



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
VINICIUS TADEU ULIANA CAVALCANTE

**CONTAMINAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS EM AERONAVES DE MOTORES A
REAÇÃO**

Palhoça

2018

VINICIUS TADEU ULIANA CAVALCANTE

**CONTAMINAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS EM AERONAVES DE MOTORES A
REAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Joel Irineu Lohn MSc.

Palhoça

2018

VINICIUS TADEU ULIANA CAVALCANTE

**CONTAMINAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS EM AERONAVES DE MOTORES A
REAÇÃO**

Esta monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovada em sua forma final pelo Curso de Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 4 de junho de 2018

Orientador: Prof. Joel Irineu Lohn, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Cleo Marcus Garcia, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico aos colegas mantenedores e pilotos,
civis ou militares, que diariamente voam e
fazem voar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar meios de iniciar e concluir, dentre muitas, mais esta importante etapa de minha vida. A São Judas Tadeu, que desde o meu nascimento, me protege com o seu machado.

Devo imenso reconhecimento a meus pais, Wilson e Vera, por terem me mostrado e me direcionado a tomar as melhores escolhas, sejam elas na vida pessoal, profissional ou acadêmica.

Lembro também do meu irmão, Leonardo, que como irmão mais velho sempre desempenhou e desempenha papel impar em minha formação como ser humano.

Agradeço toda a minha família, os Uliana's e os Cavalcante's pelas orações e votos de sucesso a mim dedicados.

Aos meus amigos que diariamente amenizam a saudade que tenho da família. Vocês são a família que a vida me proporcionou.

“AD ASTRA ET ULTRA. (Escola de Especialistas de Aeronáutica, 1941)”

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo geral, identificar quais os principais fatores que influenciam na pureza do combustível utilizado em aeronaves de motores a reação. Com a finalidade de se atingir o objetivo apresentado, traz também conceitos de aeronaves, motores a reação, bem como quais são os tipos de combustíveis de motores a reação. Apresenta características, e normas de tais combustíveis. Relativo à contaminação, traz tipos de contaminantes, suas formas de detecção e prevenção. Ao final, a pesquisa apresenta dois relatórios finais do CENIPA, relacionados a combustíveis contaminados. Com dois anexos, esta pesquisa também apresenta os Regulamentos Técnicos ANP Nº 06/2009 e o ANP Nº 05/2014 que dispõem sobre QAV-1/JET A-1 e combustíveis alternativos SPK-FT, SPK-HEFA, SIP respectivamente. Caracteriza-se como descritiva e exploratória, proporcionando familiarização e dados do tema abordado. Possui procedimentos bibliográfico e documental por meio de livros, sites, manuais e regulamentos técnicos. A abordagem utilizada foi tanto a qualitativa quanto a quantitativa, pois demonstra conceitos e percepções. Ao final da pesquisa, conclui-se que os principais contaminantes de combustíveis de aeronaves a reação são partículas sólidas como poeira e pedaços de borracha, além de água, sendo tanto dissolvida como suspensa ou dispersa no combustível.

Palavras-chave: Contaminação. Combustível. Motores. Impurezas.

ABSTRACT

The present research has as general objective, to identify the main factors that influence the purity of the fuel used in aircraft with reaction engines. To reach the objective presented, there are also concepts of aircraft, reaction engines, as well as which are the types of reaction engine fuels. It presents characteristics and norms of such fuels. Regarding the contamination, the research brings types of contaminants, their forms of detection and prevention. At the end, the research presents two final CENIPA reports, related to contaminated fuels. With two annexes, this research also presents Technical Regulations ANP No. 06/2009 and ANP No. 05/2014 provided for QAV-1 / JET A-1 and alternative fuels SPK-FT, SPK-HEFA, SIP respectively. It is characterized as descriptive and exploratory, providing familiarity and data of the topic addressed. It has bibliographic and documentary procedures through books, websites, manuals and technical regulations. The approach used was both qualitative and quantitative, since it demonstrates concepts and perceptions. At the end of the research, it is concluded that the main contaminants of aircraft reaction engines fuels are solid particles such as dust and rubber pieces, in addition to water, being either dissolved or suspended or dispersed in the fuel.

Keywords: Contamination. Fuel. Engines. Impurities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Aeróstato Zeppelin.....	22
Figura 2: Aeródino Concorde.....	22
Figura 3: Aeródino Planador.....	22
Figura 4: Cilindro de motor convencional.....	23
Figura 5: Motor a pistão e hélice.....	24
Figura 6: Motor Rolls-Royce Trent XWB.....	24
Figura 7: Motor Turbofan.....	25
Figura 8: Motor Foguete não aerotérmico.....	26
Figura 9: Motor Estado-jato.....	27
Figura 10: Motor a jato.....	28
Figura 11: Esquema motor Turbo-Hélice.....	29
Figura 12: Motor Turbo-Eixo de helicóptero.....	30
Figura 13: Motor Prop-Fan.....	31
Figura 14: Motor Turbo-Estato-Reator.....	32
Figura 15: Esquema do sistema de suprimento e distribuição, da refinaria até a aeronave.	39
Figura 16: Amostra de combustível contaminado.....	45
Figura 17: Densímetro de Vidro.....	46
Figura 18: Material esbranquiçado nas janelas de inspeção de combustível do PP-EMO.....	51
Figura 19: Material esbranquiçado nos tanques de combustível do PP-EMO.....	51
Figura 20: Recipientes de ARLA 32 (FLUA) e de aditivo ULTRASOLVE AC HF (PRIST).....	51
Figura 21: CTA 1477. Em destaque os reservatórios de aditivo e ARLA 32.....	52
Figura 22: Situação da aeronave matrícula PR-ELO após o acidente.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Aparência.....	62
Quadro 2: Composição	62
Quadro 3: Volatilidade	63
Quadro 4: Fluidez	63
Quadro 5: Combustão.....	64
Quadro 6: Corrosão	64
Quadro 7: Estabilidade	64
Quadro 8: Contaminantes	64
Quadro 9: Condutividade	64
Quadro 10: Lubricidade.....	65
Quadro 11: ABNT	70
Quadro 12: ASTM.....	71
Quadro 13: IP	72
Quadro 14: Outros Métodos	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificação de Querosene de Aviação - QAV-1. (1).....	65
Tabela 2: Especificações dos Querosenes de Aviação Alternativos SPK - FT e SPK - HEFA (1)	73
Tabela 3: Outros requisitos detalhados dos Querosenes de Aviação Alternativos SPK-FT e SPK-HEFA (1)	74
Tabela 4: Especificações do Querosene Alternativo SIP	75
Tabela 5: Requisitos adicionais para certificação do Querosene de Aviação B-X (QAV BX)	77

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
API	American Petroleum Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AVGAS	Gasolina de Aviação
BOCLE	Ball-on-Cylinder Lubricity Evaluator
CBA	Código Brasileiro de Aeronáutica
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CTA	Caminhão Tanque Abastecedor
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
FAA	Federal Administration Aviation
FSF	Flight Safety Foundation
HEFA	Hydroprocessed esters and fatty acids
ICAO	International Civil Aviation Organization
PFE	Ponto Final de Ebulição
PIE	Ponto Inicial de Ebulição
QAV	Querosene de Aviação
QAV B-X	Querosene de Aviação B-X
RABRA	Revenda de Aviação do Aeroporto de Brasília
SCR	Redução Catalítica Seletiva
SERIPA VI	Sexto Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SERIPA II	Segundo Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidente Aeronáuticos
SIP	Synthesized Iso Paraffinic
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SPK	Synthesized Paraffinic Kerosine
SUMA	Relatório Final Simplificado
UNISUL	Universidade do Sul de Santa Catarina
UTC	Universal Time Coordinated

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA	16
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 METODOLOGIA.....	18
1.4.1 Natureza e Tipo da Pesquisa	18
1.4.2 Materiais e Métodos.....	18
1.4.3 Procedimentos de Coleta de Dados.....	19
1.4.4 Procedimentos de Análise de Dados	19
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 AERONAVES E MOTORES A REAÇÃO.....	21
2.1.1 Aeronaves.....	21
2.1.2 Motores a Reação	23
2.1.2.1 Estado-Jato ou Estado-Reator.....	26
2.1.2.2 Pulso-Jato.....	27
2.1.2.3 Turbo-Jato.....	27
2.1.2.4 Turbofan.....	28
2.1.2.5 Turbo-Hélice	29
2.1.2.6 Turbo-Eixo.....	29
2.1.2.7 Prop-Fan.....	30
2.1.2.8 Motores Híbridos	31
2.2 COMBUSTÍVEL DE AERONAVES DE MOTOR A REAÇÃO.....	32
2.2.1 Querosene de Aviação.....	33
2.2.2 Biocombustíveis de Aviação	33
2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE COMBUSTÍVEL PARA MOTORES A REAÇÃO.....	35
2.3.1 Normas e Padrões Técnicos de Combustível	36
2.4 TIPOS DE CONTAMINAÇÃO DE COMBUSTÍVEL.....	37
2.4.1 Contaminação por Outros Derivados de Petróleo.....	40
2.4.2 Contaminação por Partículas	40
2.4.3 Contaminação por Água	41
2.4.4 Contaminação Microbiológica.....	41
2.5 FORMAS DE DETECÇÃO DE CONTAMINANTES	42
2.5.1 Teste de Clareza e Brilho	43
2.5.2 Detecção de Água Livre	43
2.5.3 Detecção de Partículas Sólidas	43

2.5.4 Detecção de Contaminação Microbiológica	44
2.5.5 Teste de Densidade de Combustível.....	45
2.6 PREVENÇÃO À CONTAMINAÇÃO	46
2.7 OCORRÊNCIAS AERONÁUTICAS ENVOLVENDO COMBUSTÍVEL CONTAMINADO	47
2.7.1 O que é uma Ocorrência, Incidente e Acidente Aeronáutico	47
2.7.2 Acidente e Incidente Envolvendo Contaminação de Combustível.....	49
2.7.2.1 PP-EMO - 09/10/2014 - EMB-505 - Incidente	49
2.7.2.2 PR-ELO - 06/03/2011 - AS-350 B2 - Acidente	52
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	56
ANEXO A - REGULAMENTO TÉCNICO ANP N° 06/2009	61
ANEXO B - REGULAMENTO TÉCNICO ANP N° 05/2014	69

1 INTRODUÇÃO

“É Full Comandante¹? Mais do que abastecer a aeronave, deve-se atentar para os cuidados que envolvem a operação e armazenamento de combustíveis de aviação”. Ainda conforme o SERIPA II (2013, p. 1),:

Lidar com combustíveis de avião requer cuidados especiais. Não é somente abastecer e pronto, o voo já está garantido! Da drenagem dos tanques ao abastecimento das aeronaves, passando pelo manuseio e armazenamento, o ideal é que os procedimentos previstos sejam cumpridos à risca.

Conforme dados divulgados pelo CENIPA (2016), entre 2006 e 2015, acidentes aeronáuticos tipificados como falha do motor em voo representaram 20,63% do total das ocorrências aeronáuticas na aviação brasileira. Complementando:

Parte desse percentual de falha de motor em voo está relacionado a procedimentos de abastecimento mal sucedidos e utilização de combustíveis contaminados por água, microrganismos e outros. (SERIPA, 2013, p. 2)

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos da pesquisa, inicialmente será feito uma análise dos principais tipos de aeronaves, indo dos dirigíveis aos planadores. Posteriormente, será apresentado e definido o que é um motor a reação, inclusive demonstrando por meio de figuras quais são os seus principais tipos. Após serem conceituadas as aeronaves e motores a reação, serão apresentados os tipos de combustíveis para estes tipos de motores, que são o querosene de aviação e o seu alternativo biocombustível. Ainda relativo aos combustíveis, serão apresentados suas características técnicas, normas e padrões técnicos que estabelecem seus padrões de qualidade.

Após serem conceituadas as aeronaves, motores a reação e os combustíveis, a pesquisa passará a abordar a contaminação de combustível, apresentando tipos de contaminação, suas formas de detecção e ainda um tópico que retrata sobre prevenção a contaminação de combustíveis.

¹ Expressão utilizada quando é realizado o abastecimento total do tanque de combustível da aeronave.

Na parte final do referencial teórico, serão apresentadas duas ocorrências aeronáuticas, sendo uma referente a um acidente e outra um incidente aeronáutico que tiveram como causa a contaminação de combustível.

Em anexo, este trabalho apresenta os dois regulamentos técnicos que especificam os combustíveis aeronáuticos de motores a reação.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Quais os principais fatores que influenciam na pureza do combustível utilizado em aeronaves de motores a reação?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar os principais fatores que influenciam na pureza do combustível utilizado em aeronaves de motores a reação.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Conceituar aeronaves e motores a reação.
- b) Conceituar combustível de aeronaves de motor a reação e suas características técnicas.
- c) Apresentar tipos de contaminação, formas de detecção e prevenção a contaminação de combustível.
- d) Apresentar ocorrências aeronáuticas envolvendo combustível contaminado.

1.3 JUSTIFICATIVA

Dentre todos os meios de transportes desenvolvidos pelo homem até então, as aeronaves estão entre as que mais despertam interesse, tanto por leigos como por quem convive diretamente com a aviação.

Conforme pesquisa realizada pela CEAB Escola de Aviação, dados estatísticos mostram que a aviação é um dos meios de transporte mais seguros. Segurança esta que depende de um conjunto complexo de elos que vão desde o planejamento de construção, à operação pelos pilotos de tais equipamentos.

Dentro desta complexa corrente de segurança, onde o elo mais fraco define quão forte é a corrente, podemos citar a importância de se utilizar combustíveis não contaminados, ou seja, que estejam dentro dos padrões técnicos e livres de impurezas para utilização nos motores das aeronaves.

A presente pesquisa visa demonstrar principalmente quais os impactos que a utilização de combustíveis contaminados causa na segurança de voo.

Este estudo é útil para a aviação privada bem como para a comercial, de pequenos proprietários a grandes empresas aéreas.

Para a segurança de voo, é de grande importância, pois contaminações severas podem causar redução de potência dos motores e em casos graves o seu apagamento em voo. Tal fato pode causar consequências catastróficas.

Os resultados da pesquisa são úteis também para distribuidores de combustíveis que frequentemente buscam melhorar a qualidade dos produtos entregues a seus clientes.

Por fim, não há dúvidas que o presente estudo traz resultados que impactarão na segurança de voo e na melhoria da qualidade de combustíveis. Também destaca-se a grande importância também para operadores e proprietários de aeronaves, da aviação executiva às grandes companhias aéreas.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Natureza e Tipo da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como descritiva e exploratória, com procedimento bibliográfico e documental e com abordagem tanto qualitativa, quanto quantitativa.

Conforme Gil (2002, p. 42), pesquisa descritiva é aquela que “têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”. A pesquisa é também exploratória, pois “tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito.” (GIL, 2002, p. 42).

As fontes de materiais da pesquisa são tanto primárias quanto secundárias. São analisados livros e sites referentes a aeronaves a jato e combustíveis destas aeronaves, além de materiais de fabricantes de aeronaves.

Quanto ao procedimento da pesquisa, este é bibliográfico e documental. Bibliográfico, já que de acordo com Gil (2002), a pesquisa é desenvolvida com base em material já elaborado, principalmente livros e artigos científicos. É documental, pois conforme o mesmo autor, exige a consulta a diversos tipos de arquivos públicos ou particulares.

Relativo a abordagem da pesquisa, ela traz apresentação de análise qualitativa e quantitativa, pois demonstra conceitos e percepções.

1.4.2 Materiais e Métodos

Nesta pesquisa, os materiais a serem analisados são:

Bibliográficos: Livros, sites e artigos referentes a combustíveis de aeronaves, tipos de contaminação, formas de identificação de contaminantes.

Documentais: Documentos, regulamentos e especificações técnicas pertinentes ao assunto estudado, sendo eles:

- CBA;
- Documentos do CENIPA;
- Artigos da ICAO

- Livros didáticos da Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL);
- Artigos da FSF;
- Artigos da FAA;
- Artigos da Rolls-Royce referente a motores de aeronaves;
- Especificações ANP; entre outras.

1.4.3 Procedimentos de Coleta de Dados

O Procedimento de coleta de dados foi basicamente documental e bibliográfico levando em consideração materiais de diversas autoridades aeronáuticas como ICAO, CENIPA e ANP.

1.4.4 Procedimentos de Análise de Dados

Para o procedimento de análise de dados, temos conforme Gil (Badin s. d. apud 2002, p.89):

A análise de conteúdo desenvolve-se em três fases. A primeira é a pré-análise, onde se procede à escolha dos documentos, à formulação de hipóteses e à preparação do material para análise. A segunda é a exploração do material, que envolve a escolha das unidades, a enumeração e a classificação. A terceira etapa, por fim, é constituída pelo tratamento, inferência e interpretação dos dados.

Sendo assim, os dados coletados para esse trabalho foram estudados e analisados por meio do método da análise de conteúdo.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Com a finalidade de se atingir os propósitos da presente pesquisa, este trabalho está estruturado da seguinte forma:

No capítulo 1, temos a introdução da pesquisa, a apresentação dos objetivos gerais e específicos, a justificativa, a metodologia utilizada, finalizando com a organização do trabalho.

O capítulo 2 apresenta o referencial teórico, onde são conceituadas as aeronaves e os motores a reação. Demonstra, inclusive, seus tipos e variações. Também traz a conceituação dos combustíveis de aeronaves de motores a reação. Neste capítulo, ainda é apresentado quais os principais tipos de contaminação, formas de detecção e prevenção. Na parte final deste capítulo, são apresentadas duas ocorrências aeronáuticas envolvendo combustível contaminado, uma da aeronave PP-EMO classificado como incidente, e outro da aeronave PR-ELO classificado como acidente aeronáutico.

No capítulo 3, constam as considerações finais da pesquisa. E após, as referências bibliográficas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AERONAVES E MOTORES A REAÇÃO

2.1.1 Aeronaves

De acordo com o Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa (2018), aeronave é o “Nome genérico dos aparelhos por meio dos quais se navega pelo ar”. Uma outra definição mais técnica e aplicada no meio aeronáutico, pode ser encontrada no Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA) em seu Artigo 106 (1986), “Considera-se aeronave todo aparelho manobrável em voo, que possa sustentar-se e circular no espaço aéreo, mediante reações aerodinâmicas, apto a transportar pessoas ou coisas.”

Partindo desta definição, balões, autogiros, dirigíveis, helicópteros e aviões, atendem essa definição e podem ser considerados aeronaves. (CAMPOS, 2011).

Devido ao grande número de diferenças entre estes tipos de aeronaves, elas são melhores subdivididas quanto aos princípios e leis da física que lhes proporcionam meios de sustentação no ar, desta maneira, são divididas em aeróstatos e aeródinos.

Conforme Campos (2011), Aeróstatos são “aeronaves baseadas no Princípio de Arquimedes², da Física, e vulgarmente conhecidos como veículos mais leves que o ar”, como exemplo temos balões e dirigíveis. Conforme o mesmo autor, aeródinos são “aeronaves mais pesadas que o ar e que necessitam utilizar a 3ª Lei de Newton³, também conhecida como a lei da ação e reação, para se manterem em voo”. São exemplos de aeródinos: os aviões, helicópteros e planadores. Na figura 1,

² Princípio de Arquimedes: “Um corpo total ou parcialmente imerso em um fluido, recebe do fluido uma força vertical, dirigida para cima, cuja intensidade é igual à do peso do fluido deslocado pelo corpo”. (INSTITUTO DE FÍSICA, UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018)

³ 3ª Lei de Newton: “Para toda ação (força) sobre um objeto, em resposta à interação com outro objeto, existirá uma reação (força) de mesmo valor e direção, mas com sentido oposto.” (JUNIOR, Terceira Lei de Newton, Brasil Escola, 2018)

Figura 1: Aeróstato Zeppelin



Fonte: Zeppelin.⁴

Figura 2: Aeródino Concorde



Fonte: Concorde.⁵

Figura 3: Aeródino Planador



Fonte: Planador.⁶

⁴ Disponível em: <http://www.zeppelinflug.de/files/landingpage_fn/scenes/page_04/1920/layer_01.jpg>. Acesso em 17 mar. 2018.

⁵ Disponível em: <<http://www.avioesemusicas.com/wp-content/uploads/2014/03/concorde-450x300.jpg>>. Acesso em 17 mar. 2018.

⁶ Disponível em: <<http://iborntofly.blogspot.com.br/2010/02/aeronaves-conceitos.html>>. Acesso em 17 mar. 2018.

2.1.2 Motores a Reação

“Aeronaves precisam de potência para gerar velocidade suficiente para que as asas possam produzir sustentação, ou potência suficientemente superior ao peso da aeronave para decolagem vertical” (FAA, 2012, p. 1-1, Tradução Nossa). Com a finalidade de se suprir esta necessidade básica para o voo das aeronaves, são utilizados os motores.

Motores aeronáuticos podem ser classificados por diferentes maneiras, sendo que a principal divisão é pela forma de produção de tração. Nesta divisão, temos os motores convencionais ou a pistão e os motores a jato, ou a reação. Ambos os tipos de motores convertem energia calorífica, proveniente do combustível, em energia mecânica através do fluxo de um fluido (geralmente ar) através do motor (FAA, 2012, p. 1-1, Tradução Nossa).

A principal diferença entre estes dois tipos de motores, convencionais e à reação, é que nos motores convencionais, a tração não é produzida diretamente pela queima do combustível, mas sim por um dispositivo acoplado ao motor. Já nos motores a reação, a tração é produzida acelerando-se a massa de ar e posteriormente expelindo-a a grande velocidade. “Nestes motores, a tração é igual ao produto da massa de ar pela aceleração nela produzida (2ª Lei de Newton). A mesma tração poderia ser obtida produzindo grande aceleração a uma pequena massa ou pequena aceleração a uma grande massa” (SAINTIVE, 2015, p. 21).

Figura 4: Cilindro de motor convencional



Fonte: FAA, 2012, Aviation Maintenance Technician Handbook-Powerplant,

Figura 5: Motor a pistão e hélice



Fonte: Motor a pistão.⁷

Figura 6: Motor Rolls-Royce Trent XWB

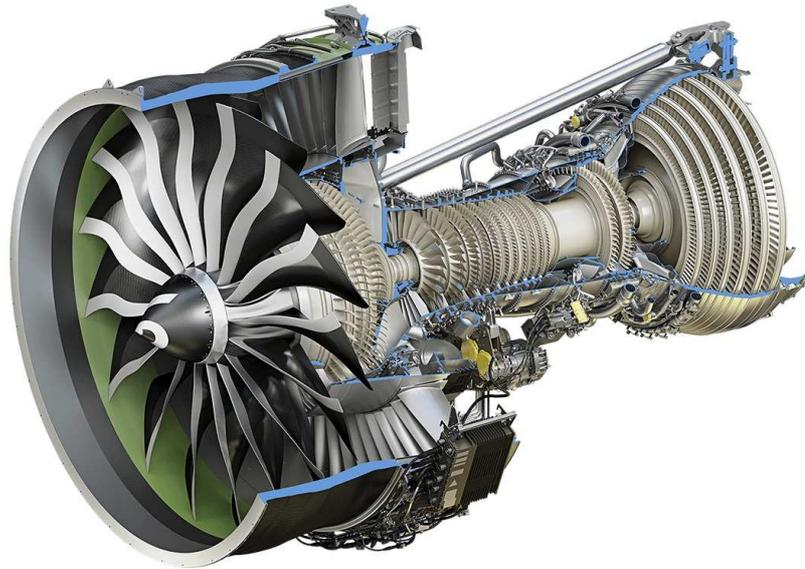


Fonte: Rolls-Royce Trent XWB.⁸

⁷ Disponível em: <<http://www.aravia.com.ar/wp-content/uploads/wordpress/aerobatic.png>>. Acesso em 17 mar. 2018.

⁸ Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Rolls-Royce_Trent_XWB>. Acesso em 17 mar. 2018.

Figura 7: Motor Turbofan



Fonte: Motor Turbofan.⁹

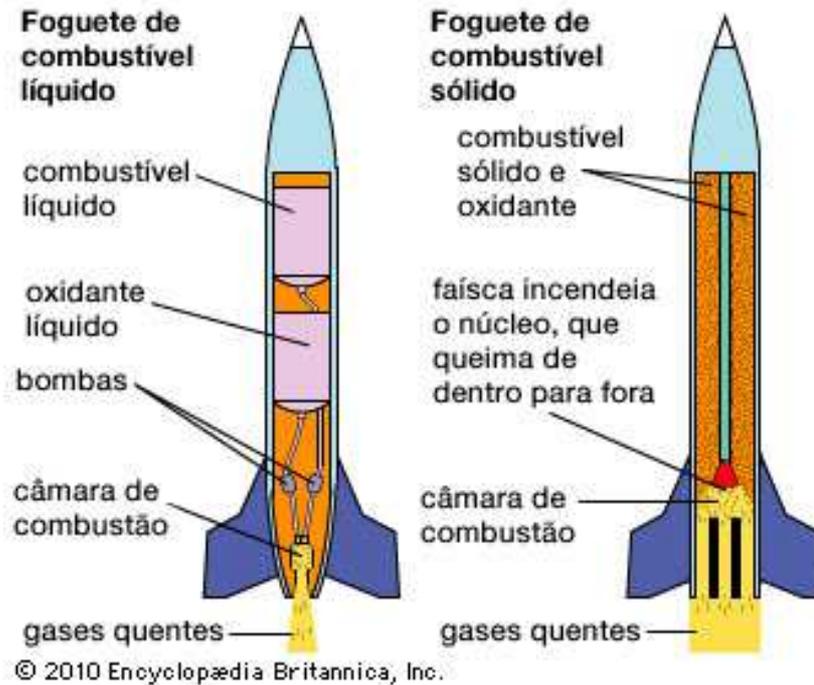
Relativo aos motores convencionais, não existem muitas variações entre este tipo de motor, o que não ocorre nos motores a reação que podem ser subdivididos em outros tipos.

A primeira distinção entre os motores aeronáuticos a reação ocorre pela forma com que a mistura comburente e combustível é fornecida à câmara de combustão para a queima. Assim como nos motores de aviação convencionais, nos motores a reação a queima do combustível ocorre juntamente com um comburente, sendo que a forma com que esse comburente é captado classificará os motores a reação em **aerotérmicos** e **não aerotérmicos**. (ABREU, 2013, P. 136).

Os motores aerotérmicos se diferenciam dos não aerotérmicos por utilizarem como comburente o ar aspirado pelo motor durante o seu deslocamento. Já os não aerotérmicos, possuem seu próprio reservatório de oxigênio, não necessitando de ar atmosférico para combustão. (ABREU, 2013, p. 136).

⁹Disponível em: <<http://www.avioesmusicas.com/um-motor-turbofan-e-igual-a-um-turboelice-encapado.html>>. Acesso em 17 mar. 2018.

Figura 8: Motor Foguete não aerotérmico



Fonte: Motor Foguete.¹⁰

Ao longo do tempo, os motores aeronáuticos foram sendo aperfeiçoados de acordo com às diversas aplicações. Segundo Ribeiro Apud Abreu (2013) os principais tipos de motores aeronáuticos a reação são descritos a seguir:

2.1.2.1 Estado-Jato ou Estado-Reator

No motor Estado-jato, a difusão¹¹ é utilizada para fazer o aumento da pressão na entrada da câmara de combustão. Assim, o Estado-jato não tem peças móveis, mas requer uma velocidade deslocamento inicial de cerca de 250 Kt¹², ou seja, este motor é utilizado para aumentar a velocidade de artefatos que já estejam se deslocando. (RIBEIRO APUD ABREU, 2013, P. 137)

Por este motor não possuir peças móveis e necessitar de velocidade inicial de 250 Kt aproximadamente, ele é utilizado apenas em aparelhos que já possuem um outro modo de

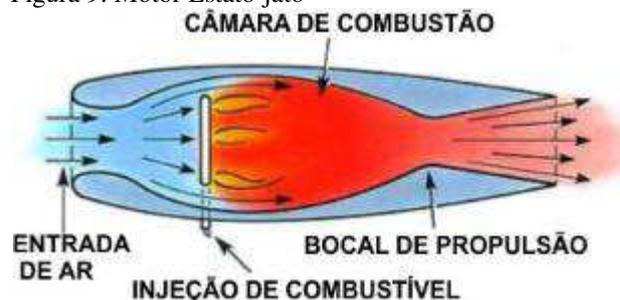
¹⁰ Disponível em: <<https://escola.britannica.com.br/levels/fundamental/article/foguete/482384>>. Acesso em 17 mar. 2018.

¹¹ Difusão: "A difusão de um gás é o seu espalhamento em outro meio gasoso"
FOGAÇA. **Difusão e Efluxão de Gases.** Disponível em:
<<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/difusao-efusao-dos-gases.htm>>. Acesso em 17 mar. 2018.

¹² Kt: Abreviação de knot. Unidade de medida de 1 milha náutica por hora que é equivalente a 1,852 km/h.

propulsão inicial. Portanto, ele é utilizado apenas como meio de incremento de tração. (ABREU, 2013 p. 137).

Figura 9: Motor Estato-jato



Fonte: Motor Estato-Jato.¹³

2.1.2.2 Pulso-Jato

Também conhecido como motor intermitente ou motor ressonante, este motor possui na entrada um sistema de válvulas que se mantêm fechadas por ação de molas. (RIBEIRO APUD ABREU, 2013, p. 137).

Na fase de admissão, o forte impacto do ar na entrada do motor associado à redução da pressão na parte interna do motor ocorrida após a combustão produz uma diferença de forças maior que a ação de molas que mantinha as válvulas fechadas, fazendo com que as válvulas se abram, permitindo a entrada de mais ar para dar prosseguimento à combustão.

No que se refere à fase de compressão, a mesma ocorre por difusão e, em seguida, temos a expansão com o fechamento das válvulas, e, por fim, o escapamento dos gases. O ciclo pulsante deste motor é de aproximadamente 50 Hz¹⁴ que, apesar de torná-lo extremamente barulhento, proporciona uma tração contínua, mas com alto consumo de combustível. (RIBEIRO APUD ABREU, 2013, P. 139)

2.1.2.3 Turbo-Jato

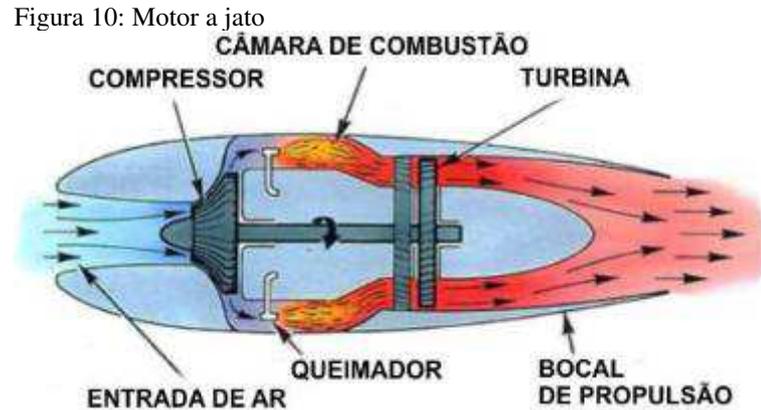
O motor turbo-jato apresenta os conceitos de motor a reação propriamente dito. É a base para outros tipos de motores a reação, nos quais a barreira de pressão na parte frontal é

¹³ Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFRTYAF/projeto-micro-turbina>>. Acesso em 17 mar. 2018.

¹⁴ Hz: Abreviação de Hertz, medida de frequência equivalente a um ciclo por segundo.

feita por um compressor, movido por uma turbina acionada pela expansão dos gases na exaustão do motor.

Devido ao fato do empuxo deste motor ser produzido unicamente pela exaustão dos gases, são também conhecidos como jato puro. (RIBEIRO APUD ABREU, 2013, p. 140).



Fonte: Motor a jato.¹⁵

2.1.2.4 Turbofan

Atualmente, este é o motor mais utilizado na aviação comercial devido às suas vantagens sobre o jato puro.

O motor Turbofan possui uma ventoinha (fan), o qual é basicamente uma hélice carenada na sua parte frontal. Esta hélice possui diâmetro menor que o de uma hélice convencional de um motor a pistão, porém apresenta um número muito maior de pás que giram na mesma rotação que o conjunto compressor turbina. De toda a tração produzida pelo motor, entre 30% e 80% é produzida pelo fan. Do total de ar admitido pelo motor, cerca de 20% apenas é utilizado na queima de combustível e refrigeração das câmaras de combustão, e o restante passa pelo fan e posteriormente por um by-pass¹⁶ produzindo propulsão aerodinâmica e uma barreira em torno do motor que auxilia na redução do ruído. (ABREU, 2013, p. 141).

A figura 7 apresentada no item 2.1.2 ilustra um motor Turbofan.

¹⁵ Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFRTYAF/projeto-micro-turbina>>. Acesso em 17 mar. 2018.

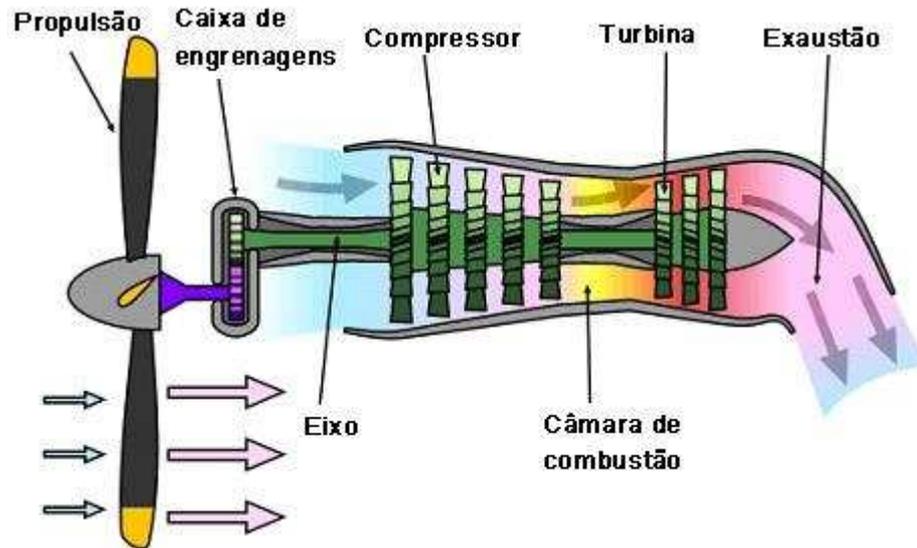
¹⁶ By-pass: “Termo da língua inglesa que significa contornar, desviar, passagem secundária ou caminho alternativo”. **Significados**. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/bypass/>>. Acesso em 17 mar. 2018.

2.1.2.5 Turbo-Hélice

Em motores turbo-hélice, a principal finalidade da turbina a jato é fazer girar a hélice diretamente ou por meio de uma turbina-livre. Os motores turbo-hélices geralmente são mais complexos, conseqüentemente pesados que os turbo-jatos, e possuem também, maior quantidade de peças móveis. A principal vantagem destes motores é que possuem maior tração em baixas velocidades e consumo de combustível bem menor em baixas altitudes.

O escapamento dos gases em motores turbo-hélices não ocorre diretamente para trás, já que este não tem a finalidade de produzir tração, mas sim mover a turbina livre, que como já visto moverá a hélice. (ABREU, 2013, p. 142).

Figura 11: Esquema motor Turbo-Hélice



Fonte: Motor Turbo-Hélice.¹⁷

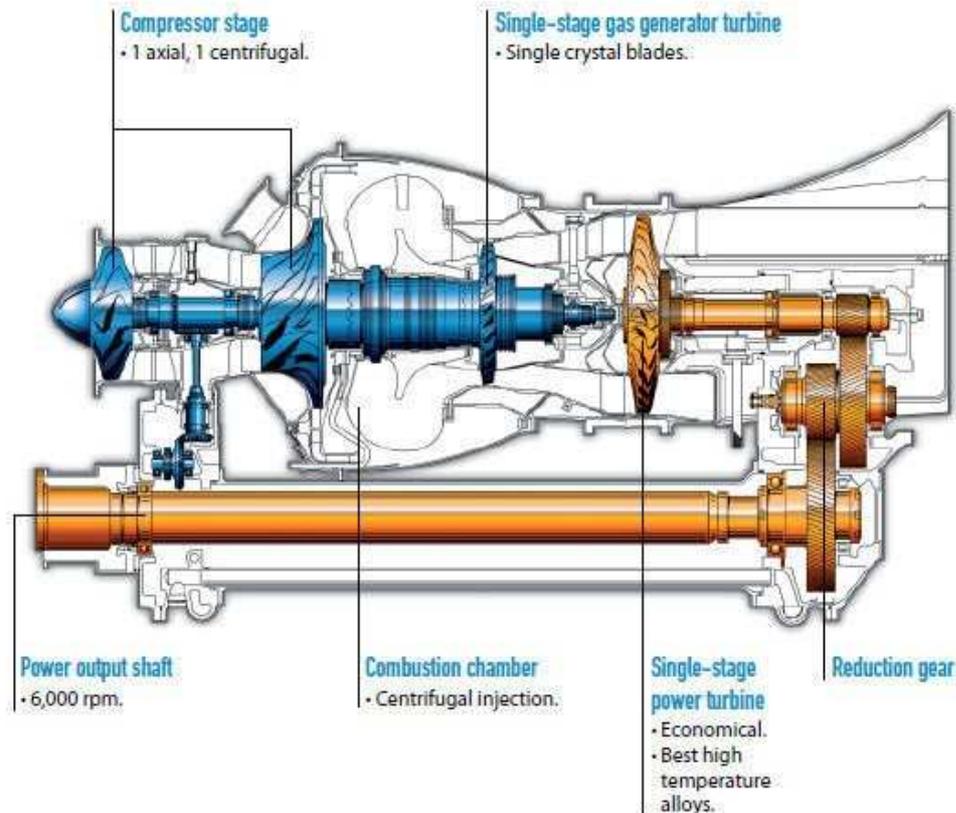
2.1.2.6 Turbo-Eixo

Na mesma forma que o motor a reação turbo-hélice, “nos motores turbo-eixo a turbina principal tem a finalidade primária de acionar um eixo em detrimento à geração de propulsão por reação”, Abreu (2013, p. 143), e este eixo, movimenta qualquer dispositivo que

¹⁷ Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Turbo-H%C3%A9lice.JPG#filehistory>>. Acesso em 17 mar. 2018.

não seja uma hélice. A aplicação deste motor na aviação se dá principalmente nos helicópteros para produzir torque nos rotores principal e de cauda.

Figura 12: Motor Turbo-Eixo de helicóptero



Fonte: Turbo-Eixo Helicóptero.¹⁸

2.1.2.7 Prop-Fan

A designação prop-fan é utilizada para classificar motores aeronáuticos a reação que utilizavam ventoinhas tipo os turbo-fans, porém descarenadas. É importante observar que este tipo de motor foi projetado para ter maior eficiência, porém apresentou alguns problemas relacionados às ventoinhas descarenadas. (ABREU, 2013, P. 144)

De acordo com Ribeiro Apud Abreu (2013, p. 16), “os motores prop-fan foram pesquisados na década de 80 como uma solução para o problema da crise de petróleo, já que apresentaria maior eficiência”.

¹⁸ Disponível em: <<http://www.aeroexpo.online/pt/prod/safran-helicopter-engines/product-170453-925.html>>. Acesso em 17 mar. 2018.

Figura 13: Motor Prop-Fan



Fonte: Prop-Fan.¹⁹

2.1.2.8 Motores Híbridos

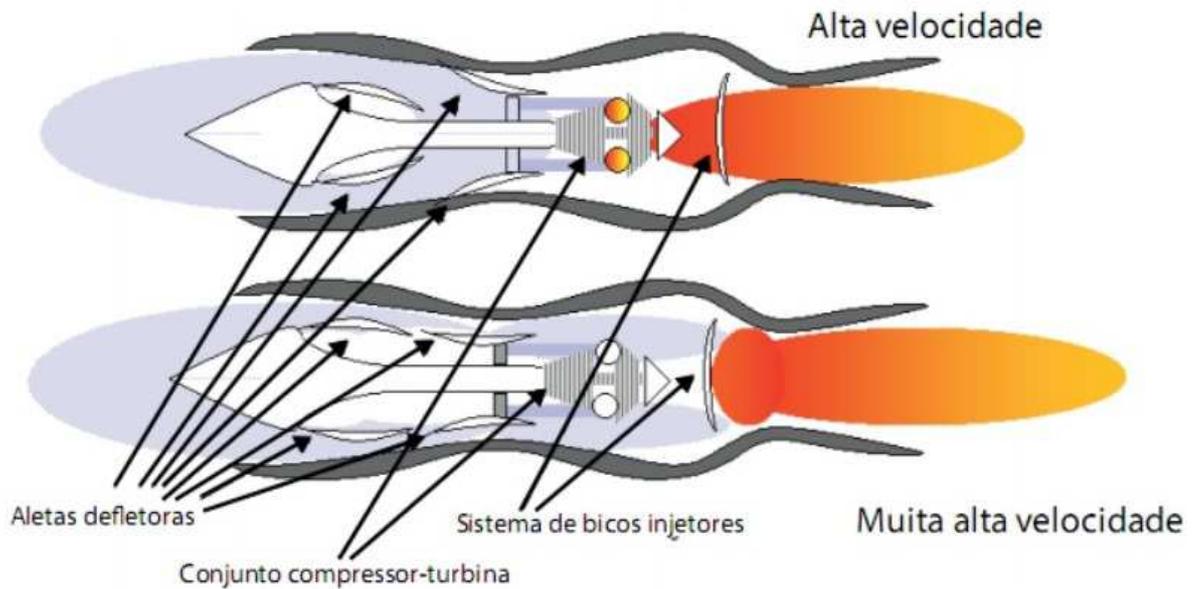
Como cada motor apresenta características próprias e melhor desempenho em determinadas situações, os motores híbridos são a tentativa de ampliar a faixa de operação destes motores, unindo as vantagens de um ou mais tipos de motores.

O motor híbrido **turbo-estato-reator** combina vantagens de um motor turbo-jato com a do motor estato-jato, que funciona a partir de uma determinada velocidade, a qual é obtida a partir da ação da parte turbo-jato do sistema.

Nas Aeronaves com motor turbo-estato-reator, ao ser atingida a velocidade adequada, um conjunto de aletas que integra o sistema do motor desvia o fluxo de admissão para que o sistema estato-jato passe a funcionar, possibilitando que a aeronave atinja velocidades muito superiores, caso utilizasse apenas o motor turbo-jato. (ABREU, 2013, P. 145)

¹⁹ Disponível em: <<http://www.b-domke.de/AviationImages/Propfan/0810.html>>. Acesso em 17 mar. 2018.

Figura 14: Motor Turbo-Estato-Reator



Fonte: Motores de aviação convencionais e a reação. (ABREU, 2013, p. 145)

Outro tipo de motor híbrido é o motor **turbo-foguete**, além de possuir turbina e compressor, este motor possui também um reservatório e sistema de injeção de oxigênio como o motor foguete. Desta maneira, pode operar em condições de baixíssima pressão atmosférica. O referido motor possui também entrada de ar e utiliza o ar admitido para resfriamento da seção quente do motor. (ABREU, 2013, p. 146)

2.2 COMBUSTÍVEL DE AERONAVES DE MOTOR A REAÇÃO

De acordo com dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (2016), o Brasil é o maior consumidor de combustíveis de Aviação da América Latina, e os produtos especificados para uso em aeronaves no país são o Querosene de Aviação (QAV), a Gasolina de Aviação²⁰ (AVGAS) e o biocombustível de aviação.

²⁰ AVGAS: Aviation Gasoline ou Gasolina de Aviação. Utilizada em aeronaves de motores a pistão na aviação geral, predominantemente em atividades como instrução de voo, clubes de aviação e aviação privada (Tradução Nossa). SHELL. **AVGAS**. Disponível em: <<https://www.shell.com/business-customers/aviation/aviation-fuel/avgas.html>>. Acesso em 17 mar. 2018.

2.2.1 Querosene de Aviação

O querosene de aviação, também conhecido como Jet-A1 ou QAV, é um derivado de petróleo obtido por processos de refino como o fracionamento por destilação atmosférica, contendo cadeias de 11 a 12 carbonos e utilizado em motores movidos a turbina.

Há diversos tipos de querosene de aviação comercializados no mundo. As diferenças se dão principalmente pela região de utilização, ponto de fulgor e ponto de congelamento – havendo adequações do produto às questões de segurança e necessidades específicas, como por exemplo, uso militar.

A expressiva evolução da indústria aeronáutica determina atualizações sistemáticas nas especificações dos combustíveis de aviação, caracterizando-as como as mais dinâmicas em relação a todos os produtos derivados de petróleo. As exigências de segurança são fatores importantes para a produção, controle e manuseio do QAV, uma vez que desvios de qualidade podem resultar em acidentes aéreos. (ANP – Agência Nacional de Petróleo, 2016, Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis/1856-combustiveis-de-aviacao>>. Acesso em 20 mai. 2018)

No Brasil, a especificação do querosene de aviação é determinada pela Resolução ANP nº 37/2009²¹.

2.2.2 Biocombustíveis de Aviação

Conforme Casagrande (2015), o Brasil é um dos pioneiros ao utilizar a cana-de-açúcar para a produção de biocombustível de aviação. Apesar de possuir a mesma matéria-prima que o etanol automotivo, o processo de fabricação e o produto final são diferentes. O biocombustível derivado da cana-de-açúcar é mais limpo que o atual combustível fóssil, além de não exigir nenhuma adaptação na aeronave, nos motores ou mesmo na rede de abastecimento, já que para ser certificado e poder abastecer as aeronaves, o combustível renovável deve ter as mesmas características do combustível derivado do Petróleo.

Além da cana-de-açúcar, outras matérias primas também podem ser utilizadas para produção de combustíveis alternativos, tais matérias primas podem ser renováveis ou não renováveis. Como renováveis temos óleo vegetal, gordura animal e biomassa como resíduos de colheita e restos de madeira, já os não renováveis podem ser carvão e gás natural (METRON AVIATION INC, 2014, p. 1 Tradução Nossa).

²¹ANP. **Resolução ANP nº37, de 1º.12.2009.** Disponível em: <<http://www.br.com.br/wcm/connect/7d587576-74e9-49eb-a431-e96b6508f508/aviation-resol-anp-qav.pdf?MOD=AJPERES&CVID=le4TIsR>>. Acesso em 17 mar. 2018.

Combustíveis alternativos possuem diferentes características ambientais e econômicas, dependendo da matéria-prima e tecnologias utilizadas no processo.

De acordo com regras internacionais de uso do produto, o biocombustível de aviação pode ser usado no Brasil voluntariamente em mistura com o QAV fóssil, desde que seguindo parâmetros e percentuais estabelecidos em resolução pela ANP. (ANP, 2016).

Atualmente, a American Society for Testing and Materials – ASTM adota critérios rigorosos para a aceitação de mistura de biocombustíveis com o querosene de aviação (QAV) de origem fóssil. Estes Critérios procuram garantir a qualidade do combustível antes e depois da mistura com o QAV, para que não haja necessidade de nenhuma alteração nos equipamentos e sejam atendidos os mesmos parâmetros de segurança na utilização em aeronaves comerciais de grande porte. Quando necessário, as normas de controle incluem parâmetros diferentes dos comumente analisados no QAV derivados de petróleo. (ANP – Agência Nacional de Petróleo, 2016, Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biocombustiveis-de-aviacao>>. Acesso em 20 mai. 2018)

De acordo com a ASTM, três tipos de biocombustíveis de aviação foram estabelecidos, a saber:

Podem ser misturados ao querosene de aviação em até 50% em volume:

SPK (Synthesized paraffinic kerosine), chamado de querosene parafínico sintético:

- SPK hidroprocessado por Fischer-Tropsch²² (SPK-FT);
- SPK de ésteres e ácidos graxos hidroprocessados (SPK-HEFA²³-hydroprocessed esters and fatty acids);

Pode ser misturado ao querosene de aviação em até 10% em volume:

- SIP (Synthesized iso paraffinic), chamado de querosene isoparafina que é obtido da fermentação de açúcares utilizando microrganismos geneticamente modificados.

A ANP regulamenta o uso voluntário de biocombustíveis nos respectivos percentuais determinados pela norma americana ASTM D6751²⁴, através da Resolução ANP nº 63/2014²⁵.

²² Processo Fischer-Tropsch: Processo utilizado para se converter carvão, gás natural ou biomassa em combustível líquido tais como diesel e biocombustível para aviação a jato. (METRON AVIATION INC, 2014, p. 1 Tradução Nossa)

²³ HEFA: Processo em que óleo vegetal ou gordura animal são convertidos em combustíveis líquidos. (METRON AVIATION INC, 2014, p. 1 Tradução Nossa)

2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE COMBUSTÍVEL PARA MOTORES A REAÇÃO

O combustível aeronáutico, além de prover energia térmica para a combustão e consequentemente empuxo no caso dos motores a reação, possui outras características que o definem como um fluido multi-função. (ROLLS-ROYCE, 2015, p. 10). Ele também é utilizado para troca de calor com partes e/ou fluidos mais quentes, como óleo do motor, por exemplo. Pode ser utilizado como fluido hidráulico, já que em alguns motores, partes internas são movidas utilizando-se a força do combustível. E por fim, ele é utilizado também como um fluido lubrificante, já que as bombas de combustíveis das asas utilizam o próprio combustível como fonte de lubrificação.

Conforme Rolls Royce (2015), além destas características, os combustíveis possuem outras propriedades chave, a saber:

- Densidade de energia;
- Ponto de fulgor;
- Estabilidade térmica;
- Faixa térmica de operação;
- Características de combustão;
- Compatibilidade de materiais;

Todas estas propriedades, impactam diretamente nos motores quanto a:

- Performance;
- Segurança;
- Confiabilidade;
- Partidas frias;
- Acionamento em voo;
- Emissão de poluentes;
- Certificação;
- Manutenção; etc.

²⁴ ASTM. **ASTM D6751-Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels**. Disponível em: <<https://www.astm.org/Standards/D6751.htm>>. Acesso em 17 mar. 2018.

²⁵ ANP. **Resolução ANP nº63, de 05/12/2014**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=278197>>. Acesso em 17 mar. 2018.

Complementando a respeito das propriedades dos combustíveis, temos que:

Para ser aceitável para uso nas atuais infraestruturas de combustíveis e equipamentos, novos combustíveis considerados deverão ser capazes de atender às especificações para os motores atuais e sistemas de combustíveis, incluindo características ambientais, tais como limitação de enxofre e emissão de gases. (METRON AVIATION INC, 2014, p.11 Tradução Nossa)

De forma geral, as especificações do combustível, definem as “Propriedades, performance, composição, limitações nas fontes de materiais e processos [de fabricação]” (ROLLS-ROYCE, 2015, p.4). Já as especificações são responsáveis pela “mínima qualidade do combustível, a base para contratos de compra, e um balanço entre usuário e produtor (ROLLS-ROYCE, 2015, p.4). Por fim, as especificações técnicas nem sempre estabelecem um “controle adequado de todas as propriedades, previsão de comportamento do combustível sob certas condições do sistema [utilização], e regras de desenvolvimento de sistemas atuais e futuros” (ROLLS-ROYCE, 2015, p.4).

2.3.1 Normas e Padrões Técnicos de Combustível

No Brasil, compete à ANP (Agência Nacional de Petróleo), regular as atividades relativas à indústria do petróleo, gás natural e seus derivados e biocombustíveis.

Conforme Resolução ANP nº 37, de 1º.12.2009, artigo 1º:

Fica estabelecida, por meio da presente Resolução, a especificação do querosene de aviação, destinado exclusivamente ao consumo em turbinas de aeronaves, comercializado por produtores, importadores, distribuidores e revendedores, em todo o território nacional, consoante as disposições contidas no Regulamento Técnico ANP nº 6/2009, parte integrante desta Resolução.

E ainda, conforme regulamento técnico ANP nº 6/2009, em seu item 1, temos:

Este Regulamento Técnico aplica-se ao Querosene de Aviação QAV-1, denominado internacionalmente JET A-1, destinado exclusivamente ao consumo de turbinas de aeronaves e comercializado em todo o território nacional e estabelece sua especificação.

Relativo aos biocombustíveis, temos que conforme Resolução ANP nº 63, de 5.12.2014, artigo 1º:

Ficam estabelecidas as especificações dos Querosenes de Aviação Alternativos e do Querosene de Aviação B-X (QAV B-X) contidas no Regulamento Técnico, parte integrante desta Resolução, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam esses produtos em todo o território nacional.

Anexo a esta Resolução, temos o Regulamento Técnico ANP nº 05/2014, que em seu item 1, define:

Este Regulamento Técnico estabelece as especificações dos Querosenes de aviação Alternativos SPK-FT, SPK-HEFA e SIP, e suas misturas com o Querosene de Aviação (QAV-1).

No Anexo A desta monografia, é apresentado o Regulamento Técnico ANP nº 6/2009, que contém as normas relativas e especificações técnicas para o QAV-1 (Jet A-1).

Para os biocombustíveis, SPK-FT, SPK-HEFA e SIP, o Anexo B contém o Regulamento Técnico ANP nº 05/2014, que traz normas relativas e especificações técnicas pertinentes.

2.4 TIPOS DE CONTAMINAÇÃO DE COMBUSTÍVEL

Conforme definição da IATA (2017), combustível contaminado:

Significa combustível que sofreu contaminação cruzada²⁶ por outros produtos, incluindo outros tipos de combustíveis ou aditivos, que podem deixar o combustível fora de especificação, combustível que contenha níveis inaceitáveis de partículas ou água, [...] ou contenha níveis inaceitáveis de crescimento microbiológico. (IATA, 2017, p. 11 – Tradução Nossa).

Portanto, conforme IATA (2017), as principais formas de contaminação de combustível são:

²⁶ Contaminação cruzada: Quando o combustível entra em contato com outro produto em recipiente que não sofreu limpeza prévia adequada.

- Outros combustíveis
- Aditivos
- Partículas estranhas
- Água
- Crescimento Microbiológico

Combustíveis aeronáuticos, também podem ser classificados como fora de especificação, quando testes de qualidade forem realizados de forma incorreta como também em equipamentos de laboratório não calibrados.

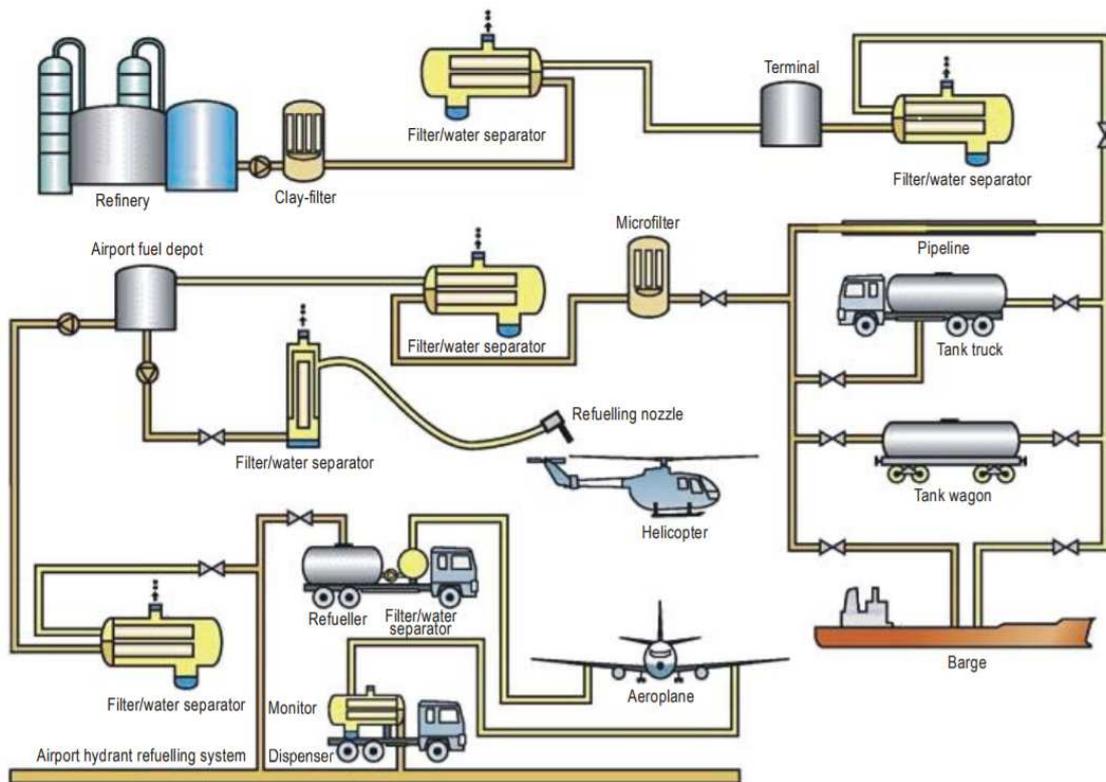
Ainda conforme a IATA (2017), a contaminação pode ocorrer em vários elementos da cadeia de distribuição de combustível, conforme a seguir:

- a) Refinaria: Uso incorreto e/ou inadvertido de aditivos, decantação ou limpeza de tanque insuficiente para remoção de impurezas ou água, amostragem incorreta, procedimentos de teste incorretos e falta de calibração de equipamentos de laboratório.
- b) Oleoduto: Sequência de distribuição inadequada, falta de manutenção efetiva, raros ou inefetivos pontos de drenagem, falta de documentação de testes e/ou de rastreabilidade.
- c) Transporte marinho: Seleção inadequada da embarcação, sequência de carregamento e descarregamento inadequada, separação de carga inadequada, uso incorreto ou inadvertido de aditivos a bordo, uso de tubulações de carregamento não dedicadas, drenagem e limpeza inadequada além da falta de documentação de testes e/ou de rastreabilidade.
- d) Filtragem: Filtros de especificação incorreta ou instalados incorretamente, manutenção inadequada e testes diários e instalação incorreta de equipamentos auxiliares.
- e) Tanques de armazenamento: Design de construção incorreto, dificultando ou até impossibilitando a drenagem de água e remoção de impurezas. Drenagem e remoção de impurezas inadequada e ainda a falta de inspeção e limpeza dos tanques.
- f) Transporte por rodovia ou via férrea: Quebra ou manuseio incorreto de equipamentos críticos, contaminação cruzada, falta de decantação e drenagem

antes do descarregamento, falta de documentação de testes e/ou de rastreabilidade.

g) Veículos nos aeroportos: Quebra ou manuseio incorreto de equipamentos críticos, testes inadequados durante carregamento e abastecimento.

Figura 15: Esquema do sistema de suprimento e distribuição, da refinaria até a aeronave.



Fonte: Sistema de Suprimento e Manutenção.²⁷

Quanto a contaminantes, os combustíveis aeronáuticos produzidos ou distribuídos no Brasil, deverão atender as Resoluções nº37 e nº63 da ANP, que regulamentam sobre os combustíveis e biocombustíveis respectivamente.

²⁷ Disponível em: <<https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2477.pdf>>. Acesso em 17 mar. 2018.

2.4.1 Contaminação por Outros Derivados de Petróleo

Segundo o site de pesquisas Skybrary, desenvolvido pelo Eurocontrol em parceria com a International Civil Aviation Organization (ICAO), Flight Safety Foundation (FSF) e outras organizações, se:

[...] um lote de combustível para aviação se encontra contaminado com outro produto derivado de petróleo, na medida em que os requisitos de especificação já não são mais cumpridos, não há mais formas de tratamento e o combustível deverá retornar à refinaria para reprocessamento. No entanto, existem situações em que uma quantidade muito pequena de mistura de produtos pode ocorrer sem que a especificação seja comprometida, porém se o contaminante for um surfactante²⁸, é necessário cautela, pois o efeito pode ser a degradação da separação de água. (Disponível em: <https://skybrary.aero/index.php/Fuel_Contamination>. Acesso em 31 mai. 2018. Tradução Nossa).

Relativo aos surfactantes, estes componentes diminuem a capacidade dos sistemas de distribuição de remover impurezas e água, pois as reduzem em partículas tão pequenas possibilitando a passagem destas pelos filtros. (METRON AVIATION INC, 2014, p. 16 Tradução Nossa).

2.4.2 Contaminação por Partículas

Apesar do uso crescente de revestimentos protetores nas superfícies internas dos tanques de combustível e tubulações feitas predominantemente de aço e suas ligas, a principal fonte de contaminação por partículas é a ferrugem. Mesmo a presença de pequena quantidade de água, garante que em algum momento do processo de distribuição haverá contaminação por ferrugem.

Outras fontes de contaminação por partículas, incluem sólidos como poeira e pólen que entram nas ventilações do tanque de combustível durante o voo e pedaços de borracha e fibras que entram através de mangueiras e filtros danificados. Detritos celulares e detritos de infestação microbial também podem contaminar os tanques de combustíveis. (SKYBRARY, FUEL CONTAMINATION, 2016 Tradução nossa).

²⁸ Surfactante: “Substância que aumenta as propriedades lubrificadoras de um líquido abaixando a tensão superficial deste.” DICIONÁRIO DO AURÉLIO. **Surfactante**. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/surfactante>>. Acesso em 17 mar. 2018.

2.4.3 Contaminação por Água

Conforme Skybrary (2016, tradução nossa) “o acúmulo de água é quase inevitável em combustíveis estocados, mesmo que haja pouca água na entrega do combustível ao aeroporto, por causa do grande número de oportunidades que a humidade tem para se formar”. Estas oportunidades incluem água livre em pontos baixos da tubulação, água de chuva que passa através de vedações defeituosas de tanques, e ainda, a própria variação de temperatura do combustível dentro dos tanques ao longo do dia, modifica as condições de condensação de água.

Conforme ASTM apud Petro Value (2008) a água no combustível pode ocorrer de diferentes formas:

- Dissolvida no combustível, normalmente esta água não pode ser removida do combustível;
- Suspensa ou dispersa no combustível. Água dispersa no combustível pode ser detectada a olhos nus. As pequenas gotas de água no combustível refletem a luz e em grande concentração dão ao combustível um aspecto turvo ou embaçado;

A contaminação por água livre, mesmo em pequenos traços, pode afetar os motores e a operação das aeronaves, particularmente pela formação de gelo. O combustível, portanto, deve ser testado quanto a presença de água ao longo de toda a cadeia de distribuição (METRON AVIATION INC, 2014, p. 15 Tradução Nossa).

2.4.4 Contaminação Microbiológica

Conforme a ICAO (2012), os combustíveis de aviação, sistemas de armazenamento, equipamentos de distribuição e tanques de combustível das aeronaves, podem se tornar contaminados por espécies microbiológicas (ou micróbios), e estes micróbios, podem:

[...] estragar o combustível, causar dano severo a equipamentos e criar bloqueios nos filtros e nas linhas de combustível. [...] contaminação por micróbios no combustível e em seus sistemas é real, séria e de custos caros com potencial impacto na segurança das operações aéreas. (ICAO, 2012, p. 3-4 Tradução Nossa).

Embora os combustíveis de aviação sejam estéreis quando produzidos, eles inevitavelmente se tornam contaminados com microrganismos que estão presentes tanto no ar como na água, e tais microrganismos incluem bactérias e fungos. (SKYBRARY, FUEL CONTAMINATION, 2016 Tradução nossa).

Quando tais microrganismos se estabelecem no combustível, problemas como corrosão, [...], diminuição da estabilidade do combustível, e deterioração das características de separação de água e combustível podem ocorrer. Uma evidência grosseira da presença de contaminação microbiológica pode incluir material suspenso no combustível ou na interface água-combustível, e ainda odor característico de ovo podre devido a presença de Sulfeto de Hidrogênio. (METRON AVIATION INC, 2014, p. 15, Tradução Nossa).

Tais microrganismos utilizam o combustível como alimento, e a água como fonte de oxigênio, conseqüentemente destruindo o combustível. Parte do alimento destas bactérias se torna biomassa e o restante em produtos derivados ou metabólitos, que por sua vez vão de dióxido de carbono a limo, contribuindo para a formação de lodo e/ou ácidos orgânicos, tornando o combustível e a água da parte inferior dos tanques corrosiva. (PETRO VALUE, 2008).

Uma vez que a água é necessária para o crescimento microbial, é imprescindível que o combustível seja mantido o mais “seco” possível através da drenagem frequente de qualquer água acumulada.

2.5 FORMAS DE DETECÇÃO DE CONTAMINANTES

Modernos sistemas de combustível de aviação requerem um combustível livre de água, impurezas e contaminantes. Como o combustível aeronáutico passa por uma vasta infraestrutura de distribuição e armazenamento, as chances de contaminação existem. Assim sendo, testes têm sido desenvolvidos para identificar diferentes tipos de contaminantes.

De acordo com a ASTM Apud Petro Value (2008), os principais tipos de testes de combustível, são os seguintes:

- Teste de Clareza e Brilho
- Detecção de água livre
- Detecção de partículas sólidas
- Detecção de contaminação microbiológica

- Teste de Densidade do combustível

2.5.1 Teste de Clareza e Brilho

Este teste consiste em visualmente verificar se o combustível possui aspecto claro e brilhante, sem partículas ou água visíveis.

Caso haja alguma evidência de contaminação no combustível, este não deverá ser utilizado e encaminhado para análise de laboratório.

2.5.2 Detecção de Água Livre

Mesmo que o teste visual não apresente indícios de contaminação por água, ainda existe a possibilidade de o combustível estar contaminado. A olho nu, pequenas quantidades de água podem estar tão bem dispersas que nem sempre são visíveis, sendo detectadas apenas com testes mais específicos.

No mercado, existem vários kits disponíveis para detecção de água livre, tais como: Velcon Hydrokit®, Shell Water Detector® and Metrocator®. Nestes produtos há uma substância que muda de cor na presença de água, indicando que a amostra de combustível está contaminada.

Um outro teste utilizado para verificação da presença de água, utiliza uma pasta que também muda de cor quando em contato com água. Este teste é utilizado para a medição da profundidade da camada de água em tanques de armazenamento, na qual uma fina camada de pasta é aplicada em uma haste e mergulhada até o fundo do tanque e retirada. A porção da pasta que entrou em contato com a água mudará de cor, indicando a presença e a espessura da camada de água.

2.5.3 Detecção de Partículas Sólidas

A principal fonte de contaminação por partículas nos combustíveis é a ferrugem. Frequentemente areia e poeira também podem ser encontradas. A principal fonte deste tipo de contaminação é proveniente da erosão e corrosão dos tanques de armazenamentos, tubulações conexões, erosão de bombas e qualquer outra fonte em contato com o combustível.

Uma inspeção regular e procedimentos de manutenção adequados devem assegurar que o combustível esteja limpo em todas as circunstâncias.

Com a finalidade de se atestar a pureza do combustível quanto a partículas sólidas, é utilizado principalmente o teste do filtro de membrana²⁹.

Neste teste, o combustível é filtrado por uma membrana que de acordo com a quantidade e tipo das impurezas, muda de cor. A intensidade da contaminação de combustível é feita comparando-se a membrana após o teste, com uma carta de cores padrão, que vai de 0 para o mais claro até 10 para o mais escuro.

Não há significância técnica nas numerações da tabela, a menos que comparada com testes anteriores. Uma mudança de 2 números de coloração é preocupante e o motivo deverá ser investigado.

2.5.4 Detecção de Contaminação Microbiológica

Micro-organismos podem entrar no combustível de aviação de várias formas como ar, água fresca ou do mar, juntas de vedação defeituosas, entre outros. A contaminação microbiológica causa danos significantes ao sistema de combustível, devido a formação de lodo e corrosão, afeta o funcionamento adequado dos equipamentos e conseqüente perda de performance.

Desde que a água é necessária para o crescimento microbial, a remoção de água do sistema de combustível é o método recomendado para limitar este tipo de contaminação.

Para o controle da contaminação biológica, exames visuais periódicos deverão ser realizados em amostras retiradas dos tanques de combustível. Sinais de material gelatinoso escuro e/ou pequenas partículas em flutuação no combustível podem ser sinais de contaminação e deverão ser analisados de forma criteriosa.

²⁹ASTM D 2276/IP-216 – Test Method for Particulate Contamination in Aviation Fuel by Line Sampling

Figura 16: Amostra de combustível contaminado



Fonte: (PETRO VALUE, 2008, p. 14)

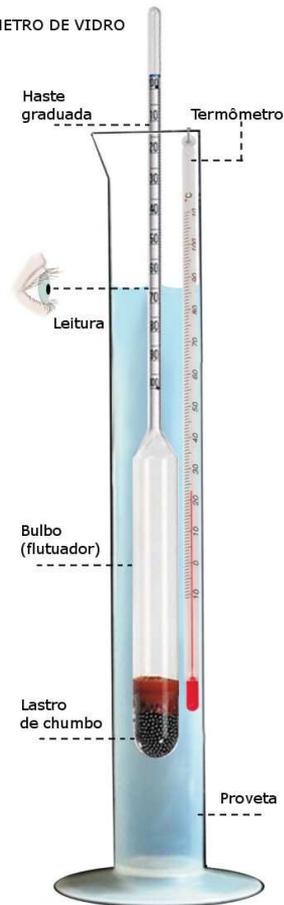
2.5.5 Teste de Densidade de Combustível

Tomando-se como base que o combustível aeronáutico possui uma densidade³⁰ entre 775 e 840 kg/m³ (conforme norma ASTM D1655), uma grande variação nestes parâmetros seja para mais ou para menos, indica contaminação por outras substâncias. Com a finalidade de se verificar tais parâmetros, é utilizado o Densímetro.

No momento do teste, também é verificado a temperatura do combustível, haja vista que ela também influenciará na densidade do combustível.

³⁰ A densidade (ou massa específica) é a relação entre a massa e o volume de determinado material (sólido, líquido ou gasoso). FOGAÇA. **Densidade.** Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/densidade.htm>>. Acesso em 17 mar. 2018.

Figura 17: Densímetro de Vidro



Fonte: Densímetro.³¹

2.6 PREVENÇÃO À CONTAMINAÇÃO

De acordo com a Flight Safety Foundation (2007), “muitos operadores acreditam erroneamente que se o combustível é obtido de uma revendedora de reconhecimento nacional, a reputação desta empresa é suficiente para a garantia de segurança”. Ou seja, o fato da fornecedora de combustível possuir garantia de qualidade nacional e muitas vezes internacional, não significa que o produto fornecido desta empresa esteja isento de contaminação.

Como visto nos tópicos anteriores, os dois principais contaminantes de combustíveis aeronáuticos são as partículas sólidas e a contaminação por água. Tais

³¹ Disponível em: <<https://ipemsp.wordpress.com/2015/11/09/o-densimetro-veja-para-que-serve/>>. Acesso em 17 mar. 2018.

impurezas, podem se misturar de diversas maneiras ao combustível, tanto por questões naturais como condensação dentro dos tanques ou falta de manutenção em equipamentos como uma vedação deficiente do bocal de abastecimento, o que facilita a entrada de poeira por exemplo.

Portanto, a principal forma de se prevenir a contaminação dos combustíveis, é realizar a filtragem das impurezas e evitar o acúmulo de água por meio da drenagem constante dos tanques de armazenamento.

2.7 OCORRÊNCIAS AERONÁUTICAS ENVOLVENDO COMBUSTÍVEL CONTAMINADO

2.7.1 O que é uma Ocorrência, Incidente e Acidente Aeronáutico

Conforme o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos³² (CENIPA) (2017), órgão central do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos³³ (SIPAER), temos as seguintes definições para:

- Ocorrência Aeronáutica:

Qualquer evento envolvendo aeronave que poderá ser classificado como acidente aeronáutico, incidente aeronáutico grave, incidente aeronáutico ou ocorrência de solo, permitindo ao SIPAER a adoção dos procedimentos pertinentes. (CENIPA, 2017, p. 14).

- Ocorrência Aeronáutica Complexa:

Ocorrência aeronáutica que resulte na perda significativa de vidas, que envolva questões de segurança do transporte aéreo público, ou que seja do interesse público. (CENIPA, 2017, p. 14).

- Ocorrência Anormal:

³² CENIPA: O Decreto nº 87.249 de 7 de junho de 1982, dispõe sobre o SIPAER e dá outras providências, estabelece em seu art. 2º o órgão central do SIPAER.

³³ Compete ao SIPAER: “planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de Investigação e de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos”, nos termos do art. 86 do CBA.

Circunstância que não se configura uma ocorrência aeronáutica e que não afeta a segurança da operação na qual a aeronave, seus sistemas, equipamentos ou componentes não funcionam, ou não são operados de acordo com as condições previstas, exigindo a adoção de medidas técnicas corretivas. (CENIPA, 2017, p. 14).

Acidente Aeronáutico:

Toda ocorrência aeronáutica relacionada à operação de uma aeronave tripulada, havida entre o momento em que uma pessoa nela embarca com a intenção de realizar um voo até o momento em que todas as pessoas tenham dela desembarcado ou; no caso de uma aeronave não tripulada, toda ocorrência havida entre o momento que a aeronave está pronta para se movimentar, com a intenção de voo, até a sua parada total pelo término do voo, e seu sistema de propulsão tenha sido desligado e, durante os quais, pelo menos uma das situações abaixo ocorra:

a) uma pessoa sofra lesão grave ou venha a falecer como resultado de:

- estar na aeronave;

- ter contato direto com qualquer parte da aeronave, incluindo aquelas que dela tenham se desprendido; ou

- ser submetida à exposição direta do sopro de hélice, de rotor ou de escapamento de jato, ou às suas consequências.

NOTA 1 - Exceção será feita quando as lesões, ou óbito, resultarem de causas naturais, forem autoinfligidas ou infligidas por terceiros, ou forem causadas a pessoas que embarcaram clandestinamente e se acomodaram em área que não as destinadas aos passageiros e tripulantes.

NOTA 2 - As lesões decorrentes de um Acidente Aeronáutico que resultem óbito em até 30 dias após a data da ocorrência são consideradas lesões fatais.

b) a aeronave tenha falha estrutural ou dano que:

- Afete a resistência estrutural, o seu desempenho ou as suas características de voo; ou

- Normalmente exija a realização de grande reparo ou a substituição do componente afetado.

NOTA 3 - Exceção será feita para falha ou danos quando limitados a um único motor (incluindo carenagens ou acessórios), para danos limitados às hélices, às pontas de asa, às antenas, aos probes, aletas, aos pneus, aos freios, às rodas, às carenagens do trem, aos painéis, às portas do trem de pouso, aos para-brisas, aos amassamentos leves e pequenas perfurações no revestimento da aeronave, ou danos menores às pás do rotor principal e de cauda, ao trem de pouso, e aqueles danos resultantes de colisão com granizo ou ave (incluindo perfurações no radome).

NOTA 4 - O Adendo E do Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional apresenta uma lista de danos que podem ser considerados exemplos de acidentes aeronáuticos. Uma tradução livre desta lista encontra-se no Anexo B desta Norma.

c) a aeronave seja considerada desaparecida ou esteja em local inacessível.

NOTA 5 - Uma aeronave será considerada desaparecida quando as buscas oficiais forem suspensas e os destroços não forem encontrados. (CENIPA, 2017, p. 9).

- **Incidente Aeronáutico:**

Uma ocorrência aeronáutica, não classificada como um acidente, associada à operação de uma aeronave, que afete ou possa afetar a segurança da operação.

NOTA - Os tipos de incidentes que são de interesse principal à ICAO para estudos de prevenção de acidentes estão listados no Adendo C do Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional. Uma tradução livre desta lista encontra-se no Anexo B desta Norma. (CENIPA, 2017, p. 12).

- Incidente Aeronáutico Grave:

Incidente aeronáutico envolvendo circunstâncias que indiquem que houve elevado risco de acidente relacionado à operação de uma aeronave que, no caso de aeronave tripulada, ocorre entre o momento em que uma pessoa nela embarca, com a intenção de realizar um voo, até o momento em que todas as pessoas tenham dela desembarcado; ou, no caso de uma aeronave não tripulada, ocorre entre o momento em que a aeronave está pronta para se movimentar, com a intenção de voo, até a sua parada total pelo término do voo, e seu sistema de propulsão tenha sido desligado.

NOTA 1 - A diferença entre o incidente grave e o acidente está apenas nas consequências.

NOTA 2 - O Adendo C do Anexo 13 à Convenção sobre Aviação Civil Internacional apresenta uma lista de situações que podem ser consideradas exemplos de incidentes aeronáuticos graves. Uma tradução livre desta lista encontra-se no Anexo A desta Norma. (CENIPA, 2017, p. 12).

2.7.2 Acidente e Incidente Envolvendo Contaminação de Combustível

2.7.2.1 PP-EMO - 09/10/2014 - EMB-505 - Incidente

O trecho a seguir, foi retirado do Relatório Final Simplificado (SUMA) do CENIPA Nº I-215/CENIPA/2014. Trata-se de ocorrência de contaminação com aeronave EMB-505 (Embraer Phenom 300).

A aeronave decolou do Aeroporto Juscelino Kubitschek, município de Brasília, DF (SBBR), para o Aeroporto Pinto Martins, município de Fortaleza, CE (SBFZ), às 20h45min (UTC), para realizar um voo de transporte, com dois pilotos e dois passageiros a bordo. Durante a subida, ocorreu o acendimento das luzes "FUEL IMP BYP" referente à linha de combustível dos motores. Os pilotos seguiram os procedimentos descritos no *checklist*³⁴, retornaram e efetuaram o pouso em segurança em SBBR. (CENIPA, 2015, p. 2).

Posteriormente à ocorrência:

³⁴ Checklist: Em português "lista de verificação".

O operador efetuou contato com o fabricante da aeronave, a fim de identificar a origem do problema.

Durante a pesquisa feita por funcionários da EMBRAER sobre a causa do acendimento das luzes "FUEL IMP BYP", identificou-se a contaminação do combustível presente nos tanques da aeronave. Isso resultou no entupimento dos filtros do sistema de combustível de ambos os motores.

A contaminação foi identificada visualmente. Foi possível observar que o material encontrado nos tanques, janelas de inspeção e filtros, após evaporação do querosene, apresentava cor esbranquiçada e assemelhava-se a cristais de gelo.

O SERIPA VI tomou conhecimento que outras aeronaves, no mesmo período, passaram por processo de contaminação do sistema de combustível com características semelhantes.

Todos os eventos possuíam como ponto de convergência o abastecimento de JET A1 (Querosene de Aviação) realizado pelo Caminhão Tanque Abastecedor (CTA) 1477, na RABRA - Revenda de Aviação do Aeroporto de Brasília, localizada no pátio IV do Aeroporto Internacional de Brasília, operada pela empresa revendedora Aeroprest Comércio de Derivados de Petróleo Ltda.

Sendo assim, visando identificar o contaminante, foram coletados e encaminhados para análises laboratoriais os combustíveis da aeronave PP-EMO e de outra aeronave abastecida com o mesmo combustível (PR-IEI).

[...] as análises, realizadas no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), indicaram que o material depositado nas peças metálicas das aeronaves (PP-EMO e PR-IEI) e os respectivos elementos filtrantes eram um material amínico, compatível com ureia.

[...] Diante dos resultados das análises da amostra do aditivo ULTRASOLVE AC HF, coletada do CTA 1477, foram realizados exames do aditivo extraído de outros locais, porém, do mesmo lote. Os resultados obtidos atestaram a conformidade do produto.

Sendo assim, os esforços da investigação concentraram-se na identificação da forma como ocorreu a contaminação do aditivo utilizado no CTA1477.

[...] analisadas imagens e realizadas entrevistas com as pessoas envolvidas na última reposição de aditivo do CTA 1477, anterior ao início dos relatos de problemas com o combustível, foi identificado que o aditivo ULTRASOLVE AC HF foi contaminado com ARLA 32.

O ARLA 32 é um Agente Redutor Líquido Automotivo de Óxidos de Nitrogênio (NOx), necessário à tecnologia de Redução Catalítica Seletiva (SCR), presente nos veículos automotores a diesel, classificados como comerciais pesados e semipesados (acima de 16 toneladas) fabricados a partir de janeiro de 2012. O número 32 refere-se ao nível de concentração da solução de ureia (32,5%) em água desmineralizada.

O ARLA 32 não é um combustível ou um aditivo para combustível. Ele atua nos sistemas de exaustão como agente redutor de até 98% das emissões de óxidos de nitrogênio, transformando-os em vapor d'água e nitrogênio. (CENIPA, 2015, p. 5).

Figura 18: Material esbranquiçado nas janelas de inspeção de combustível.



Fonte: SUMA Nº I-215/CENIPA/2014, p. 2

Figura 19: Material esbranquiçado nos tanques de combustível do PP-EMO.



Fonte: SUMA Nº I-215/CENIPA/2014, p. 3

(PRIS)

Figura 20: Recipientes de ARLA 32 (FLUA) e de aditivo ULTRASOLVE AC HF



Fonte: SUMA Nº I-215/CENIPA/2014, p. 7

Figura 21: CTA 1477. Em destaque os reservatórios de aditivo e ARLA 32.



Fonte: SUMA Nº I-215/CENIPA/2014, p. 7

2.7.2.2 PR-ELO - 06/03/2011 - AS-350 B2 - Acidente

O trecho a seguir, foi retirado do Relatório Final A – 066/CENIPA/2013, que relata acidente com aeronave matrícula PR-ELO, modelo AS-350 B2 (Esquilo).

A aeronave realizava um voo entre as localidades de Catalão (SWKT) e Corumbá de Goiás (SWCD), ambas no Estado de Goiás. Pouco antes da chegada ao destino, ainda em voo de cruzeiro, o piloto observou o acendimento da luz de alarme *Fuel Filter* (filtro de combustível) e decidiu realizar o pouso. Após escolher um local sem obstáculos, o piloto prosseguiu para o pouso quando, na aproximação final, houve a parada total do motor. A aeronave chocou-se bruscamente contra o solo, parando sem tombar para qualquer lado, a cerca de treze metros do ponto de impacto inicial. (CENIPA, 2013, p. 6).

Posteriormente ao acidente:

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) realizou exames laboratoriais nas amostras de Querosene de Aviação (QAV-1) coletadas do filtro de combustível, do motor da aeronave e do reservatório do Posto de Abastecimento do Aeródromo de Catalão, GO.

Os Relatórios de Ensaio [...] da ANP indicaram discrepâncias nas amostras na característica “aspecto”, bem como atestaram que tanto o combustível encontrado na aeronave como o coletado do Posto de Abastecimento de Catalão estavam com presença de “turvidez” e “sujidades”, sendo considerados “não conformes” e fora das especificações previstas para o Querosene de Aviação.

As mesmas amostras de QAV-1 foram enviadas ao DCTA para análises complementares [...].

Os resultados encontrados revelaram a presença de “sujidades e água em suspensão” nas amostras coletadas da aeronave e “sujidades e água decantada” nas amostras do Posto de Catalão, GO.

[...] o posto abastecedor de SWKT não era homologado pela ANP para revenda de combustível de aviação, e o funcionário que realizou o abastecimento de QAV-1 na aeronave não realizou o teste visual de impurezas no combustível. O piloto também não solicitou a realização do teste.

[...] com base nos resultados das análises do combustível, que reprovaram tanto o combustível presente na aeronave, quanto o retirado do Posto de Abastecimento de Catalão, confrontados com os demais testes realizados no motor e na aeronave, é possível explicar as anormalidades apresentadas pelo motor desde o acendimento da luz *Fuel Filter* até a consumação do acidente.

A água, substância extremamente prejudicial para o desempenho de motores de aeronaves, misturada ao combustível pode causar perda de potência e apagamento do motor em voo.

No caso da aeronave PR-ELO, além das partículas de impurezas, a água presente no combustível passou pelo filtro de combustível e percorreu as linhas de alimentação, atingindo o motor da aeronave.

Salienta-se que, ressalvadas as diferenças de especificações requisitadas para cada tipo de aeronave, os filtros de combustíveis são geralmente concebidos com o sistema de *by-pass* associado, de forma que, a fim de prover margem de tempo para ações corretivas da tripulação, é preferível ter o motor em funcionamento, mesmo com combustível impuro, a ocorrer o seu apagamento instantâneo por um entupimento total do filtro. (CENIPA, 2013, p. 9).

Figura 22: Situação da aeronave matrícula PR-ELO após o acidente.



Fonte: Relatório Final A – 066/CENIPA/2013, p. 8

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito desta pesquisa foi demonstrar quais os principais fatores que afetam a pureza do combustível utilizado em aeronaves de motores a reação e, além disso, os principais tipos de contaminantes que podem ser encontrados no combustível utilizado por essas aeronaves.

Para tanto, inicialmente na pesquisa foi conceituado o que são aeronaves, os principais tipos de motores a reação e as características dos chamados “Querosenes de aviação”, que nada mais são que os combustíveis para motores a reação. Foi realizado também uma sucinta apresentação dos Biocombustíveis aeronáuticos, ou combustíveis alternativos.

Com relação aos contaminantes, foram apresentados quais seus principais tipos, formas de detecção e de prevenção de contaminação.

Com a finalidade de enfatizar a importância do tema abordado na pesquisa, são apresentadas duas ocorrências aeronáuticas cuja causa principal foi a utilização de combustível contaminado.

No decorrer da pesquisa, verificou-se que os principais tipos de contaminantes encontrados nos combustíveis são: água, aditivos, partículas estranhas e/ou microbiológicas, além de contaminação por outros tipos de combustíveis. Verificou-se também que as principais formas de prevenção à contaminação, são: a filtragem adequada em toda a cadeia de distribuição e utilização, e a drenagem constante de qualquer tipo de tanque de armazenamento de combustível.

Após tais conclusões, é possível verificar a importância desta pesquisa a todos os envolvidos direta ou indiretamente na aviação. Dos fabricantes aos mantenedores, do pequeno operador privado às grandes companhias aéreas.

Durante a realização da pesquisa, verificou-se a escassez de literatura técnica sobre o assunto na língua portuguesa, fazendo-se necessário também a utilização de material estrangeiro em língua inglesa, principalmente de origem americana e europeia.

Por fim, este trabalho não esgota o assunto relativo a combustíveis aeronáuticos contaminados em sua totalidade e outras linhas de pesquisa ainda podem ser aprofundadas, tais como: Quais problemas podem acontecer nos motores devido à utilização de combustível contaminado? Como a contaminação de combustível influencia na durabilidade dos equipamentos aeronáuticos? A contaminação de combustível pode causar corrosão nos

componentes e sistemas da aeronave? Os métodos de controle de qualidade empregados atualmente são suficientes para garantir a pureza e qualidade técnica do combustível aeronáutico?

REFERÊNCIAS

ABREU, Hélio Luís Camões de. **Motores de aviação convencionais e a reação**. Livro Didático. Palhoça: UnisulVirtual, 2013

AERONAVE. In: DICIONÁRIO DO AURÉLIO. Disponível em:
<<https://dicionariodoaurelio.com/aeronave>>. Acesso em 17 abr. 2018.

ALMEIDA, C. A.; FARIAS, J.L.; SANTOS, Luís C. B.; SANTOS, Flávio F.; AZEVEDO, C. P. C.; MATHEUS, F. L.; SERRA, L. A. **Ocorrências Aeronáuticas: Panorama Estatístico da Aviação Brasileira – Aviação Civil 2006-2015**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília 2016. Disponível em:
<<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/estatisticas/panorama?download=121:panorama-estatistico-da-aviacao-brasileira>>. Acesso em 23 abr. 2018.

ASTM. **ASTM D2276/IP-216 – Test Method for Particulate Contamination in Aviation Fuel by Line Sampling**. Disponível em: <<https://www.astm.org/Standards/D2276.htm>>. Acesso em 19 mar, 2018.

_____. **ASTM D6751-Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels**. Disponível em: <<https://www.astm.org/Standards/D6751.htm>>. Acesso em 17 mar. 2018.

BRASIL. ANP. **Biocombustíveis de Aviação**. Disponível em:
<<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biocombustiveis-de-aviacao>>. Acesso em 20 mai. 2018.

_____. ANP. **Combustíveis de aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis/1856-combustiveis-de-aviacao>>. Acesso em 20 mai. 2018.

_____. ANP. **Regulamento Técnico ANP N° 5/2014**. Disponível em:
<<http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu>>. Acesso em 19 mar. 2018.

_____. ANP. **Regulamento Técnico ANP N° 6/2009**. Disponível em:
<<http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu>>. Acesso em 17 mar. 2018.

_____. ANP. **Resolução ANP nº37, de 1º.12.2009**. Disponível em:
<<http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu>>. Acesso em 17 mar. 2018.

_____. ANP. **Resolução ANP nº63, de 5.12.2014**. Disponível em: <<http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu>>. Acesso em 17 mar. 2018.

_____. **Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986**. Dispõe sobre o código Brasileiro de Aeronáutica. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/leis/L7565.htm>. Acesso em 10 mar. 2018.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Relatório Final A – 066/CENIPA/2013**. 2013. Disponível em: <http://www.potter.net.br/media/xf/pt/pr_elo_06_03_11.pdf>. Acesso em 31 mai. 2018.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Relatório Final Simplificado N I-215/CENIPA/2014**. 2014. Disponível em: <http://www.potter.net.br/media/xf/pt/pp_emo_09_10_14_2.pdf>. Acesso em 31 mai. 2018.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica NSCA 3-13. **Protocolo de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil Conduzidas Pelo Estado Brasileiro**. 2017. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/nsca-norma-do-sistema-do-comando-da-aeronautica>>. Acesso em 17 mar. 2018.

_____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Segundo Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SERIPA II). **Boletim Informativo de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Região Nordeste**. 9. ed. 2013. Disponível em: <<http://www.abag.org.br/news/2013/documents/Cuidados-com-o-combustivel.pdf>>. Acesso em 31 mai. 2018.

BYPASS. IN: SIGNIFICADOS. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/bypass/>>. Acesso em 17 mar. 2018.

CAMPOS, Antônio Carlos Vieira de. **Conhecimento geral das aeronaves (asas fixas)**. Livro Didático. Palhoça: UnisulVirtual, 2011

CASAGRANDE, Vinícius. **Os desafios dos biocombustíveis**. Disponível em: <http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/os-desafios-dos-biocombustiveis_2115.html>. Acesso em 19 mar. 2018.

CEAB ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL. **Saiba porque o avião é o transporte mais seguro que existe**. Disponível em: <<https://ceabbrasil.com.br/blog/saiba-porque-o-aviao-e-o-transporte-mais-seguro-que-existe/#comments>>. Acesso em 10 fev. 2018

CONCORDE. Disponível em: <<http://www.avioesemicas.com/wp-content/uploads/2014/03/concorde-450x300.jpg>>. Acesso em 17 mar. 2018.

DENSÍMETRO. Disponível em: <<https://ipemsp.wordpress.com/2015/11/09/o-densimetro-veja-para-que-serve/>>. Acesso em 17 mar. 2018.

FAA, **Aviation Maintenance Technician Handbook-Powerplant**, Volume 1. Oklahoma: Airman Testing Standards Branch, 2012

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Densidade**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/densidade.htm>>. Acesso em 17 mar. 2018.

_____. **Difusão e Efusão de Gases**. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/difusao-efusao-dos-gases.htm>>. Acesso em 17 mar. 2018.

FSF. **AeroSafety World: Safeguarding the Fuel Supply**. Abril 2007. Disponível em: <https://flightsafety.org/asw/apr07/asw_apr07_p47-48.pdf>. Acesso em 7 mar. 2018

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002

IATA. **Aviation Fuel Supply Model Agreement**. 5. ed. Montreal- Geneva: 2017. Disponível em: <<https://www.iata.org/policy/infrastructure/Documents/afsma-2017.docx>>. Acesso em 5 mar. 2018

ICAO. **DOC 9977: Manual on Civil Aviation Jet Fuel Supply**. 2012. Disponível em: <<https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2477.pdf>>. Acesso em 9 mar. 2018

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. **"Terceira lei de Newton"**: Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/terceira-lei-newton.htm>>. Acesso em 17 de marco de 2018.

METRON AVIATION, INC. **R & D Control Study: Plan for Future Jet Fuel Distribution Quality Control and Description of Fuel Properties Catalog**. Dulles: 2014

MOTOR A JATO. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfRTYAF/projeto-micro-turbina>>. Acesso em 17 mar. 2018.

MOTOR A PISTÃO. Disponível em: <<http://www.aravia.com.ar/wp-content/uploads/wordpress/aerobatic.png>>. Acesso em 17 mar. 2018.

MOTOR ESTADO-JATO. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfRTYAF/projeto-micro-turbina>>. Acesso em 17 mar. 2018.

MOTOR FOGUETE. Disponível em:

<<https://escola.britannica.com.br/levels/fundamental/article/foguete/482384>>. Acesso em 17 mar. 2018.

MOTOR TURBOFAN. Disponível em: <<http://www.avioesemusicas.com/um-motor-turbofan-e-igual-a-um-turboelice-encapado.html>>. Acesso em 17 mar. 2018.

MOTOR TURBO-HÉLICE. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Turbo-H%C3%A9lice.JPG#filehistory>>. Acesso em 17 mar. 2018.

PETRO VALUE PRODUCTS CANADA, INC. **Aviation Fuel handling and Quality Control Procedures Manual**.2008. Disponível em:

<http://code7700.com/pdfs/fuel_handling_jet_fuel_quality_and_test_procedure_manual_petrovalue_aviation_2008.2_0.pdf>. Acesso em 19 fev. 2018

PLANADOR. Disponível em: <<http://iborntofly.blogspot.com.br/2010/02/aeronaves-conceitos.html>>. Acesso em 17 mar. 2018.

PROP-FAN. Disponível em: <<http://www.b-domke.de/AviationImages/Propfan/0810.html> >. Acesso em 17 mar. 2018.

ROLLS-ROYCE TRENT XWB. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Rolls-Royce_Trent_XWB >. Acesso em 17 mar. 2018.

ROLLS-ROYCE. **EASA Fuel Quality Seminar: Why Fuel Quality Matters**. 2015

SAINTIVE, Newton Soler. **Motores a Jato**. São Paulo: ASA Edições e Artes Gráficas Ltda, 2015

SANTOS, Paulo Roberto dos. **Segurança da Aviação**. Livro Didático. Palhoça: UnisulVirtual, 2016

SHELL. **AVGAS**. Disponível em: <<https://www.shell.com/business-customers/aviation/aviation-fuel/avgas.html>>. Acesso em 17 mar. 2018.

SISTEMA DE SUPRIMENTO E MANUTENÇÃO. Disponível em: <<https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2477.pdf>>. Acesso em 17 mar. 2018.

SKYBRARY. **Fuel Contamination**. 2016. Disponível em: <https://skybrary.aero/index.php/Fuel_Contamination>. Acesso em 19 mar. 2018.

SURFACTANTE. In: DICIONÁRIO DO AURÉLIO. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/surfactante>>. Acesso em 17 mar. 2018.

TURBO-EIXO HELICÓPTERO. Disponível em:

<<http://www.aeroexpo.online/pt/prod/safran-helicopter-engines/product-170453-925.html>>.

Acesso em 17 mar. 2018.

UFRGS – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Princípio de**

Arquimedes. Disponível em:

<<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20022/Jeferson/Arquimedes-1.htm>>. Acesso em 31 mai.

2018

ZEPPELIN. Disponível em:

<http://www.zeppeinflug.de/files/landingpage_fn/scenes/page_04/1920/layer_01.jpg>.

Acesso em 17 mar. 2018.

ANEXO A - REGULAMENTO TÉCNICO ANP N° 06/2009

REGULAMENTO TÉCNICO ANP Nº 6/2009

1. Objetivo

Este Regulamento Técnico aplica-se ao Querosene de Aviação QAV-1, denominado internacionalmente JET A-1, destinado exclusivamente ao consumo de turbinas de aeronaves e comercializado em todo o território nacional e estabelece sua especificação.

2. Composição

O querosene de aviação deve ser constituído exclusivamente de hidrocarbonetos derivados das seguintes fontes convencionais: petróleo, condensados líquidos de gás natural, óleo pesado, óleo de xisto e aditivos relacionados na Tabela I do Regulamento Técnico.

3. Normas Aplicáveis

A determinação das características do querosene de aviação será realizada mediante o emprego das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), "American Society for Testing and Materials" (ASTM) e "Energy Institute" (IP).

Os dados de precisão, repetitividade e reprodutibilidade, fornecidos nos métodos relacionados a seguir, devem ser usados somente como guia para aceitação das determinações em duplicata do ensaio e não devem ser considerados como tolerância aplicada aos limites especificados neste Regulamento.

A análise do produto deverá ser realizada em amostra representativa do mesmo, obtida segundo método ABNT NBR 14883 - Petróleo e Produtos de Petróleo - Amostragem manual ou ASTM D4057 - Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products e ASTM D 4306 - Standard Practice for Aviation Fuel Sample Containers for Tests Affected by Trace Contamination

As características incluídas na Tabela I anexa deverão ser determinadas de acordo com a publicação mais recente dos métodos de ensaio abaixo relacionados:

Quadro 1: Aparência

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP Nº 6/2009.

MÉTODO	TÍTULO
ABNT NBR 14921	Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro Saybolt
ASTM D156	Saybolt Color of Petroleum Products (Saybolt Chromometer Method)
ASTM D4176	Free Water and Particulate Contamination in Distillate Fuels (Visual Inspection Procedures)
ASTM D5452	Particulate Contamination in Aviation Fuels by Laboratory Filtration
ASTM D6045	Color of Petroleum Products by the Automatic Tristimulus Method

Quadro 2: Composição

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP Nº 6/2009.

MÉTODO	TÍTULO
ABNT NBR 6298	Gasolina, querosene de aviação e combustíveis destilados - Determinação de enxofre mercaptídico - Método potenciométrico.
ABNT NBR 6563	Gás liquefeito de petróleo e produtos líquidos de petróleo - Determinação do teor de enxofre - Método da lâmpada
ABNT NBR 14533	Gás liquefeito de petróleo e produtos líquidos de petróleo - Determinação do teor de enxofre - Método da lâmpada
ABNT NBR 14642	Combustíveis e solventes - Determinação qualitativa de enxofre ativo pelo ensaio Doctor
ABNT NBR 14932	Produtos líquidos de petróleo - Determinação dos tipos de hidrocarbonetos pelo indicador de adsorção por fluorescência

ASTM D1266	Sulfur in Petroleum Products (Lamp Method)
ASTM D1319	Hydrocarbon Types in Liquid Petroleum Product by Fluorescent Indicator Adsorption
ASTM D2622	Sulfur in Petroleum Products by Wavelength Dispersive X -ray Fluorescence Spectrometry
ASTM D3227	(Thiol Mercaptan) Sulfur in Gasoline, Kerosine, Aviation Turbine, and Distillate Fuels (Potentiometric Method)
ASTM D3242	Acidity in Aviation Turbine Fuel
ASTM D4294	Sulfur in Petroleum and Petroleum Products by Energy Dispersive X -ray Fluorescence Spectrometry
ASTM D4952	Qualitative Analysis for Active Sulfur Species in Fuels and Solvents (Doctor Test)
ASTM D5453	Determination of Total Sulfur in Light Hydrocarbons, Spark Ignition Engine Fuel, Diesel Engine Fuel, and Engine Oil by Ultraviolet Fluorescence
ASTM D6379	Determination of Aromatic Hydrocarbon Types in Aviation Fuels and Petroleum Distillates-High Performance Liquid Chromatography Method with Refractive Index Detection

Quadro 3: Volatilidade

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 6/2009.

MÉTODO	TÍTULO
ABNT NBR 7148	Petróleo e produtos de petróleo -Determinação da massa específica, densidade relativa e °API -Método do densímetro
ABNT NBR 7974	Produtos de petróleo - Determinação do ponto de fulgor pelo vaso fechado Tag
ABNT NBR 9619	Produtos de petróleo - Destilação à pressão atmosférica
ABNT NBR 14065	Destilados de petróleo e óleos viscosos - Determinação da massa específica e da densidade relativa por densímetro digital
ASTM D56	Flash Point by Tag Closed Cup Tester
ASTM D86	Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure
ASTM D1298	Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method
ASTM D3828	Flash Point by Small Scale Closed Cup Tester
ASTM D4052	Density and Relative Density of Liquids by Digital Density Meter

Quadro 4: Fluidez

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 6/2009.

MÉTODO	TÍTULO
ABNT NBR7975	Combustível de aviação - Determinação do ponto de congelamento
ABNT NBR10441	Produtos de petróleo -Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica
ASTM D445	Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)
ASTM D2386	Freezing Point of Aviation Fuels
ASTM D5972	Freezing Point of Aviation Fuels (Automatic Phase Transition Method)

ASTM D7153	Freezing Point of Aviation Fuels (Automatic Laser Method)
ASTM D7154	Freezing Point of Aviation Fuels (Automatic Fiber Optical Method)

Quadro 5: Combustão

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 6/2009.

MÉTODO	TÍTULO
ABNT NBR11909	Querosene - Determinação do ponto de fuligem
ASTM D1322	Smoke Point of Kerosine and Aviation Turbine Fuel
ASTM D1840	Naphthalene Hydrocarbons in Aviation Turbine Fuels by Ultraviolet Spectrophotometry
ASTM D3338	Estimation of Net Heat of Combustion of Aviation Fuels
ASTM D4809	Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method)
ASTM D4529	Estimation of Net Heat of Combustion of Aviation Fuels

Quadro 6: Corrosão

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 6/2009.

MÉTODO	TÍTULO
ABNT NBR14359	Produtos de petróleo - Determinação da corrosividade - Método da lâmina de cobre
ASTM D130	Corrosiveness to Copper Corrosion from Petroleum Products by Copper Strip Test

Quadro 7: Estabilidade

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 6/2009.

MÉTODO	TÍTULO
ASTM D3241	Thermal Oxidation Stability of Aviation Turbine Fuels (JFTOT Procedure)

Quadro 8: Contaminantes

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 6/2009.

MÉTODO	TÍTULO
ABNT NBR14525	Combustíveis - Determinação de goma por evaporação
ASTM D381	Gum Content in Fuels by Jet Evaporation
ASTM D3948	Determining Water Separation Characteristics of Aviation Turbine Fuels by Portable Separometer
IP 540	Determination of the existent gum content of aviation turbine fuel - Jet evaporation method

Quadro 9: Condutividade

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 6/2009.

MÉTODO	TÍTULO
ASTM D2624	Electrical Conductivity of Aviation and Distillate Fuels

Quadro 10: Lubricidade

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 6/2009.

MÉTODO	TÍTULO
ASTM D5001	Measurement of Lubricity of Aviation Turbine Fuels by the Ball-on-Cylinder Lubricity Evaluator (BOCLE)

Tabela 1: Especificação de Querosene de Aviação - QAV-1. (1)

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 6/2009.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODOS	
			ABNT NBR	ASTM
APARÊNCIA				
Aspecto	-	claro, límpido e isento de água não dissolvida e material sólido à temperatura ambiente	Visual	Visual D4176 (Procedimento 1)
Cor (2)	-	Anotar	14921 -	D156 D6045
Partículas contaminantes, máx. (3)	mg/L	1,0	-	D5452
COMPOSIÇÃO				
Acidez total, máx. mg	KOH/g	0,015	-	D3242
Aromáticos, máx. ou	% volume	25,0	14932	D1319
Aromáticos totais, máx. (4)	% volume	26,5	-	D6379
Enxofre total, máx.	% massa	0,30	6563 - 14533 -	D1266 D2622 D4294 D5453
Enxofre mercaptídico, máx. ou,	% massa	0,0030	6298	D3227
Ensaio Doctor (5)	-	negativo	14642	D4952
Componentes na expedição da refinaria produtora (6)				
Fração hidroprocessada	% volume	anotar	-	-
Fração severamente hidroprocessada	% volume	anotar	-	-
VOLATILIDADE				
Destilação (7)	°C		9619	D86
P.I.E. (Ponto Inicial de Ebulição)		anotar		
10% vol. recuperados, máx.		205,0		
50% vol. recuperados		anotar		

90% vol. recuperados		anotar		
P.F.E. (Ponto Final de Ebulição), máx.		300,0		
Resíduo, máx.	% volume	1,5		
Perda, máx.	% volume	1,5		
Ponto de fulgor, mín.	°C	40,0 ou 38,0	7974 -	D56 D3828
Massa específica a 20°C (8)	kg/m ³	771,3 - 836,6	7148 14065	D1298 D4052
FLUIDEZ				
Ponto de congelamento, máx	°C	- 47	7975 - - -	D2386 (9) D5972 D7153 D7154
Viscosidade a -20°C, máx.	mm ² /s	8,0	10441	D445
COMBUSTÃO				
Poder calorífico inferior, mín.	MJ/kg	42,80	-	D4529 D3338 D4809
Ponto de fuligem, mín. ou Ponto de fuligem, mín. e Naftalenos, máx.	mm % volume	25,0 19,0 3,00	11909 -	D1322 D1840
CORROSÃO				
Corrosividade ao cobre (2h a 100°C), máx.		1	14359	D130
ESTABILIDADE				
Estabilidade térmica a 260°C (11)			-	D3241
queda de pressão no filtro, máx.	mm Hg	25,0	-	-
depósito no tubo (visual)	-	< 3 (não poderá ter depósito de cor anormal ou de pavão)	-	-
CONTAMINANTES				
Goma atual, máx. (12)	mg/100 mL	7	14525	D381
Índice de separação de água, MSEP (13)			-	D3948
com dissipador de cargas estáticas, mín.	-	70		
sem dissipador de cargas	-	85		

estáticas, mín.				
CONDUTIVIDADE				
Condutividade elétrica (14)	pS/m	50 - 600	-	D2624
LUBRICIDADE				
Lubricidade, BOCLE máx. (15)	Mm	0,85	-	D5001
ADITIVOS (16)				
Antioxidante (17)	mg/L	17,0 - 24,0	-	-
Desativador de metal, máx. (18)	mg/L	5,7	-	-
Dissipador de cargas estáticas, máx. (19)	mg/L	5,0	-	-
Inibidor de formação de gelo (20)	% volume	0,10 - 0,15	-	-
Detector de vazamentos, máx. (21)	mg/kg	1,0	-	-
Melhorador da lubricidade		(22)	-	-

Observações:

(1) O produtor, importador, distribuidor e revendedor de querosene de aviação deverão assegurar que durante o transporte do produto não ocorrerá contaminação com biodiesel ou produtos contendo biodiesel.

(2) A Cor deverá ser determinada na produção e, no caso de produto importado, no tanque de recebimento após a descarga.

(3) Limite aplicável somente na produção. No caso de produto importado, a determinação deverá ser realizada no tanque de recebimento após a descarga e o resultado anotado no Certificado da Qualidade. No carregamento da aeronave será aplicado o limite estabelecido pela IATA - International Air Transport Association.

(4) Em caso de conflito entre os resultados de Aromáticos e Aromáticos Totais prevalecerá o limite especificado para aromáticos.

(5) Em caso de conflito entre os resultados de enxofre mercaptídico e de ensaio Doctor, prevalecerá o limite especificado para o enxofre mercaptídico.

(6) Deverá constar no Certificado da Qualidade emitido pelo Produtor: o percentual das frações hidroprocessada e severamente hidroprocessada de combustível na batelada, inclusive as não adições das frações mencionadas. Entende-se como fração severamente hidroprocessada aquela fração de hidrocarbonetos derivados de petróleo, submetida a uma pressão parcial de hidrogênio acima de 7.000 kPa durante a sua produção

(7) Embora o QAV-1 esteja classificado como produto do Grupo 4 no ensaio de Destilação, deverá ser utilizada a temperatura do condensador estabelecida para o Grupo 3.

(8) O valor da massa específica a 20°C deverá ser sempre anotado. A massa específica a 15°C poderá ser anotada adicionalmente para facilitar as transações comerciais internacionais. Para a temperatura de 15°C, aplicam-se os limites de 775,0 a 840,0 kg/m³.

(9) Em caso de conflito entre os resultados pelos diferentes métodos prevalecerá o resultado pelo método ABNT 7975/ASTM D2386.

(11) Poderá ser empregado na distribuição o método IP 540, aplicando-se o mesmo limite de especificação. A análise de consistência só se aplica à Goma Atual, quando utilizada, na produção e na distribuição, a mesma metodologia.

(12) Limite aplicável na produção. Na distribuição deverão ser observados os procedimentos contidos na ABNT NBR 15216.

(13) Limites exigidos no local, hora e temperatura de entrega ao comprador no caso de o combustível conter aditivo dissipador de cargas estáticas.

(14) Limite aplicado na produção. O controle da lubricidade aplica-se somente aos combustíveis que contêm mais que 95% de fração hidroprocessada, sendo que desta, no mínimo 20% foi severamente hidroprocessada. Esse controle é realizado, também, para todos os combustíveis que contêm componentes sintéticos, conforme a Defence Standard 91-91, Issue 6 (<http://www.dstan.mod.uk>).

(15) O Certificado da Qualidade e o Boletim de Conformidade devem indicar os tipos e as concentrações dos aditivos utilizados.

São permitidos apenas os tipos de aditivos relacionados na Tabela I deste Regulamento Técnico, qualificados e quantificados na edição mais atualizada da ASTM D1655 Standard Specification for Aviation Turbine Fuels e na Norma do Ministério da Defesa da Inglaterra denominada Defence Standard 91-91 (Defence Standard 91-91 do United Kingdom - Ministry of Defence – (<http://www.dstan.mod.uk>)).

(16) Se o combustível não for hidroprocessado, a adição do antioxidante é opcional. Neste caso, a concentração do material ativo do aditivo não deverá exceder a 24,0 mg/L. Se o combustível ou componente do combustível for hidroprocessado, a adição do antioxidante é obrigatória e a concentração do material ativo do aditivo deverá estar na faixa de 17,0 a 24,0 mg/L.

A adição do antioxidante deverá ser realizada logo após o hidroprocessamento e antes do produto ser enviado aos tanques de estocagem. Quando o combustível final for composto de mistura de produto hidroprocessado e não hidroprocessado, deverão ser anotados: a composição da mistura e os teores de aditivos utilizados nas frações hidroprocessada e não hidroprocessada, separadamente.

(17) O aditivo desativador de metal poderá ser utilizado para melhorar a Estabilidade térmica do Querosene de Aviação. Neste caso, deverão ser reportados os resultados da Estabilidade térmica obtidos antes e após a adição do aditivo.

A concentração máxima permitida na primeira aditivação é de 2,0 mg/L. Uma aditivação complementar posterior não poderá exceder ao limite máximo acumulativo de 5,7 mg/L.

(18) O aditivo dissipador de cargas estáticas poderá ser utilizado para aumentar a Condutividade elétrica do Querosene de Aviação.

A concentração máxima permitida na primeira aditivação é de 3,0 mg/L. Uma aditivação complementar posterior não poderá exceder a concentração máxima acumulativa especificada de 5,0 mg/L.

(29) É opcional a adição do aditivo inibidor de formação de gelo, mediante acordo entre o revendedor e o consumidor, desde que sejam atendidos os limites especificados na Tabela I.

(20) Quando necessário, o aditivo poderá ser utilizado para auxiliar na detecção de vazamentos no solo provenientes de tanques e sistemas de distribuição de querosene de aviação. Este aditivo deverá ser utilizado somente quando outros métodos de investigação forem exauridos.

(21) A adição do aditivo melhorador da lubricidade deverá ser acordada entre revendedor e consumidor, respeitados os limites para cada tipo de aditivo.

ANEXO B - REGULAMENTO TÉCNICO ANP Nº 05/2014

REGULAMENTO TÉCNICO ANP Nº 05/2014

1. Objetivo

Este Regulamento Técnico estabelece as especificações dos Querosenes de Aviação Alternativos SPK- FT, SPK-HEFA e SIP, e suas misturas com o Querosene de Aviação (QAV-1).

2. Definições

a) Hidroprocessamento: processo químico convencional em que o hidrogênio reage com compostos orgânicos na presença de catalisador para remover impurezas tais como oxigênio, enxofre, nitrogênio, para saturar hidrocarbonetos, ou para alterar a estrutura molecular dos hidrocarbonetos.

b) Componente Sintético da Mistura: composto principalmente por hidrocarbonetos lineares e/ou ramificados derivados de fontes alternativas às convencionais, tais como carvão, gás natural, biomassa, óleos e gorduras hidrogenados, por meio de processos de gaseificação, síntese "Fischer-Tropsch" e hidroprocessamento.

d) Querosene Parafínico Sintetizado (SPK, sigla em inglês): componente sintético da mistura que compreende essencialmente isoparafinas, n-parafinas e cicloparafinas.

e) Querosene parafínico sintetizado hidroprocessado por Fischer- Tropsch (SPK-FT): Querosene Parafínico Sintetizado obtido de um ou mais precursores produzidos pelo processo Fischer-Tropsch (FT), usando catalisadores de Ferro ou Cobalto.

f) Ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (SPK-HEFA, sigla em inglês): Querosene Parafínico Sintetizado obtido pela hidrogenação e desoxigenação de ésteres de ácidos graxos e ácidos livres com objetivo de remover essencialmente o oxigênio.

g) Iso-parafinas sintetizadas (SIP, sigla em inglês): componente sintético de mistura que é composto essencialmente de isoparafinas.

As especificações dos Querosenes de Aviação Alternativos SPK-FT e SPK-HEFA constam nas Tabelas I e II e do Querosene de Aviação SIP consta na Tabela III.

3. Normas Aplicáveis

A determinação das características do Querosene de Aviação Alternativo será realizada mediante o emprego das normas da ASTM International e Energy Institute.

A determinação das características das misturas do Querosene de Aviação Alternativo com o querosene de aviação será realizada mediante o emprego das normas da ASTM International, Energy Institute e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Os dados de precisão, repetitividade e reprodutibilidade, fornecidos nos métodos relacionados a seguir, devem ser usados somente como guia para aceitação das determinações em duplicata do ensaio e não devem ser considerados como tolerância aplicada aos limites especificados neste Regulamento.

A análise do produto deverá ser realizada em amostra representativa do mesmo, obtida segundo método ABNT NBR 14883 - Petróleo e Produtos de Petróleo - Amostragem manual ou ASTM D4057 - Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products e ASTM D 4306 - Standard Practice for Aviation Fuel Sample Containers for Tests Affected by Trace Contamination.

As características incluídas nas Tabelas 1 e 2 anexas deverão ser determinadas de acordo com a publicação mais recente dos métodos de ensaio abaixo relacionados:

Quadro 11: ABNT

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP Nº 5/2014.

MÉTODO	TÍTULO
NBR 7148	Petróleo e derivados de petróleo - Determinação da massa específica, densidade relativa e °API - Método do densímetro
NBR 7974	Produtos de petróleo - Determinação do ponto de fulgor pelo vaso fechado Tag
NBR 7975	Combustível de aviação - Determinação do ponto de congelamento
NBR 9619	Produtos de petróleo - Destilação à pressão atmosférica
NBR 14065	Destilados de petróleo e óleos viscosos - Determinação da massa específica e da densidade relativa pelo densímetro digital
NBR 14525	Combustíveis - Determinação de goma por evaporação

Quadro 12: ASTM

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 5/2014.

MÉTODO	TÍTULO
D56	Flash Point by Tag Closed Cup Tester
D86	Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure
D93	Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester
D381	Gum Content in Fuels by Jet Evaporation
D1298	Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method
D1319	Hydrocarbon Types in Liquid Petroleum Products by Fluorescent Indicator Adsorption
D2386	Freezing Point of Aviation Fuels
D2425	Hydrocarbon Types in Middle Distillates by Mass Spectrometry
D2622	Sulfur in Petroleum Products by Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry
D2710	Bromine Index of Petroleum Hydrocarbons by Electrometric Titration
D2887	Boiling Range Distribution of Petroleum Fractions by Gas Chromatography
D3241	Thermal Oxidation Stability of Aviation Turbine Fuels
D3242	Acidity in Aviation Turbine Fuel
D3338	Standard Test Method for Estimation of Net Heat of Combustion of Aviation Fuels
D3828	Flash Point by Small Scale Closed Cup Tester
D3948	Standard Test Method for Determining Water Separation Characteristics of Aviation Turbine Fuels by Portable Separator
D4052	Density and Relative Density and API gravity of Liquids by Digital Density Meter
D4629	Trace Nitrogen in Liquid Petroleum Hydrocarbons by Syringe/Inlet Oxidative Combustion and Chemiluminescence Detection
D4809	Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method)
D5001	Measurement of Lubricity of Aviation Turbine Fuels by the Ball-on-Cylinder Lubricity Evaluator (BOCLE)
D5291	Instrumental Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen in Petroleum Products and Lubricants
D5453	Determination of Total Sulfur in Light Hydrocarbons, Spark Ignition Engine Fuel, Diesel Engine Fuel, and Engine Oil by Ultraviolet Fluorescence
D5972	Freezing Point of Aviation Fuels (Automatic Phase Transition Method)
D6304	Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration
D6379	Determination of Aromatic Hydrocarbon Types in Aviation Fuels and Petroleum Distillates - High Performance Liquid Chromatography Method with Refractive Index Detection
D7153	Freezing Point of Aviation Fuels (Automatic Laser Method)
D7154	Freezing Point of Aviation Fuels (Automatic Fiber Optical Method)
D7359	Total Fluorine, Chlorine and Sulfur in Aromatic Hydrocarbons and Their Mixtures by Oxidative Pyrohydrolytic Combustion followed by Ion Chromatography Detection

	(Combustion Ion Chromatography-CIC)
UOP 389	Trace Metals in Organics by ICP-OES

Quadro 13: IP

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 5/2014.

MÉTODO	TÍTULO
IP 16	Determination of the Freezing Point of Aviation Fuels-Manual Method
IP 34	Determination of Flash Point - Pensky-Martens Closed Cup Method
IP 71 Section 1	Petroleum products-Transparent and opaque liquids - Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity
IP 123	Petroleum Products-Determination of Distillation Characteristics at Atmospheric Pressure
IP 160	Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products- Laboratory Determination of Density-Hydrometer Method
IP 170	Determination of Flash Point-Abel Closed-Cup Method
IP 299	Determination of bromine index - Electrometric titration method
IP 323	Determination of Thermal Oxidation Stability of Gas Turbine Fuels
IP 354	Determination of the Acid Number of Aviation Fuels - Colour-Indicator Titration Method
IP 365	Crude Petroleum and Petroleum Products - Determination of Density -Oscillating U-tube Method
IP 379	Determination of organically bound trace nitrogen - Oxidative combustion and chemiluminescence method
IP 406	Petroleum Products-Determination of Boiling Range Distribution by Gas Chromatography
IP 435	Determination of the Freezing Point of Aviation Turbine Fuels by the Automatic Phase Transition Method
IP 438	Petroleum products - Determination of water - Coulometric Karl Fischer titration method
IP 523	Determination of Flash Point-Rapid Equilibrium Closed Cup Method
IP 528	Determination of the freezing point of aviation turbine fuels - Automated fibre optic method
IP 529	Determination of the freezing point of aviation fuels - Automatic laser method
IP 540	Determination of the existent gum content of aviation turbine fuel - Jet evaporation method
IP 585	Determination of fatty acid methyl esters (FAME), derived from bio-diesel fuel, in aviation turbine fuel - GC- MS with selective ion monitoring/scan detection method
IP 590	Determination of fatty acid methyl esters (FAME) in aviation turbine fuel - HPLC evaporative light scattering detector method

Quadro 14: Outros Métodos

Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 5/2014.

MÉTODO	TÍTULO
Total X001	Test Method to Measure Saturated Hydrocarbons, Farnesane and Hexahydroxyfarnesol

Tabela 2: Especificações dos Querosenes de Aviação Alternativos SPK - FT e SPK - HEFA (1)
 Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 5/2014.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO		
			ABNT NBR	IP	ASTM
COMPOSIÇÃO					
Acidez total, máx.	mg KOH/g	0,015	-	354	D3242
VOLATILIDADE					
Destilação Física (2)	°C		9619	123	D86
P.I.E. (Ponto Inicial de Ebulição)		Anotar			
10% vol. recuperados, máx.		205,0			
50% vol. recuperados		Anotar			
90% vol. recuperados		Anotar			
P.F.E. (Ponto Final de Ebulição), máx.		300,0			
(90% vol. Recuperados) T90 - (10% vol. Recuperados) T10, mín		22,0			
Resíduo, máx.		% volume			
Perda, máx.					
Destilação Simulada					
10% vol. Recuperados (T10)	°C	Anotar	-	406 (3)	D2887
50% vol. Recuperados (T50)					
90% vol. Recuperados (T90)					
P.F.E. (Ponto Final de Ebulição), máx.					
Ponto de fulgor, mín.	°C	38,0	7974	170 (4) 523 (4)	D56 D3828 (4)
Massa específica a 15°C	kg/m ³	730 a 770	7148 14065	160 365	D1298 D4052
FLUIDEZ					
Ponto de congelamento, máx.	°C	- 40,0	7975 (5) - - -	16 (5) 435 529 528	D2386 (5) D5972 D7153 D7154
ESTABILIDADE					
Estabilidade térmica a 325°C					

Queda de pressão no filtro, máx.	mm Hg	25,0	-	323 (6)	4D3241
Depósito no tubo (visual)	-	< 3 (não poderá ter depósito de cor anormal ou de pavão)			
CONTAMINANTE					
Goma atual, máx. (7) (8)	mg/100 mL	7,0	14525	540	D381
Teor de biodiesel, máx. (8)	ppm	<5		585 590	-
ADITIVOS					
Antioxidante (9) (10)	mg/L	17,0 a 24,0		-	-

(1) O produtor de Querosene de Aviação Alternativo, o Produtor de Querosene de Aviação (QAV-1), o Distribuidor de Combustíveis de Aviação e o Importador deverão assegurar que durante o transporte do Querosene de Aviação Alternativo não ocorrerá contaminação com Biodiesel ou produtos contendo Biodiesel.

(2) Embora o combustível esteja classificado como produto do Grupo 4 no ensaio de Destilação, deverá ser utilizada a temperatura do condensador estabelecida para o Grupo 3.

(3) Metodologia aplicável apenas para determinação do limite do SPK-FT.

(4) O limite mínimo será de 36°C para esses métodos. Em caso de conflito entre os resultados oriundos de diferentes métodos, prevalecerá o resultado pelo método ASTM D56.

(5) Em caso de conflito entre os resultados oriundos de diferentes métodos, prevalecerá o resultado pelo método ABNT NBR 7975/ASTM D2386.

(6) Metodologia aplicável apenas para determinação do limite do SPK-HEFA.

(7) Poderá ser empregado na distribuição o método IP 540, aplicando-se o mesmo limite de especificação. A análise de consistência só se aplica à Goma Atual, quando utilizada, na produção e na distribuição, a mesma metodologia.

(8) Os limites das características goma atual e teor de Biodiesel devem ser atendidos apenas para o querosene de aviação Alternativo SPK-HEFA.

(9) A adição do antioxidante deverá ser realizada logo após o hidrocessamento e antes do produto ser enviado aos tanques de estocagem.

(10) O Certificado da Qualidade deve indicar o tipo e a concentração de aditivo utilizado. São permitidos apenas os tipos de aditivos antioxidantes, qualificados e quantificados na edição mais atualizada da ASTM D7566 - Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons.

Tabela 3: Outros requisitos detalhados dos Querosenes de Aviação Alternativos SPK-FT e SPK-HEFA (1)
Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 5/2014.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO	
			IP	ASTM
COMPOSIÇÃO DE HIDROCARBONETOS				
Cicloparafinas, máx.	% (m/m)	15		D2425
Aromáticos, máx.	% (m/m)	0,5		D2425
Parafinas	%(m/m)	Anotar		D2425
Carbono e hidrogênio, mín.	%(m/m)	99,5		D5291
COMPOSIÇÃO DE NÃO-HIDROCARBONETOS				

Nitrogênio, máx.	mg/kg	2	379	D4629
Água, máx.	mg/kg	75	438	D6304
Enxofre, máx.	mg/kg	15		D5453 D2622
Metais (Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V, Zn), máx.	mg/kg	0,1 por metal		UOP 389
Halogênios, máx.	mg/kg	1		D7359

Tabela 4: Especificações do Querosene Alternativo SIP
Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 5/2014.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO		
			ABNT NBR	IP	ASTM
COMPOSIÇÃO					
Acidez total, máx.	mg KOH/g	0,015	-	354	D3242
Hidrocarbonetos saturados, mín.	% (m/m)	98	-		X001
Farnesano, mín.	% (m/m)	97	-		X001
Hexahidroxifarnesol, máx.	% (m/m)	1,5	-		X001
Olefinas, máx.	mgBr2/100 g	300	-	299	D2710
Aromáticos, máx.	% (m/m)	0,5	-		D2425
Carbono e hidrogênio, mín.	% (m/m)	99,5	-		D5291
Nitrogênio, máx.	mg/kg	2	-	379	D4629
Água, máx.	mg/kg	75	-	438	D6304
Enxofre, máx.	mg/kg	2	- -		D5453 D2622
Metais (Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Sn, Sr, Ti, V e Zn), máx.	ppm	0,1 por metal	-		UOP389
Halogênios, máx.	mg/kg	1 por halogênio	-		D7359
VOLATILIDADE					
Destilação Física (2)	°C		9619	123	D86
P.I.E. (Ponto Inicial de Ebulição)		Anotar			
10% vol. recuperados, máx.		250,0			
50% vol. recuperados		Anotar			
90% vol. recuperados		Anotar			
P.F.E. (Ponto Final de Ebulição), máx.		255,0			

(90% vol. Recuperados) T90 - (10% vol. Recuperados) T10, mín		5,0			
Resíduo, máx.	% volume	1,5			
Perda, máx.					
Destilação Simulada					
10% vol. Recuperados (T10)	°C	Anotar	-	406 (3)	D2887
50% vol. Recuperados (T50)					
90% vol. Recuperados (T90)					
P.F.E. (Ponto Final de Ebulição), máx.					
Ponto de fulgor, mín.	°C	100	- -	34 523	D93 D3828
Massa específica a 15°C	kg/m ³	765 a 780	7148 14065	160 365	D1298 D4052
FLUIDEZ					
Ponto de congelamento, máx.	°C	- 60,0	7975 - - -	435 529 528 16	D2386 (5) D5972 D7153 D7154
ESTABILIDADE					
Estabilidade térmica a 355°C					
Queda de pressão no filtro, máx.	mm Hg	25,0	-	323 (6)	D3241
Depósito no tubo (visual)	-	< 3 (não poderá ter depósito de cor anormal ou de pavão)			
CONTAMINANTE					
Goma atual, máx. (7) (8)	mg/100 mL	7,0	14525	540	D381
Índice de separação de água, MSEP (13) sem dissipador de cargas estáticas, mín		85	-		D3948
COMBUSTÃO					
Entalpia de combustão, mín	MJ/kg	43,5	-		D3338 D4809
ADITIVOS					
Antioxidante (9) (10)	mg/L	17,0 a 24,0	-	-	-

Tabela 5: Requisitos adicionais para certificação do Querosene de Aviação B-X (QAV BX)
 Fonte: ANP. Regulamento Técnico ANP N° 5/2014.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO ASTM
COMPOSIÇÃO			
Aromáticos, mín. (1)	% volume	8,0	D1319
		8,4	D6379
VOLATILIDADE			
Destilação			D86 (2)
T50 (50% vol. Recuperados) - T10 (10% vol. Recuperados), °C, mín.	°C	15,0	
T90 (90% vol. Recuperados) - T10 (10% vol. Recuperados), °C, mín.		40,0	
LUBRICIDADE			
Lubricidade, BOCLE, máx	mm	0,85	D5001
FLUIDEZ			
Viscosidade a -40 °C, máx (3)	mm ² /s	12	D445/IP 71, Seção 1

(1) Atender um dos dois limites vinculado ao método indicado.

(2) Embora o combustível esteja classificado como produto do Grupo 4 no ensaio de Destilação, deverá ser utilizada a temperatura do condensador estabelecida para o Grupo 3.

(3) Aplicável ao Querosene de Aviação Alternativo SIP.