ensino Médio e ser titular de um Certificado Médico Aeronáutico (CMA) de 4ª classe ou superior, válido. Além disso, o candidato precisa ter sido aprovado em exame

teórico da ANAC, requisito do qual estão dispensados os titulares de uma licença de piloto.

É obrigatório também ter recebido a instrução de voo prevista na seção 61.289 do RBAC 61, ministrada por um instrutor de voo devidamente habilitado, vinculado a uma associação credenciada conforme o RBAC 183⁶ ou a um Centro de Instrução de Aviação Civil (CIAC) certificado pela ANAC, com os registros correspondentes constando obrigatoriamente na CIV Digital do piloto em instrução. Por fim, o candidato deve ser aprovado em exame de proficiência (cheque), de acordo com a seção 61.291 do RBAC 61, realizado por examinador credenciado por uma associação sob o RBAC 183, por examinador de um CIAC certificado pela ANAC ou por examinador designado pela ANAC, detentor de habilitação válida correspondente à aeronave utilizada (ANAC, 2012a).

A documentação requerida para solicitação do CPA inclui: requerimento padrão devidamente preenchido, datado e assinado; certificado de conclusão do Ensino Médio; documento oficial de identificação com foto (RG, CNH válida, Carteira de Trabalho ou Carteira de Conselho Profissional); comprovante de aprovação em exame teórico, pertinente, caso a prova não tenha sido realizada na ANAC; certificado de conclusão de curso prático emitido por um CIAC ou por associação certificada sob o RBAC 183; Ficha de Avaliação de Piloto para CPA (FAP); e comprovante de pagamento de uma Guia de Recolhimento da União (GRU) (ANAC, 2012a.)

As regras que delimitam a prática de manutenção dependem tanto da classe da aeronave quanto da tarefa a ser executada. O próprio piloto pode realizar algumas tarefas de manutenção; já outras, somente por pessoas habilitadas, como prediz o RBAC-43⁷, ou centros de oficinas certificadas

⁶Regulamento para credenciamento de pessoas. “Os requisitos para o credenciamento de pessoas de notória especialização para a expedição de laudos, pareceres ou relatórios que demonstrem o cumprimento dos requisitos necessários à emissão de certificados ou atestados relativos às atividades de competência da ANAC”.

⁷ Regras de manutenção, manutenção preventiva, reconstrução e alteração.
R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 5, n. 5, p. 127-157, out/dez. 2025.

segundo o RBAC-145⁸. Algumas instituições credenciadas dispõem de profissionais credenciados para a execução de determinadas tarefas de manutenção e para a realização de Inspeção Anual de Manutenção (IAM). O operador deve consultar a regulamentação aplicável (CA da aeronave, RBAC 43 e RBHA 91) para identificar, no caso concreto, quem está autorizado a realizar a ação de manutenção (ANAC, 2021a).

A prática só pode ser comercializada perante autorização do oferente como operador de Serviço Aéreo Especializado. A autorização exige, entre outros requisitos, o uso de aeronave certificada e pilotos devidamente habilitados para a prestação do serviço. A Instrução Suplementar IS-91-007⁹ dá mais informações a respeito (ANAC, 2021). É permitida a instrução remunerada fornecida por instrutor qualificado e vinculado à associação credenciada com prerrogativa de oferta de curso prático de pilotagem, bem como a instrução oferecida por Centros de Instrução de Aviação Civil (CIAC), aprovados pela ANAC (ANAC, 2021b).

Todo piloto deve apresentar uma licença ou certificado de piloto válido e para a categoria da aeronave utilizada (como o Certificado de Piloto Aerodesportivo - CPA, Licença de Piloto de Planador - LPP ou Licença de Piloto de Balão - LPB), juntamente com um Certificado Médico Aeronáutico (CMA) atualizado. Ademais, é fundamental possuir os documentos relacionados à aeronave, tais como o Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE) ou o Certificado de Aeronavegabilidade Especial (CALE), o Relatório de Inspeção Anual de Manutenção (RIAM), o Certificado de Matrícula Experimental (CME) ou o Certificado de Matrícula (CM) regular, além do diário de bordo atualizado. Por fim, Todo piloto rebocador de planador e todo piloto lançador de paraquedistas deve, além da documentação própria do piloto e da aeronave, portar os

⁸Estabelece procedimentos e requisitos para que uma empresa obtenha e mantenha a certificação da ANAC, para realizar manutenção, revisões e modificações em produtos aeronáuticos, conforme o RBAC 43.

⁹Processo de autorização de empresas de serviço aéreo público especializado.
R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 5, n. 5, p. 127-157, out/dez. 2025.

documentos que comprovem a qualificação exigida conforme requisito estabelecido no RBAC 61 (ANAC, 2024).

2.7 O PAPEL CRÍTICO DA MANUTENÇÃO

Garantir a segurança dos voos por meio da manutenção de aeronaves é uma tarefa complexa e fundamental. Em um cenário de tráfego aéreo crescente e de rápidos avanços tecnológicos, essa área é desafiada a se transformar de forma contínua, buscando constantemente por novas e criativas soluções. Diante desses desafios, somado a isso, a variedade de modelos diferentes em operação requer um vasto e diversificado conhecimento dos profissionais, elevando ainda mais o nível de complexidade de toda a atividade de manutenção (UNICEP, 2023).

A gestão logística na manutenção aeronáutica é um processo que se estende em várias áreas. Ao mesmo tempo, as empresas precisam buscar a otimização constante dos custos envolvidos. Por fim, a regulamentação da aviação civil caracteriza-se por sua notória complexidade e dinâmica constante. As empresas do setor aeronáutico enfrentam o desafio permanente de acompanhar a evolução dessas normas, que sempre estão alinhadas as normas nacionais e internacionais. Manter a conformidade regulatória exige, portanto, um programa de *compliance* consistente e atualizado, tornando-se imperativo para a continuidade operacional das organizações (Cardoso; Maria; Aparecida, 2015).

2.8 RESPONSABILIDADES E DESDOBRAMENTOS

A responsabilidade em todas as fases do voo e nas demais funções a bordo é do comandante. Sua atuação começa ainda no solo, com o planejamento e a checagem das condições do tempo e da aeronave, e só termina após o pouso e a parada dos motores. Construir uma aeronave experimental eleva a

responsabilidade do piloto ao extremo. Ele é o único garantidor da integridade estrutural e da segurança de seu projeto, atuando como engenheiro, montador e controlador de qualidade (ANAC, 2022).

A princípio, cabe ao piloto a responsabilidade final pela segurança aeronáutica e pela conformidade da aeronave, assegurando que a construção esteja em conformidade com os dados e com os métodos aprovados, e que a aeronave seja apta para voo. Além disso, deve-se manter um registro técnico completo e atualizado, com todas as anotações e escrituras desde a construção até a conclusão da aeronave, documentando toda a história da construção, incluindo fontes dos materiais e componentes, e que deve ser apresentado à ANAC para inspeção. Por fim, após a conclusão, o piloto assume a responsabilidade operacional, restringindo o voo a áreas não congestionadas, embarcando apenas passageiros envolvidos no projeto e portando o Registro de Construção a bordo, além de inspecionar a aeronave antes de seu primeiro voo (ANAC, 2021a).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse estudo foi efetuado por meio do método qualitativo de maneira exploratória, objetivando um detalhamento mais fundo da análise documental, de normas e de regulamentação de aviação experimental. Dessa maneira, para alcançar os objetivos propostos foram realizadas pesquisas em fontes e em publicações especializadas da ANAC, do CENIPA e de outras instituições de referência: *Federal Aviation Administration (FAA)* e *European Union Aviation Safety Agency (EASA)*. Além disso, foram utilizados sites técnicos, artigos científicos e relatórios de empresas no setor, como *Above Aviation* e o Instituto Brasileiro de Aviação, que tratam de regulações, manutenção e processos construtivos em aeronaves dessa categoria.

A princípio, o estudo relatou os primeiros passos da aviação experimental em território brasileiro, com desenvolvimento por meio de entusiastas, utilizando

como referência grandes autores do passado e, assim, levando à sua flexibilização, com a profissionalização do segmento e a criação de normas regulatórias.

Por conseguinte, o estudo aborda os aspectos técnicos e materiais da confecção desses aparelhos, dos materiais utilizados e como impactam em sua segurança e em seu desempenho. Além disso, explica os fundamentos que definem uma aeronave experimental ou leve esportiva, incluindo seus limites operacionais, capacitação profissional e normas competentes.

Por fim, atribui as responsabilidades, o detalhamento e os desafios que permeiam o setor. Prediz que a aviação experimental não opera de forma isolada, mas dentro de uma vasta gama. Além disso, é notória a complexidade e a dinâmica constante da regulamentação, exigindo um esforço contínuo para a conformidade da aeronave ao longo de toda a sua vida útil.

4 RESULTADOS

Para fins de exemplificação e análise dos desafios enfrentados no setor, serão apresentados três estudos de caso que demonstram que uma construção não padronizada e a escolha de materiais inadequados atingem diretamente a segurança de voo. Houve o caso da aeronave Super Petrel LS (PU-PEK), no dia 4 janeiro de 2015, decolou do Aeroporto de Toledo, (SBTD), PR, para o Aeroclube de Ultraleves de Cascavel (SILQ), PR, só um à bordo, o piloto.

Após decolagem, na subida, o exemplar apresentou uma falha no motor. Em seguida, cabrou bruscamente, e entrou em parafuso, colidindo com o solo, o tripulante não sobreviveu. Investigado pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), relacionado diretamente aos desafios na qualidade construtiva e na manutenção no setor. Conforme ilustrado na Figura 1, foi apurado um defeito em uma mangueira de combustível P/N 874335, a qual despreendeu e provocou a falha de motor, e que deveria ter sido substituída, além de uma deficiência no controle de qualidade da aplicação de boletins de serviço.

Figura 1 - Aeronave no solo, no local do acidente



Fonte: CENIPA, 2015.

Além disso, o caso expõe vulnerabilidades nos procedimentos de manutenção e de organização dos registros, em função de as cadernetas de bordo da aeronave estarem desatualizadas e o manual de voo, em uso pelo piloto não conter os procedimentos de emergência revisados. Por fim, a formação insuficiente do piloto, que não havia recebido treinamento prático para a recuperação de parafuso.

Ademais, outra situação que reforça essa tese, abordado nesse estudo, foi a da aeronave PP-XDB, no dia 27 de fevereiro de 2022, que operava com graves irregularidades. O modelo decolou de Bebedouro (SDBB), SP, para o Aeródromo Hidrelétrica de Itumbiara (SBIT), GO, também após a decolagem, houve uma perda de performance da aeronave, vindo colidir no solo, o piloto e um passageiro vieram a óbito.

A Figura 2, apresenta o estado geral da aeronave e complementa esse contexto de insegurança além do uso indevido da matrícula em desconformidade com a autorização de voo experimental (CAVE).

Figura 2 - Estado da aeronave



Fonte: Radar Aéreo, 2022.

A Figura 3 apresenta o uso incluindo de componentes não aeronáuticos, seu rótulo descrevia que a bateria era homologada pela norma ABNT NBR 15914 e NBR 15940, que explicitam baterias de chumbo ácido para veículos rodoviários, e a vela era a ACCEL 8.8 SILICONE PULS – STAINLESS STEEL 8.8 mm, também de aplicação automotiva, o que reflete a falta de rastreabilidade e a inadequação de materiais.

Figura 3 - Condição dos cabos de vela



Fonte: CENIPA, 2022.

Por outro lado, no controle de motor eletrônico com autoridade total, FADEC, foram observadas falhas no sistema sinalizadas por alertas no painel antes dos acidentes, mas que foram ignoradas pelos ocupantes a bordo. Outro caso em que a manutenção preventiva, fundamental para identificar e sanar

falhas, mostrou-se insuficiente, uma vez que anomalias graves persistiram mesmo após a emissão de um Certificado de Verificação de Aeronavegabilidade (CVA) semanas antes do acidente.

O caso da aeronave PU-DAY (P1 LSA) retrata a ausência da manutenção preventiva e no que prediz a segurança do segmento. Ocorrido no dia 28 de junho de 2023, o avião decolou do Aeródromo Clube de Ultraleves do Piauí (SJPU), PI, para o Aeródromo Fazenda Santo Anjo (SJ7K), MA, dois a bordo, o piloto e um passageiro. Após 10 minutos de voo, o motor apresentou falhas e o piloto efetuou um pouso de emergência em uma estrada de terra, não houve vítimas fatais (Figura 4).

O diagnóstico desse ocorrido se deu porque a aeronave operava com excesso de peso (71 kg acima do limite), agravando a estrutura e o motor. Documentado na Figura 6, mostra que a pane foi causada pelo deslocamento de um anel de retenção do pistão do cilindro nº 1, que fraturou o bloco do motor, figura 5, deslocando da sede e quebrando os componentes internos, posteriormente ocorreu um vazamento do óleo pelo orifício do bloco danificado, e assim provocando a perda de potência do moto (Figura 5). O cenário final do acidente é documentado pela Figura 4, pois mostra a aeronave em solo após o acidente.

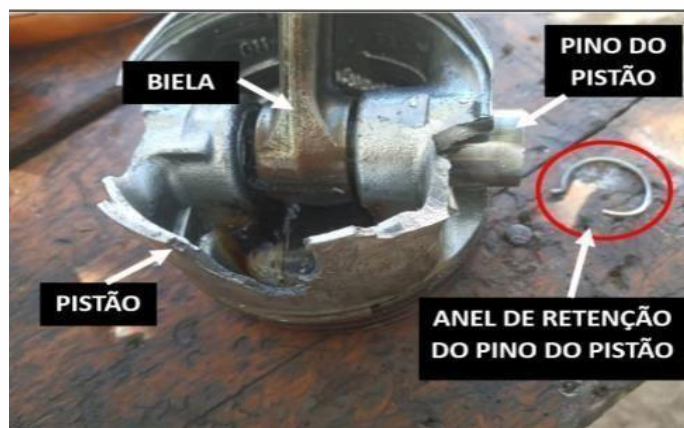
ISSN 2763-7697

Figura 4 - Aeronave em solo.



Fonte: GP1, 2023

Figura 5 - Anel de retenção de cilindro 1 fora da sede



Fonte: GENIPA, 2023.

Não houve comprovação de que os Alert Service Bulletins do fabricante do motor Rotax 912 ULS haviam sido cumpridos, e o mecânico responsável pela última inspeção não possuía treinamento específico para esse motor. A operação em potência de cruzeiro acima do recomendado pelo manual e a ausência de registros de manutenção detalhados agravaram o cenário de risco.

Figura6 - Ruptura do bloco do motor



Fonte: GENIPA, 2023.

Os casos evidenciam que a segurança de voo é comprometida por falhas na cadeia de construção e manutenção. O processo não padronizado na sua confecção, uso de componentes não aeronáutica revisão inadequada

umentando o cenário de risco. Além disso, o não acompanhamento dos diários, documentos e a despreparação tanto dos profissionais agravam esses erros. Portanto, é fundamental a padronização rigorosa, a correta aplicação dos materiais e a supervisão eficaz dos processos de construção, manutenção e treinamento para evitar esses eventos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo mostrou que a aviação experimental é um segmento de extrema relevância para o desenvolvimento tecnológico e para a democratização do acesso à aviação no Brasil. No entanto, ficou evidente que a flexibilidade a essa modalidade traz consigo desafios significativos quanto à qualidade construtiva e às práticas de manutenção. A análise demonstrada permitiu constatar que a segurança operacional está ligada à rigorosa e a um constante cumprimento das normas, à capacitação técnica contínua e à adoção de uma postura competente por parte de construtores e pilotos.

Embora a regulamentação brasileira, sob a sustentação da ANAC, forneça as diretrizes necessárias, a efetiva aplicação delas encontra dificuldades na disparidade de conhecimento técnico e na fiscalização limitada. A investigação destacou a importância crítica da fase de construção, em que a seleção de materiais, os métodos de fabricação e a precisão da montagem estabelecem as bases para a aeronavegabilidade futura. A manutenção, por sua vez, é um pilar indispensável, exigindo procedimentos sistemáticos e documentação precisa para garantir a confiabilidade ao longo da vida útil da aeronave.

Reforçar o eixo da regulação e da fiscalização é de caráter de elevada relevância. Portanto, caberia à ANAC implementar um sistema de auditorias mais frequentes, em construções em andamento e revisar periodicamente as normas e os processos, alinhando-as às melhores práticas com uma estrutura mais eficaz e segura. Nesse sentido, é necessária a inclusão de diretrizes específicas para a fabricação e a certificação de peças em impressão 3D específicas e

próprias para a peça da aeronave, estabelecendo parâmetros técnicos para a qualificação de processos, materiais aeronáuticos adequados e certificados sob a ótica do órgão regulador.

No setor automotivo, da Ford a tecnologia “*Statasys Infinite Build*”, utiliza uma impressora 3D, capaz de produzir componentes como “spoilers” (peça aerodinâmica) para utilização em seus modelos de carros, enfatizando a sua agilidade e leveza de construção. A BMW, utiliza filamento plástico e granulado a partir do pó residual da impressão 3D, para criar outras peças, como exemplo, o componente que une o chassi e a carroceria pois ele mantém a barra de direção temporariamente fixada para evitar colisões durante a montagem. E por fim, a Porsche faz pistões que, pelo método *Laser Metal Fusion* (LMF), são rígidos, mais leves que os componentes convencionais, assim permitem rotações mais altas e uma combustão melhor, por reduzir a temperatura aos anéis de segmento.

Por fim, a segurança deve permanecer como valor supremo da liberdade de criação que caracteriza esse segmento da aviação. Aperfeiçoar os processos, investir em pessoas e fomentar a responsabilidade compartilhada não são meras recomendações, mas imperativos para assegurar que a inovação e a segurança coexistam em harmonia, garantindo um futuro promissor e seguro para a aviação experimental no país.

ISSN 2763-7697

REFERÊNCIAS

ABOVE AVIATION. Entenda como funciona a manutenção da aeronave executiva. **Above Aviation**, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://aboveaviation.com/como-funciona-a-manutencao-da-aeronave-executiva/>. Acesso em: 18 set. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANAC. **Cartilha: Aeronave Leve Esportiva (ALE)**. Brasília, DF: ANAC, 2021a. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/legislacao/legislacao-1/arquivos/CARTILHA_ALE_ANAC_vf.pdf. Acesso em: 13 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANAC. **Enquadramento de aeronave experimental no Brasil**. Brasília, DF: ANAC, 2021b. Disponível em:

<https://www.anac.gov.br/enquadramento-de-aeronave-experimental-no-brasil>. Acesso em: 28 set. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANAC. **Guia prático do piloto**. Brasília, DF: ANAC, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/legislacao/legislacao-1/arquivos/guia-pratico-do-piloto.pdf>. Acesso em: 13 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANAC. **Histórico da aviação experimental no Brasil**. Brasília, DF: ANAC, 2016. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/ibr2020/historico.html>. Acesso em: 13 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANAC. **Instrução Suplementar IS nº 21.191-001A**: aeronaves de construção amadora. Brasília, DF: ANAC, 2012. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-21-191-001/@@display-file/arquivo_norma/IS21.191-001A.pdf. Acesso em: 13 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANAC. **Instrução Suplementar IS nº 91-007**: processo de autorização de empresas de serviço aéreo público especializado. Brasília, DF: ANAC, 2021c. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2021/50/anexo-vi-is-no-91-007-revisao-c>. Acesso em: 23 nov. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). Obter Certificado de Autorização de Voo Experimental para Aeronaves Certificadas ou Protótipos em processo de certificação. Portal Gov.br, [S. l.], 19 ago. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-certificado-de-autorizacao-de-vo-experimental-para-prototipo>. Acesso em: 8 de out. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANAC. **RBAC nº 21**: certificação de produto e aeronavegabilidade. Brasília, DF: ANAC, 2021. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-21>. Acesso em: 13 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANAC. **RBAC nº 43**: manutenção de aeronaves civis brasileiras. Brasília, DF: ANAC, 2021d. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-43>. Acesso em: 13 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANAC. **RBAC nº 61**: licenças, habilitações e certificados para pilotos. Brasília, DF: ANAC, 2024. Disponível em:

<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-61>. Acesso em: 23 nov. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANAC. **RBAC nº 65**: certificação de pessoal de manutenção de aeronaves e de controle de tráfego aéreo. Brasília, DF: ANAC, 2018. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-65/@@display-file/arquivo_norma/RBAC65EMD00.pdf. Acesso em: 13 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC nº 91**: Regras Gerais de Operação para Aeronaves Civis. Emenda nº 03, de 26 de agosto de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulamentos/regulamentos-tecnicos/rbacs-e-is/rbac/rbac-91>. Acesso em: 28 de set. 2025.

A IMPORTÂNCIA da manutenção de aeronaves na aviação. **UNICEP**, São Carlos, 15 dez. 2023. Disponível em: <https://www.unicep.edu.br/post/a-importancia-da-manutencao-de-aeronaves-na-aviacao>. Acesso em: 28 set. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AVIAÇÃO EXPERIMENTAL (ABRAEX). Proposta da ABRAEX – **Associação Brasileira de Aviação Experimental a CEAERO**, para isenção de tarifas de comunicação, pouso e decolagem para aeronaves experimentais de construção amadora. Referente a CERCBA, Artigos 25 e 59. 2016. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento/download/91234f03-4b8d-4720-a0ce-057527d898e2>. Acesso em: 13 de maio 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Guia de orientação para organização de manutenção**: GOM. Brasília, DF: ANAC, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-arquivos/GOMGuiadaOrganizacaodeManutencao1.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **IBR, ANAC 2020 – Histórico**. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/ibr2020/historico.html>. Acesso em: 18 de nov. de 2025

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS - CENIPA. **Relatório final de acidente aeronáutico**: aeronave PT-OSN, ocorrência PUPEK/04/01/15. Brasília, DF: CENIPA, 2015. Disponível em: https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/PU_PEK_04_01_15_AC.pdf. Acesso em: 8 out. 2025.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS - CENIPA. **Relatório de segurança de voo**: ocorrência PP-XDB, 27/02/2022. Brasília, DF: CENIPA, 2022. Disponível em: https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/PP-XDB_27_02_2022. Acesso em: 8 out. 2025.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. CENIPA. **Relatório final de acidente aeronáutico**: ocorrência PU-DAY, 28/06/2023. Brasília, DF: CENIPA, 2023. Disponível em: https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/PUDAY_28_06_2023_PUB..pdf. Acesso em: 8 out. 2024.

COMO funciona a aviação experimental no Brasil? **3AIR**, [s. l.], [20-?]. Disponível em: <https://3air.com.br/aviacao-experimental-no-brasil/>. Acesso em: 6 maio 2025.

FORD. FORD QUER USAR A IMPRESSÃO 3D PARA CRIAR PEÇAS PARA VEÍCULOS DE SÉRIE, ESPORTIVOS OU PERSONALIZADOS. **Ford Media Center**, 7 mar. 2017. Disponível em: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fsa/br/pt/news/2017/03/07/ford-quer-usar-a-impressao-3d-para-criar-pecas-para-veiculos-de-.html>. Acesso em 5 de out.2025.

IBA. Aviação experimental: o que é e quem regula esse setor? **Instituto Brasileiro de Aviação**, 5 maio 2016. Disponível em: <https://institutoaviacao.org/noticias/industria/aviacaoexperimental-o-que-e-e-quemregula-esse-setor/>. Acesso em: 13 maio 2025.

JAZZ AERO. **Aprovação de aeronaves de construção Amadora** – O que você precisa? In: Aprovação de Aeronaves de Construção Amadora. [S. l.], 30 maio 2022. Disponível em: <https://jazzaero.com.br/solucoe/aprovacao-de-aeronaves-de-construcao-amadora/>. Acesso em 18 de out. 2025

JESUINO, K; SANTIN, M. Aeronaves leves esportivas no Brasil. **Aero Magazine**, [s. l.], 19 set. 2023. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/aeronaves-leves-esportivas-no-brasil.html>. Acesso em: 23 nov. 2025.

LIMA, Eduardo Júnior Mendonça de; PAZ, Luiz Rafael da Silva; SANTOS, Leon Denis Rodrigues dos. **A importância da manutenção de aeronaves e a cultura de segurança**. Anais do I Encontro de Trabalhos Científicos das Engenharias Mecânica e Produção Uninorte Laureate. Manaus: UNINORTE, [s.d.]. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_final_rafael_e_eduardo_-_engenharia_mecanica_uninorte.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

MACHADO, Marcio Cardoso; URBINA, Ligia Maria Soto; ELLER, Michelle Aparecida Gomes. **Manutenção Aeronáutica no Brasil**: distribuição geográfica e técnica. *Gestão & Produção*, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 291-305, abr./jun. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-530X1031>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/7BfwNL9NRZwrMXVd68TpsSd/?lang=pt>. Acesso em: 13 dez. 2025.

PORSCHE. **Forte impressão**. Christophorus, 2020. Disponível em: <https://christophorus.porsche.com/pt/2020/397/technique-3d-print.html>. Acesso em: 5 out. 2023.

RADAR AÉREO. Queda de aeronave deixa 2 mortos em Bebedouro. **Radar Aéreo**, Bebedouro, 28 fev. 2022. Disponível em: <https://radaraereo.com.br/2022/02/28/queda-de-aeronave-deixa-2-mortos-em-bebedouro/>. Acesso em: 8 out. 2025.

RENOVAÇÃO SUSTENTÁVEL: RECICLAGEM REVOLUCIONA A IMPRESSÃO 3D NO BMW GROUP. **Pecamentor**, 22 jul. 2025. Disponível em: <https://pecamentor.com.br/renovacao-sustentavel-reciclagem-revolucionaria-impresao-3d-no-bmw-group/>. Acesso em 11 de out. 2025.

SEU AVIÃO. Manutenção de aeronaves: dicas essenciais para garantir a segurança e eficiência. **Seu Avião**, [s. l.], 25 jan. 2025. Disponível em: <https://www.seuaviao.com.br/blog/categorias/artigos/manutencao-aeronaves-dicas-essenciais-para-garantir-a-seguranca-e-eficiencia>. Acesso em: 20 set. 2025.

SCODA, R. Fabricante de aeronaves Super Petrel comemora vendas para 23 países. [Entrevista concedida à Revista Aviação Brasil]. **Revista Aviação Brasil**, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.revistaaviacaobrasil.com.br/entrevista-rodrigo-scodas>. Acesso em: 5 maio 2025.

SEND CUT SEND. Top materials for experimental aircraft & ultralight builders. **Sendcutsend**, 17 jul. 2024. Disponível em: <https://sendcutsend.com/blog/experimental-aircraft-materials/>. Acesso em: 13 maio 2025.

SILVA, V. P. **Segurança de voo**: a importância da manutenção de aeronaves. 2020. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/553/1/Vitor%20artigo%202020-12-09%20final%20Entregar.pdf>. Acesso em: 28 set. 2025.

UNICEP. **A importância da manutenção de aeronaves na aviação.** São Carlos, 15 dez. 2023. Disponível em: <https://www.unicep.edu.br/post/a-importancia-da-manutencao-de-aeronaves-na-aviacao>. Acesso em: 9 de out. 2025.

VASCONCELOS, Y. Berçário de aviões. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, 15 dez. 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/bercario-de-avioes/>. Acesso em: 6 maio 2025.

