

# ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO:

Contribuições, reflexões e perspectivas

ORGANIZADORES  
GABRIELE FRANCO  
JOSÉ ERICK SOUZA LIMA  
RUBENS PANTANO FILHO



## APOIO INSTITUCIONAL



***ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO***  
*contribuições, reflexões e perspectivas*

*Organizadores*

*Gabriele Franco*

*José Erick Souza Lima*

*Rubens Pantano Filho*

*2021*

***Dedicado à***

***Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sonia Guimarães***

*primeira mulher negra brasileira doutora em Física e primeira mulher negra brasileira a lecionar no Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA.*

*Professora do ITA, membra da Associação Brasileira de Pesquisadores Negros – ABPN, presidenta da Comissão Justiça, Equidade, Diversidade e*

*Inclusão - JEDI na Física da Sociedade Brasileira de Física – SBF, Conselheira Fundadora da ONG afrobras, mantenedora da Universidade*

*Zumbi dos Palmares, Conselheira do Conselho Municipal de Promoção da Igualdade Racial - COMPIR, da cidade de São José dos Campos/SP.*

© 2021, FoxTablet

**Título:** Ensino, Pesquisa e Extensão – contribuições, reflexões e perspectivas

**Autores:** vários

**Organizadores:** Gabriele Franco, José Erick Souza Lima e Rubens Pantano Filho.

**Revisão:** Gabriele Franco, Kelly Cristina de Oliveira, Maria Isabel d'Andrade de Souza Moniz, Mirella Novais Oliveira e Rafael Prearo Lima.

**Imagem da capa:** **Olabi Makerspace.** Sonia Guimarães, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2019. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prof\\_Sonia\\_Guimar%C3%A3es\\_\(cropped\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prof_Sonia_Guimar%C3%A3es_(cropped).jpg). Acessado em: 16 out. 2021.

**Arte da capa:** Grazielle Franco

#### FICHA CATALOGRÁFICA

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E59 Ensino, pesquisa e extensão [livro eletrônico] : contribuições, reflexões e perspectivas / Organizadores Gabriele Franco, José Erick Souza Lima, Rubens Pantano Filho. – Salto, SP: FoxTablet, 2021.  
245 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-89010-37-1

1. Ensino superior – Pesquisa. 2. Ciência. 3. Extensão universitária. I. Franco, Gabriele. II. Lima, José Erick Souza. III. Pantano Filho, Rubens.

CDD 378.0072

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Índices para catálogos sistemáticos:

Proibida a reprodução total ou parcial desta obra, de qualquer forma ou por qualquer meio eletrônico, mecânico, inclusive por meio de processos xerográficos, sem a permissão expressa do editor (Lei nº 9.610, de 19/02/1998).

Todos os direitos desta edição reservados pelos autores.



Rua Toscana, 176 – Bairro Vila Romana – Salto/SP – CEP 13321-440  
Tel. (11) 3413-3998 / Cel. (11) 98689-1789

***A importância da inspeção e certificação de terceira parte nos segmentos de fabricação de equipamentos de processo e produtos aeronáuticos***

---

***Edilson Rosa Barbosa de Jesus<sup>47</sup>***

***Marcelo Pieri Pereira<sup>48</sup>***

***Edson Souza de Jesus Filho<sup>49</sup>***

**Introdução**

Este capítulo pretende tratar basicamente de dois tipos de equipamentos ou produtos para os quais é extremamente importante o processo de Certificação, cuja inobservância da aplicação integral e correta das normas e regulamentos pode produzir resultados catastróficos, acidentes graves e fatalidades. Estamos nos referindo aos equipamentos de processo e produtos aeronáuticos (aeronaves).

Denominam-se equipamentos de processo os equipamentos estáticos em indústrias de processamento, que são as indústrias nas quais materiais sólidos ou fluidos sofrem transformações físicas e/ou químicas ou as que se dedicam à armazenagem, manuseio ou distribuição de fluidos. Dentre essas indústrias, citam-se as refinarias de petróleo e suas precursoras (prospecção e extração de petróleo), as indústrias químicas e petroquímicas, grande parte das indústrias alimentícias e farmacêuticas, a parte térmica das centrais termoelétricas e os terminais de armazenagem e distribuição de produtos de petróleo, entre outras (TELLES, 1979).

Equipamentos estáticos tais como colunas de destilação, vasos de pressão, caldeiras, trocadores de calor, fornos, tanques e tubulações industriais constituem não só a parte mais importante da maioria das indústrias de processamento, como também são, geralmente, os itens de maior tamanho, peso e custo nessas indústrias (Figura 1).

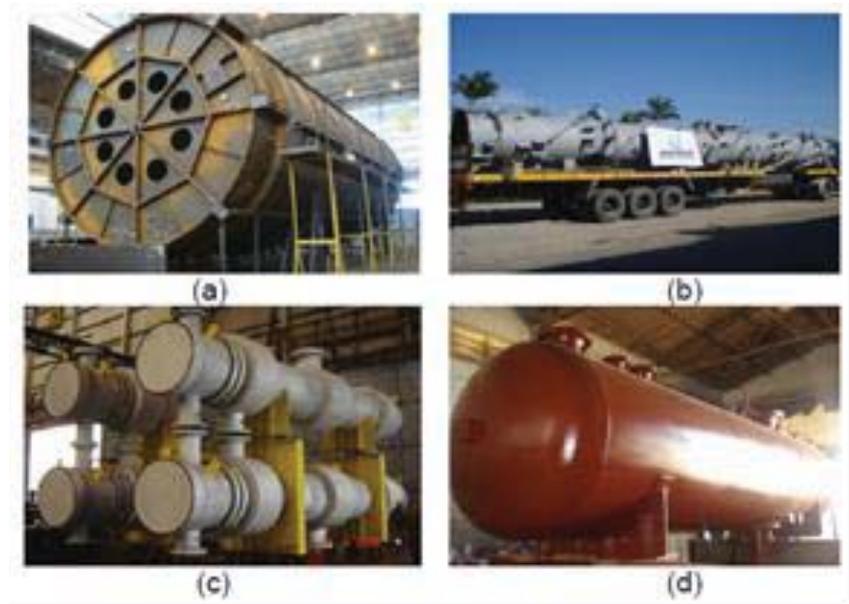
---

<sup>47</sup> Doutor em Engenharia de Materiais. Professor/pesquisador no IFSP câmpus Bragança Paulista. *E-mail*: erbjesus@ifsp.edu.br.

<sup>48</sup> Engenheiro de Produção. Manager Code Services na HSB Brasil. *E-mail*: Marcelo\_Pereira@hsb.com.

<sup>49</sup> Doutor em Engenharia de Materiais. Profissional do setor aeronáutico e pesquisador colaborador no IPEN. *E-mail*: esjfilho@gmail.com.

Figura 1 - Equipamentos de processo: (a) forno cilíndrico; (b) coluna de destilação; (c) trocadores de calor; (d) vaso de pressão.



Fonte: Jesus e Biscuola (2012); Jesus (2012).

Jesus (2012) observa que nas indústrias de processamento algumas condições específicas fazem com que seja necessário um grau de confiabilidade mais apurado para os equipamentos em comparação com o que normalmente é exigido para os equipamentos dos demais ramos industriais. Dentre estas condições citam-se:

- regime contínuo de operação, o que submete os equipamentos a condições severas de trabalho;
- equipamentos interligados entre si, com potencial risco de paralisação de toda a planta por conta da ocorrência de uma falha individual (de um único equipamento);
- operação em condições de grande risco, que envolvam fluidos inflamáveis, tóxicos, explosivos, corrosivos etc.

Dentre algumas definições possíveis para **aeronave**, na Anacpedia (2021) ela é definida como sendo um dispositivo que é usado ou que se pretende usar para voar na atmosfera, capaz de transportar pessoas e/ou

coisas. No setor aeronáutico a segurança de voo é o principal alvo almejado desde a concepção inicial de um modelo de aeronave, até a operação e manutenção da sua aeronavegabilidade continuada. A engenharia aeronáutica é um dos ramos da engenharia no qual pesquisas e o desenvolvimento de novas tecnologias, projetos e materiais são constantes, com vistas a obter aeronaves cada vez mais leves, eficientes e seguras.

Uma aeronave pressurizada, inclusive, possui semelhanças de projeto com um vaso de pressão, na medida em que a cabine de passageiros é dimensionada para suportar tensões radiais produzidas pelos ciclos de pressurização e despressurização durante a operação de voo, sendo que em suas extremidades dianteira e traseira também existem paredes de pressão (*bulkheads*) conhecidos como “tampos” nos vasos de pressão industriais.

Dentro do universo aeronáutico, o que também pode ser estendido para outros segmentos industriais, incluindo o de fabricação de equipamentos de processo, cabe definir ou esclarecer a expressão nível aceitável de segurança, do inglês *Acceptable Level Of Safety* – ALOS (ANACPEDIA, 2021a). Basicamente podemos definir como “Gerenciamento de Risco”, ou seja, na aviação o nível aceitável de segurança é geralmente definido em termos de probabilidade de um acidente aeronáutico ocorrer. Exemplificando de forma meramente didática, poderíamos dizer que a aeronave mais segura do mundo não conseguiria decolar de tão pesada que seria, diante da existência de um número enorme de dispositivos e redundâncias que a engenharia teria que nela incorporar com o objetivo de garantir sua segurança absoluta.

Evidentemente que o papel da aeronave é sair do chão e voar para poder cumprir seu papel de transportar pessoas e bens; assim, na aviação é importante que haja um equilíbrio adequado entre a finalidade ou objetivos desejados e a exposição ao risco ou taxa de acidentes/incidentes aceitável ou nível aceitável de segurança.

A questão da segurança (*safety*) na aviação tornou-se tão importante que, mais recentemente, passou a contar com o Anexo 19 na Organização de Aviação Civil Internacional (do inglês *International Civil Aviation Organization* – ICAO), que trata especificamente desse tema (ICAO STORE, 2021).

Dentre as condições mencionadas anteriormente para os equipamentos de processo, algumas das quais se aplicam também à aviação; a preocupação com os riscos envolvidos na operação é de longe a mais importante e pode ser administrada com níveis adequados/equacionados de confiabilidade quando obedecidos à risca todos os requisitos de projeto e fabricação estabelecidos em normas, sendo fundamental um rigoroso

processo de acompanhamento do equipamento ou produto aeronáutico por inspetores de terceira parte, desde a etapa de projeto, passando pela fase de aquisição de materiais, qualificação de pessoal e procedimentos, fabricação, montagem, instalação, operação e manutenção.

De acordo com Berger (2014), a adoção de códigos e padrões (normas) tem um duplo propósito. O motivo principal é garantir que o equipamento/produto seja seguro (para as pessoas que trabalham ao seu redor e para o público em geral). Adaptando as observações de Berger para o caso específico do setor aeronáutico, seguro para quem está a bordo e seguro para as instalações e pessoas em solo.

A segunda razão, de acordo com Berger (2014), é promover o comércio, alcançando uniformidade, intercambialidade ou pelo menos compatibilidade. Nesse contexto, os padrões (normas) também devem se esforçar para garantir que o equipamento/produto possa ser usado para proporcionar benefício econômico.

Convém destacar que, no caso de equipamentos de processo, os inspetores de terceira parte são em geral instituições de caráter privado, como é o caso da própria ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) ou de uma de suas agências autorizadas, como por exemplo a HSB (*The Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company*); enquanto na área de aviação, normalmente são órgãos reguladores governamentais, a exemplo da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) no Brasil e da FAA (*Federal Aviation Administration*) americana.

### **O setor de equipamentos de processo**

De acordo com Masters (2014), nas duas décadas anteriores a 2014, foi, por um lado, vertiginoso o crescimento do mercado mundial de equipamentos submetidos à pressão para as indústrias de óleo e gás e para outras nas quais ocorrem processos contínuos. Por outro lado, fabricantes e clientes desses equipamentos assistiram à proliferação de códigos e normas que assegurassem, cada vez mais, que um equipamento de pressão estivesse apto a operar de forma segura e confiável.

Dentre os diversos códigos e normas existentes, o Código ASME *Boiler and Pressure Vessel Code (BPV Code)* da *American Society of Mechanical Engineers* é, sem dúvida, o código mais amplamente adotado e, de fato, a base para muitas especificações locais (ibid).

A sociedade americana de engenheiros mecânicos publicou o primeiro código ASME para caldeiras e vasos de pressão em 1914 e tem procurado acompanhar os diversos avanços tecnológicos ocorridos desde

então. Citam-se, por exemplo, a substituição do uso de rebites por soldas na construção dos equipamentos, que exigiu dos redatores do código à época a consideração das novas tecnologias e adoção de boas práticas; também a criação de um código específico com o advento da indústria nuclear nos anos 1950; e, mais recentemente, a adequação dos códigos para considerar a utilização de materiais e fabricação de equipamentos para operar em condições supercríticas, com temperaturas da ordem de 625°C. (DEWEES E OUTROS, 2014)

No entanto, apesar do amplo uso do Código ASME, ainda restam conceitos equivocados de como pode ser obtida uma “**efetiva conformidade**” com o Código ASME, se comparada à solicitação genérica do comprador, que muitas vezes requer que o equipamento seja projetado e fabricado apenas “**em conformidade**” com o código ASME.

Esclarecendo, a “**efetiva conformidade**” do equipamento com o código (nesse caso o ASME), implica no acompanhamento rigoroso do processo de certificação do equipamento desde a fase de projeto, até a finalização da fabricação do mesmo por um Inspetor Autorizado ASME. Tal acompanhamento garante que a projetista e/ou a fabricante seguiu à risca todas as determinações estabelecidas na norma, o que resulta na emissão de um certificado de conformidade e também na estampagem do sinete (selo ASME) no equipamento e em sua respectiva placa de identificação, conferindo um nível de confiabilidade aceitável ao equipamento, mormente em relação às questões de segurança operacional.

Já no caso do equipamento projetado e/ou fabricado “**em conformidade**” com o código ASME, não existe o acompanhamento pelo Inspetor Autorizado ASME, mas tão somente uma declaração do próprio projetista/fabricante de que o projeto e/ou fabricação serão ou foram realizadas de acordo com os requisitos da norma.

A “**efetiva conformidade**” de um equipamento com o código vai além do minucioso acompanhamento de todas as etapas por inspetor autorizado de terceira parte.

No caso da “Certificação ASME”, ou seja, da obtenção dos Certificados de Autorização e da Marca de Certificação do Código, Masters (2014) observa que é requerido primeiro que o projetista/fabricante seja acreditado, para tanto deve preparar a descrição escrita do seu Sistema de Controle da Qualidade (SCQ), por meio de um Manual de Controle da Qualidade (MCQ), complementado por procedimentos específicos. Após, o fabricante deverá ainda ser submetido a uma auditoria do Sistema de Controle de Qualidade (conhecida como *ASME Joint Review*), procurando demonstrar fisicamente sua habilidade para implementar o sistema através

da simulação sobre um equipamento demonstração ou um equipamento referente a uma ordem de serviço real.

Finalmente, em sendo atendidos os requisitos do código sob o ponto de vista dos auditores avaliadores, é feita a recomendação ao Comitê de Credenciamento e Certificação da ASME para que seja emitido o Certificado de Autorização para esse fabricante (ibid).

A importância da certificação de equipamentos em relação à confiabilidade em segurança pode ser verificada através dos estudos de diversos pesquisadores em equipamentos fabricados em regiões onde a certificação é obrigatória pela legislação governamental, a exemplo do Canadá e países da Europa.

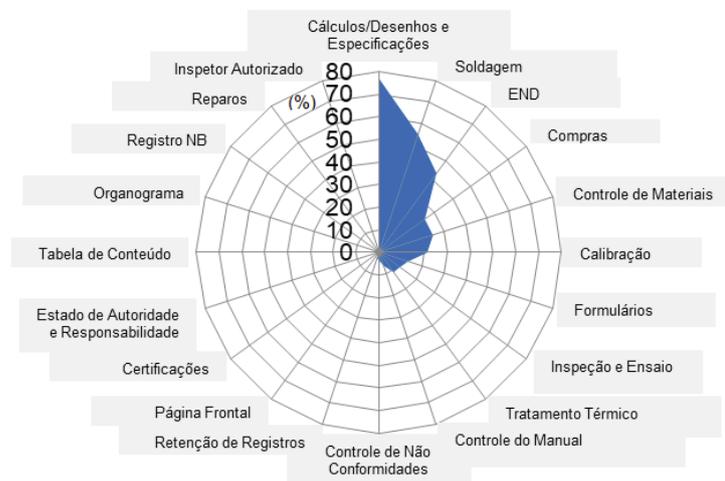
Nivolianitou et al. (2006) e Esouilem et al. (2019) concluíram em suas análises que as principais causas de acidentes envolvendo equipamentos pressurizados em países onde a certificação é obrigatória estavam associados a fatores organizacionais e, mesmo naqueles casos em que as causas estavam associadas a falhas do equipamento, verificou-se que a origem também era de cunho organizacional, tais como falta de um sistema de SST (Saúde e Segurança do Trabalho), falta de treinamento de pessoal e manutenção deficiente, entre outras.

É preocupante a prática amplamente utilizada na indústria nacional de equipamentos submetidos à pressão, em que o fabricante, conjuntamente com o comprador (usuário), decide pela construção do tipo “**em conformidade**” com o ASME, logo sem a exigência da certificação formal.

A experiência da HSB demonstra que a grande maioria dos fabricantes não acreditados não possui as normas devidamente atualizadas e, conseqüentemente, produzem cálculos, inspeções e fabricação de equipamentos em desacordo com os códigos vigentes. Convém lembrar ainda que tal conceito tem proporcionado aos fabricantes a livre (e por vezes equivocada) interpretação dos códigos, utilizando materiais inapropriados, procedimentos de soldagem e END (Ensaio Não Destrutivo) inadequados e aplicação de técnicas de reparos não permitidas, entre outras diversas inconformidades.

O exposto no parágrafo anterior fica bastante evidente ao analisar-se o diagrama de deficiências (Figura 2) encontrado junto a fabricantes (na América do Sul) em processo de certificação/recertificação durante as pré-auditorias ASME realizadas pela HSB.

Figura 2 – Diagrama de distribuição de problemas.



Fonte: cortesia HSB.

Considerando que o diagrama da Figura 2 foi obtido a partir do acompanhamento de fabricantes acreditados, que possuem um adequado conhecimento e nível de atualização dos códigos ASME, incluindo um sistema de qualidade em conformidade com seus requisitos, salienta-se que, ainda assim, foram detectadas deficiências pelos inspetores autorizados, principalmente nas áreas de cálculos (75% dos casos auditados), soldagens (55%) e END (43%), entre outras; deficiências essas que, obviamente, foram corrigidas ao longo do processo de acompanhamento e fabricação dos equipamentos.

Oras, com base no exposto no parágrafo anterior e no diagrama da Figura 2, o que esperar então de equipamentos confeccionados por fabricantes não certificados/acreditados, cujo sistema de qualidade, na maioria das vezes, é inexistente, e que também não contam com o acompanhamento de inspetores autorizados?

Daí a importância de iniciativas como aquelas adotadas pelos EUA e por muitos países europeus, que tornaram legalmente obrigatórias a inspeção e a certificação - por inspetores autorizados - de equipamentos que trabalham em condições críticas de operação, o que aumenta consideravelmente a confiabilidade e reduz substancialmente a ocorrência de acidentes. No Brasil, infelizmente, essa prática ainda não é adotada, mas já seria grande avanço se o governo considerasse constar das normas brasileiras (NR13- por exemplo) ao menos uma recomendação para que os equipamentos instalados fossem certificados.

Convém destacar que os inspetores autorizados ASME, devem ser submetidos a treinamentos e exames obrigatórios junto ao *National Board* em Columbus – Ohio EUA, além de ser exigido que eles mantenham sua proficiência através de treinamentos, prática permanente e auditorias anuais, tendo suas atribuições claramente definidas nas normas e devidamente controladas pelas Agencias de Inspeção Autorizadas ASME, não podendo atuar de forma independente ou sem qualquer controle, o que reforça ainda mais a garantia de que os equipamentos por eles acompanhados terão nível de segurança aceitável do ponto de vista operacional.

### **O setor aeronáutico**

A fabricação de aeronaves no Brasil é orientada essencialmente pelos Regulamentos Brasileiros de Aviação Civil (RBAC) e por Instruções Suplementares (IS) que dão suporte a esses regulamentos. Aeronaves Certificadas que detêm um Certificado de “Tipo” (ANACPEDIA, 2021b) demonstraram cumprimento integral com os requisitos de certificação contidos nos RBAC aplicáveis ao tipo e tamanho da aeronave, os quais refletem as recomendações da Organização de Aviação Civil Internacional por meio do Anexo 8, que trata da Aeronavegabilidade de Aeronaves (ICAO STORE, 2021a). Para aeronaves assim certificadas, em geral não é imposta qualquer tipo de restrição operacional, por terem níveis de segurança aderentes e em conformidade com o preconizado pela Organização de Aviação Civil Internacional. Essas aeronaves operam com um certificado de aeronavegabilidade **padrão**.

O requisito 21.175 do RBAC 21 (RBAC, 2021) classifica os certificados de Aeronavegabilidade em dois tipos: o certificado **padrão** e o **especial**. O certificado de aeronavegabilidade **padrão** é concedido àquelas aeronaves que são concebidas e permanecem aderentes às premissas estabelecidas pela Organização de Aviação Civil Internacional. As aeronaves que não cumprem ou cumprem apenas parcialmente as diretrizes da ICAO operam com um certificado de aeronavegabilidade **especial**.

Aeronaves que operam com certificado de aeronavegabilidade **especial**, por não terem seus processos de construção ou produção acompanhados por órgão ou autoridade aeronáutica e nem estarem aderentes com as premissas da ICAO, possuem, em geral (exceção das aeronaves leves esportivas) nível de segurança desconhecido ou inferior, pois não cumprem com qualquer requisito formal de projeto e construção, ou, quando cumprem, são requisitos menos rígidos do que aqueles previstos pela ICAO, os quais são adotados pelos seus 193 países membros.

O segmento de construção de aeronaves diferencia-se do setor de construção de equipamentos essencialmente pela necessidade de reduzir peso das aeronaves, obtendo-se assim ganho de autonomia, eficiência e performance, com conseqüente redução de custos e aumento de carga paga. A redução de peso é alcançada sobretudo com a utilização de novos materiais mais resistentes, confiáveis e leves e a aplicação cada vez mais racional dos coeficientes de segurança estabelecidos pelas normas e regulamentos aeronáuticos, em função do conhecimento mais aprofundado e preciso dos materiais disponíveis. Além disso, nos processos de certificação aeronáutica, as aeronaves e seus componentes, sobretudo aqueles críticos para a segurança de voo, são submetidos a exaustivos testes e avaliações, aliados ao uso de sofisticadas e modernas ferramentas de engenharia para avaliação e validação das condições de projeto.

De acordo com Zipay e outros (2016), o fator de segurança atualmente usado no projeto de aeronaves é de 1,5, fator relativamente baixo se comparado àqueles geralmente usados no projeto de equipamentos de processo conforme ASME, que segundo Stewart (2008) e Canonico (2000) é, atualmente, de 3,5 para vasos de pressão e caldeiras.

Convém lembrar que 1,5 é um fator de segurança utilizado em aplicações gerais na aviação. Para aplicações de maior responsabilidade, cuja falha do componente ou sistema pode afetar adversamente a segurança de voo, coeficientes maiores são indicados pelos regulamentos e devem ser praticados pela indústria aeronáutica.

Com o uso de novos materiais mais confiáveis na construção de aeronaves, consegue-se redução de custo, aliada a uma grande confiabilidade e segurança, não só para passageiros como também para a sociedade em geral, uma vez que as aeronaves sobrevoam cidades e pessoas. Portanto, a confiabilidade da máquina confere segurança para seus ocupantes, bem como para as pessoas e bens em solo.

Assim como no caso dos equipamentos de processo, tal confiabilidade é reforçada ainda pelo acompanhamento de auditorias de sistema feitas pelo órgão regulador, que cobrem desde a fase de aquisição de matéria prima, passando pela produção, fornecedores, prestadores de serviço, produção e gerenciamento de documentação, qualidade, inspeções e testes até a liberação final da aeronave. Além disso, conforme também previsto por regulamento aeronáutico, mesmo depois de entregue, a aeronave deve cumprir com o que chamamos de aeronavegabilidade continuada, que, em linhas gerais, consiste em manter a aeronave em condições seguras e conforme seu projeto original durante toda sua vida operacional, por meio das manutenções previstas nos manuais do fabricante.

A aviação contempla dois grupos de aeronaves: as aeronaves civis e as aeronaves militares. As aeronaves militares não estão sendo consideradas no escopo desse texto por possuírem regras próprias e particulares de certificação e operação. Na Aviação Civil existem diferentes tipos de aeronaves, com diferentes propósitos de operação. Esse conjunto de informações é que vai determinar que tipo de exigência será feita pela autoridade aeronáutica e que tipo de certificado será concedido para operação das mesmas (**padrão** ou **especial**).

As aeronaves destinadas ao transporte público de pessoas devem obrigatoriamente ser de modelo certificado (detentoras de Certificado de Tipo que normalmente operam com certificado de aeronavegabilidade **padrão**). No universo das aeronaves que recebem um certificado de aeronavegabilidade **especial**, temos as aeronaves leves esportivas e as aeronaves experimentais, sendo que as aeronaves construídas por amadores, por exemplo, estão no grupo das experimentais e são regulamentadas por meio do requisito 21.191(g)-I do RBAC 21 (RBAC, 2021).

Portanto, as permissões, restrições e/ou proibições impostas pela autoridade aeronáutica à operação de uma aeronave leva em consideração vários aspectos, tais como o propósito de operação, a confiabilidade da máquina (aeronave), bem como o nível de risco que essas aeronaves podem representar para as pessoas que estão a bordo e para as instalações e pessoas que se encontram em solo.

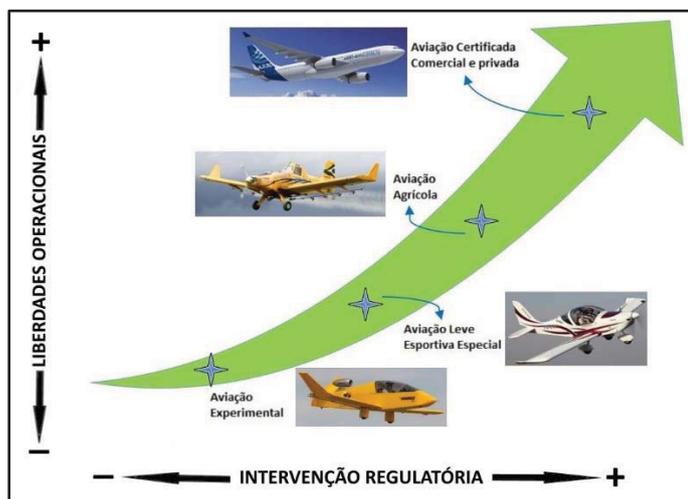
Assim, fazendo-se uma analogia com o caso da fabricação dos equipamentos de processo, os quais em tese deveriam sempre ser fabricados em “**efetiva conformidade**”, ao invés de apenas “**em conformidade**” com o código, sob pena de aumentar a probabilidade da ocorrência de acidentes, espera-se, por exemplo, que uma aeronave comercial não tenha restrição alguma de voo, tendo em vista o criterioso processo de auditoria pelo órgão regulador, pelo qual a mesma é submetida em todas as etapas de projeto, fabricação, operação e manutenção; enquanto que para uma aeronave experimental construída por amador são impostas maiores restrições pelas razões já esclarecidas anteriormente, ou seja, por não terem seus processos de construção ou produção acompanhados pela autoridade aeronáutica e nem estarem aderentes com as premissas e diretrizes da ICAO; deste modo, o nível de confiabilidade e de segurança dessas aeronaves são certamente inferiores aos das aeronaves certificadas e/ou até mesmo desconhecidas.

A Figura 3 ilustra a relação das liberdades operacionais dos diferentes tipos de aeronaves em função do seu tipo de enquadramento e grau de confiabilidade. Observa-se que as aeronaves experimentais possuem baixa liberdade operacional e devem, prioritariamente, operar sob uma série de limitações e em áreas segregadas, justamente para diminuir a exposição

ao risco das pessoas e instalações em solo. Para esse tipo de aeronave, em se tratando das pessoas a bordo, o próprio regulamento já se encarrega de alertar que a operação é por conta e risco dos próprios ocupantes.

Na medida em que a intervenção regulamentar no processo de verificação de cumprimento aos requisitos de construção das aeronaves vai aumentando, as liberdades operacionais também seguem essa tendência, pois o conhecimento sobre a máquina e o comportamento dela sob diversas condições operacionais (envelope de voo) é bem estabelecido e conhecido durante o exaustivo processo de certificação.

Figura 3 – Nível de liberdade operacional versus nível de intervenção regulatória em função do tipo de aeronave.



Fonte: elaborada pelos autores.

Camargo (2017) observa que aeronaves comerciais são conceituadas como o meio de transporte mais seguro, quando são considerados os índices de horas de utilização por acidentes ou incidentes. Segundo ele, entretanto, para que os produtos aeronáuticos cheguem aos mais altos níveis de confiabilidade, antes de voar é necessário que sejam testados de forma exaustiva, demonstrando que os projetos, materiais e métodos de produção atendam aos requisitos de segurança convencionados internacionalmente, em um processo obrigatório de avaliação chamado de Certificação Aeronáutica.

Um caso relativamente recente, que teve bastante repercussão mundial, demonstra claramente a importância da certificação de terceira

parte no segmento aeronáutico, cujo processo compõe-se de um conjunto de ações que envolvem auditorias, inspeções, conformidades, testemunhos, fiscalizações e finalmente a Certificação. Trata-se dos acidentes envolvendo duas aeronaves Boeing modelo 737 MAX que ocorreram em outubro de 2018 na Indonésia e em março de 2019 na Etiópia.

O relatório final do comitê Americano de Transporte e Infraestrutura responsável pela investigação (THCTI, 2020) revelou, dentre diversas outras constatações, que a FAA havia delegado excesso de funções de certificação de sua responsabilidade para a própria Boeing no caso do 737 MAX, comprometendo a eficácia do processo de certificação e, conseqüentemente, a segurança dos passageiros e do público.

Ainda, de acordo com o relatório, ficou caracterizado certo grau de conflito de interesses envolvido na relação autoridade e regulado, na medida em que foi delegado para funcionários da própria Boeing autonomia e autoridade para atuarem como representantes da FAA ou desempenharem funções e atividades de certificação em nome dela, tendo estes sido impedidos pela Boeing de atuarem de forma independente da empresa em vários momentos do processo, no que diz respeito à certificação do 737 MAX.

Nas observações finais desse mesmo relatório conduzido pelo comitê Americano de Transporte e Infraestrutura consta que pesquisas realizadas internamente à Boeing demonstraram que os Representantes Credenciados (*Authorized Representatives – AR*), que são empregados da empresa e credenciados pela Autoridade Aeronáutica, sofrem pressões por parte da empresa em relação às atividades delegadas desempenhadas por eles dentro da companhia.

O comitê identificou ainda diversos casos em que os representantes da Boeing não transmitiram à FAA importantes informações relacionadas à segurança, dificultando uma avaliação mais abrangente do 737 MAX pela Autoridade Aeronáutica, o que poderia ter resultado em melhoria da segurança da aeronave e potencialmente evitado os dois acidentes fatais

Assim, ambas as instituições foram responsabilizadas pelos acidentes: a Boeing por deter a responsabilidade da delegação de atividades de certificação e por não ter reportado ocorrências importantes durante o processo de certificação do modelo de aeronave 737 MAX à FAA e a própria autoridade aeronáutica por não ter fiscalizado adequadamente as atividades de Certificação de sua responsabilidade ao delegá-las para o fabricante Boeing por meio da figura jurídica denominada de *Organization Designation Authorization – ODA*.

No Brasil, atualmente, existe a figura dos Representantes Credenciados atuando nas instalações do fabricante em nome da Autoridade Reguladora (no caso a ANAC). Estas pessoas são colaboradores da própria fabricante, os quais, no modelo praticado atualmente, necessitam prestar contas diretamente à autoridade reguladora (ANAC). A figura da Empresa Delegada ou Certificação de Organização de Projeto – COPJ equivalente ao ODA Americano já está regulamentada aqui no Brasil por meio da Subparte J do RBAC 21 (RBAC, 2021), entretanto não se encontra operacional, pois nenhuma empresa fabricante demonstrou cumprimento com as exigências para fazer jus à prerrogativa de Empresa Delegada. Nesse modelo de empresa delegada (COPJ) a fabricante, em tese, tem autonomia total sobre o processo de certificação. Tal nível de delegação é extremamente ambicioso, pois transfere responsabilidades do estado para o regulado, portanto deve ser muito bem fiscalizado, de modo a impedir que interesses comerciais ou conflitos de interesses interfiram no processo de certificação.

No universo do setor aeronáutico, o apoio e a cooperação conjunta da indústria com as atividades desempenhadas pelo órgão regulador são importantes e necessárias, uma vez que o Estado não teria condições de desempenhar a atividade de regulação e fiscalização a contento sem cooperação mútua, principalmente com a crescente tendência de aumento da demanda aérea mundial. Entretanto, apesar da necessidade de que exista um ambiente mútuo permanente de cordialidade, cooperação e respeito entre as partes, é imprescindível que os limites de atuação e os papéis de cada um no processo de Certificação estejam bem claros e definidos, de modo a não permitir que as respectivas responsabilidades se confundam com eventuais interesses particulares e comerciais, pois o que se objetiva alcançar é sempre a segurança de voo e a proteção física e da vida de passageiros e de pessoas e instalações em solo.

O caso do Boeing 787 Dreamliner (FAA, 2013) pode ser mencionado como um exemplo de sucesso, considerando o nível de novas tecnologias e materiais incorporados ao projeto à época, em que houve um trabalho intenso de equipe e relação de colaboração mútua entre a autoridade aeronáutica e a indústria, com vistas a atingir o objetivo comum de entregar ao mercado uma aeronave moderna e segura.

Por outro lado, temos o citado caso do 737 MAX no qual se constatou a existência de atropelos no processo de certificação, devido a supostos interesses comerciais, inclusive com possibilidade de conivência do órgão fiscalizador, que era quem deveria zelar primariamente pelo cumprimento e manutenção dos requisitos regulamentares de certificação, resultando em dois trágicos acidentes de grandes proporções que ceifaram 346 vidas e deixaram inúmeras outras órfãs e desamparadas.

### **Considerações finais**

O segmento de equipamentos de processo opera em condições variadas, muitas das quais críticas em termos de temperatura, pressão e/ou armazenamento/condução de fluidos, inflamáveis, tóxicos e letais, já o segmento aeronáutico desempenha atividades sensíveis de transporte de cargas e de pessoas, muitas vezes executando voos sobre cidades e regiões com grande adensamento populacional, daí a importância da certificação, não só para a garantia da confiabilidade operacional do equipamento/aeronave propriamente dito(a), como também para o aumento da segurança de operadores, usuários e da sociedade em geral.

Através dos dados e informações apresentadas, tanto em relação aos equipamentos de processo quanto em relação aos produtos aeronáuticos, fica evidenciada a importância da inspeção e certificação de terceira parte por inspetor autorizado ou órgão regulador junto às empresas e atividades desempenhadas por esses setores.

### **Referências**

- ANACPEDIA. **Definição “aeronave”**. 2021. Disponível em: [https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por\\_por/tr63.htm](https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_por/tr63.htm). Acesso em: 19 set. 2021.
- ANACPEDIA. **Definição “ALOS”**. 2021a. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/sig/tr1361.htm>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- ANACPEDIA. **Definição “Tipo”**. 2021b. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por-por/tr2343.htm>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- BERGER, D. L. **Elevating the pressure and temperature**. Mechanical Engineering. Nov. 2014, 136(11): p. 38-39 Disponível em: <https://asmedigitalcollection.asme.org/memagazineselect/article/136/11/38/380330/Elevating-the-Pressure-and-Temperature>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- CAMARGO, G. M. **Processo de Certificação Aeronáutica Civil Brasileira: Estudo dos impactos na competitividade da indústria nacional**. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade) - Universidade Federal de São Carlos. 2017. 124 p.
- CANONICO, D. A. Adjusting the Boiler Code Technological Advances Have Made it Possible To Reduce the Material Design Factor in the Asme Boiler and Pressure Vessel Code. **Mechanical Engineering**. Feb. 2000, 122

(02): p. 54-57. Disponível em: <https://asmedigitalcollection.asme.org/memagazineselect/article/122/02/54/369397/Adjusting-the-Boiler-CodeTechnological-Advances>. Acesso em: 21 mar. 2021.

DEWEES, D.; JONES, C. SLATER, M.; WEITZEL, P.; SCAVUZZO, S.; MOOT, D.; BECKER, P. TANZOSH, J.; CORNELL, R. Essential for safety. **Mechanical Engineering**. Nov. 2014, 136(11): p. 32-35. Disponível em: <https://asmedigitalcollection.asme.org/memagazineselect/issue/136/11>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ESOUILEM, M., BOUZID, H., NADEAU, S. (2019). Accident Causes Involving Pressure Vessels: A Case Study Analysis with STAMP Model. Conference: 65. **Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft**At: Dresden, Germany. 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/331532883\\_Accident\\_Causes\\_Involving\\_Pressure\\_Vessels\\_A\\_Case\\_Study\\_Analysis\\_with\\_STAMP\\_Model](https://www.researchgate.net/publication/331532883_Accident_Causes_Involving_Pressure_Vessels_A_Case_Study_Analysis_with_STAMP_Model). Acesso em: 16 mar. 2021.

FAA. **The Certification of the Boeing 787 Aircraft and the Lessons Learned**. 2013. Disponível em: <https://www.transportation.gov/testimony/certification-boeing-787-aircraft-and-lessons-learned>. Acesso em: 17 jul. 2021.

ICAO STORE. **Annex 19: Safety Management**. 2021. Disponível em: <https://store.icao.int/en/annex-19-safety-management>. Acesso em: 15 jul. 2021.

ICAO STORE. **Annex 8: Airworthiness of Aircraft**. 2021a. Disponível em: <https://store.icao.int/en/annex-8-airworthiness-of-aircraft>. Acesso em: 15 jul. 21.

JESUS, E. R. B. Materiais para fabricação de equipamentos de processo. **Revista Iuminart**, Ano IV, n° 9, Nov/2012, p. 27-35.

JESUS, E. R. B.; BISCUOLA, V. B. O estado da arte dos materiais para aplicação na fabricação de equipamentos de processo. **Revista Petro & Química**, Ano XXXV, n° 343, 2012, p. 27-35.

MASTERS, M. H. Qualidade: Certificar ou não certificar, eis a questão. **Portal Petróleo & Energia**, 2014. Disponível em: <https://www.petroleoenergia.com.br/qualidade-certificar-ou-nao-certificar-eis-questao/> Acesso em: 16 mar. 2021.

NIVOLIANITOU, Z.; KONSTANDINIDOU, M.; CHRISTOU, M. Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS). **Journal of hazardous materials**. 137. p. 1-7. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/331532883\\_Accident\\_Causes\\_Involving\\_Pressure\\_Vessels\\_A\\_Case\\_Study\\_Analysis\\_with\\_STAMP\\_Mode](https://www.researchgate.net/publication/331532883_Accident_Causes_Involving_Pressure_Vessels_A_Case_Study_Analysis_with_STAMP_Mode)  
l. Acesso em: 16 mar. 2021.

**RBAC. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC21EMD08.**  
2021. Disponível em:

[https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-21-emd-08/@@display-file/arquivo\\_norma/RBAC21EMD08.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-21-emd-08/@@display-file/arquivo_norma/RBAC21EMD08.pdf). Acesso em: 15 jul. 2021.

TELLES, P.C.S. **Materiais para equipamentos de processo**. 2º ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1979, 230 p.

THCTI - The House Committee on Transportation and Infrastructure. **Final Committee Report on the Design, Development, and Certification of the Boeing 737 MAX**. 2020 Disponível em:  
<https://transportation.house.gov/committee-activity/boeing-737-max-investigation>. Acesso em: 21 mar. 2021.

ZIPAY, J. J.; MODLIN, C. T.; LARSEN, C. E. The Ultimate Factor of Safety for Aircraft and Spacecraft - Its History, Applications and Misconceptions. **57th AIAA/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference**. 4-8 January 2016 San Diego, California, USA. Disponível em:  
<https://ntrs.nasa.gov/citations/20150003482>. Acesso em: 21 mar. 2021.