UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

LUAN VINÍCIUS TAVARES SANTOS

ENERGIAS ALTERNATIVAS PARA A AVIAÇÃO CIVIL

Palhoça

2017

LUAN VINÍCIUS TAVARES SANTOS

ENERGIAS ALTERNATIVAS PARA A AVIAÇÃO CIVIL

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. Hélio Luís Camões de Abreu, Esp.

Palhoça

2017

LUAN VINÍCIUS TAVARES SANTOS

ENERGIAS ALTERNATIVAS PARA A AVIAÇÃO CIVIL

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, 24 de novembro de 2017

_____

Orientador: Prof. Hélio Luís Camões de Abreu, Esp.

_____

Prof. Esp. Marcos Fernando Severo de Oliveira

AGRADECIMENTOS

A vida é feita de etapas, onde cada fase por qual passamos nos traz novas descobertas, novas alegrias, novos desafios. Agradeço, primeiramente, a Deus por me proporcionar mais uma conquista em minha vida. Ao meu tio Emerson e a minha tia Elisabete, que foram os meus maiores incetivadores e que me apoiaram nos momentos conturbados. Aos meus pais, Givaldo e Elineide, que me proporcionaram todas as ferramentas para a finalização desta etapa em minha vida. A minha amada irmã Camila, sempre me apoiando em todos os aspectos. A minha namorada Tallyta, por todo o incentivo e paciência, sempre me ajudando em todas as decisões. A todos meus familiares e amigos que estiveram sempre próximos, cada um sabe os momentos em que deixei de estar presente em momentos de alegria para me dedicar aos estudos. Ao meu professor e orientador Hélio que compartilhou sua sabedoria, sempre ajudando-me e me corrigindo na realização deste trabalho. E a todos os professores da Unisul os quais tive contato ao longo do curso, me proporcionando um aprendizado único. O meu verdadeiro obrigado a todos.

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo propiciar uma reflexão sobre as principais fontes de energias alternativas utilizadas na aviação civil e verificar as implicações do seu uso em substituição às atuais. Caracteriza-se como uma pesquisa exploratória realizada por intermédio de livros, artigos, reportagens. A abordagem utilizada foi qualitativa e quantitativa. A análise dos dados foi feita por meio dos assuntos apresentados de acordo com a fundamentação teórica. Entende-se que existem fontes de energias alternativas que podem ser utilizadas na aviação e que possam servir de substitutas para as fontes já existentes e predominantes, que são derivadas de combustíveis fósseis, objetivando assim a redução dos impactos causados ao meio ambiente e a implementação de um desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Aviação. Desenvolvimento Sustentável. Fontes de energia. Combustíveis. Meio ambiente.

ABSTRACT

The present study aims to provide a reflection on the main sources of alternative energy used in civil aviation and to verify the implications of its use in substitution to the current ones. It is characterized as an exploratory research conducted through books, articles, reports. The approach used was qualitative and quantitative. The analysis of the data was made through the subjects presented according to the theoretical basis. It is understood that there are alternative energy sources that can be used in aviation, and that can serve as substitutes for the existing and predominant sources, which are derived from fossil fuels, aiming at reducing the impacts caused to the environment and the implementation of sustainable development.

Keywords: Aviation. Sustainable development. Energy sources. Fuels. Environment.

LISTA DE SIGLAS

ABRABA	Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação
ANAC	Agência Nacional da Aviação Civil
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.
ASTM	American Society for Testing and Materials
AVGAS	Gasolina de aviação
CO2	Dióxido de Carbono
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
Jet A	Querosene de aviação (Utilizado nos EUA e Canadá)
Jet A-1	Querosene de aviação (Utilizado no mundo inteiro)
Jet B	Querosene de aviação (Utilizado apenas em regiões de extremo frio)
JET FUEL	Combustível aeronáutico para aeronaves movidas a motores à reação
QAV	Querosene de aviação (Designação utilizada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 9
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA 11
1.2 OBJETIVOS 11
1.2.1 Objetivo Geral 11
1.2.2 Objetivos Específicos 11
1.3 JUSTIFICATIVA 11
1.4 METODOLOGIA 12
1.4.1 NATUREZA E TIPO DA PESQUISA 12
1.4.2 MATERIAIS E MÉTODOS 13
1.4.3 Procedimentos de coleta de dados 14
1.4.4 Procedimentos de análise dos dados 14
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO 14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 15
2.1 CONCEITO DE ENERGIAS 15
2.2 FONTES DE ENERGIA UTILIZADAS NA AVIAÇÃO CIVIL 16
2.2.1 AVGAS 16
2.2.2 JET FUEL – QUEROSENE 17
2.2.3 DIESEL 18
2.3 MOTORES AERONÁUTICOS 18
2.4 FONTES DE ENERGIAS ALTERNATIVAS 20
2.4.1 BIOCOMBUSTÍVEIS 22
2.4.2 ETANOL 25
2.4.3 GREEN DIESEL 26
2.5 SUSTENTABILIDADE X DESEMPENHO E EFICIÊNCIA 27
2.6 DEMANDA E CUSTO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS 28
2.7 O CONSUMO DOS COMBUSTÍVEIS 29
2.8 FONTES ENERGÉTICAS INVIÁVEIS ATUALMENTE 31
3 ANÁLISE DOS RESULTADOS 33
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 35
REFERÊNCIAS 36

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, vivemos em uma sociedade moderna, onde a Aviação é essencial e indispensável, transportando pessoas e mercadorias pelo mundo de uma maneira rápida e segura, como nunca vista anteriormente.

Com o surgimento da aviação, o desenvolvimento dos motores a combustão foi de suma importância. O período, logo após a Primeira Guerra Mundial, deparou-se com o grande crescimento do desenvolvimento aeronáutico e, assim, o consequente desenvolvimento dos motores. A necessidade de se gerar maiores potências, sem o incremento de peso que comprometesse a relação peso-potência desses motores, foi uma das metas perseguidas por todos os engenheiros e projetistas. A partir disso, grandes desenvolvimentos foram sendo feitos até meados dos anos 1950. Desde o surgimento dos primeiros motores turbofan, o uso dos propulsores a jato se popularizou na indústria aeronáutica. (UBIRATAN, 2014)

Com a expansão do transporte aéreo, o mercado aeronáutico experimentou uma mudança dos motores empregados e o desafio passou a ser desenvolver e produzir propulsores mais leves e eficientes, provocando, desse modo, uma corrida tecnológica entre os principais fabricantes, com investimentos milionários em pesquisa e, por conseguinte, o início de um novo ciclo na forma de projetar e construir motores aeronáuticos, sobretudo para os grandes aviões. Atualmente, a empregabilidade dos motores aeronáuticos se resume na utilização de motores a combustão para a maior parte da aviação de pequeno porte e da aviação geral. Já para o transporte aéreo comercial em si, isto é, para as grandes aeronaves, que estão diretamente ligadas à eficiência e economia dos combustíveis, se resume na utilização dos motores a reação, amplamente empregados os motores Turbofan. (UBIRATAN, 2014)

Às claras, a Aviação Civil utiliza basicamente dois tipos de combustíveis. A gasolina de aviação (AVGAS) e o querosene de aviação (Jet Fuel). A gasolina de aviação é utilizada como fonte de combustível nos motores a pistão. Já o Jet Fuel, é utilizado como fonte de combustível nos motores à reação, onde existem dois tipos principais de querosenes empregados, o Jet A-1 e o Jet A, sendo a característica que os diferenciam a temperatura do ponto de congelamento mínimo mais alto.

No contexto ambiental, a utilização da gasolina de aviação e do querosene tem levado o mercado aeronáutico a procurar outros tipos de combustíveis menos poluentes e mais baratos, por conta do seu alto custo financeiro e do seu alto nível de poluição por meio da liberação de CO2. A tendência global de proteger o meio ambiente tem se tornado algo

decisivo no planejamento estratégico da Aviação Civil. Essa tendência é o resultado de alguns fatores, como o aumento das pressões governamentais sobre um melhor controle e diminuição dos níveis de ruído, o maior rigor no controle e na diminuição das emissões dos gases poluentes e, ainda, a tendência mundial de se adotar uma legislação padronizada e abrangente para a proteção ambiental, com adoção de níveis cada vez mais exigentes. (FIGUEIREDO, 2013)

A indústria da aviação é o setor de transporte que tem continuamente implementado melhoria de performance ambiental; porém, as constantes melhorias tecnológicas não vêm acompanhando o aumento de emissões, devido ao próprio crescimento do tráfego aéreo. As melhorias tecnológicas em emissões crescem 3% ao ano, à medida que o tráfego aéreo cresce 5%. A aviação é responsável por 3% das emissões globais de gás carbônico, entretanto, há perspectivas que indicam um substancial aumento desta participação. Até 2020, os aviões devem cortar metade dos ruídos e emissões de dióxido de carbono (CO2) e reduzir em 85% a poluição por óxidos de azoto (NOX), em relação aos níveis de 2000. (FIGUEIREDO, 2013)

Muitas pesquisas têm sido efetuadas no sentido da redução do consumo de combustíveis fósseis e a sua substituição por outros mais sustentáveis. Verifica-se que, só entre 1975 e 2003, a aviação colocou na atmosfera pelo menos 180 milhões de toneladas de CO2. Além disso, o combustível fóssil cria outros problemas, tais como névoas e chuva ácida, tendo como agravante ser uma fonte de energia não renovável. A quantidade utilizada de combustível fóssil ultrapassa, e muito, a que a natureza pode produzir por milhares de anos. Destarte, é essencial sua utilização eficiente, associada às pesquisas de outras fontes de combustíveis. (FIGUEIREDO, 2013)

A partir disso, o desenvolvimento de energias alternativas para a Aviação Civil é um elemento estratégico para o futuro do reabastecimento de aeronaves, objetivando dois motivos principais: diminuir a dependência de combustíveis fósseis e reduzir as emissões de gases de efeito estufa no mundo. (ANAC, 2013)

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Quais são as possíveis fontes de energias alternativas existentes que podem ser empregadas na Aviação Civil, e quais serão as implicações do seu uso em substituição às atuais?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar possíveis fontes de energias alternativas existentes que podem ser empregadas na Aviação Civil, e verificar as implicações do seu uso em substituição às atuais.

1.2.2 Objetivos Específicos

a) Definir o conceito de fontes de energias
b) Descrever os tipos de motores empregados na Aviação Civil
c) Identificar as fontes de energias atuais utilizadas na Aviação Civil brasileira e seus impactos ambientais
d) Discutir as fontes alternativas de energia para a Aviação Civil
e) Identificar as vantagens e desvantagens de cada fonte de energia

1.3 JUSTIFICATIVA

Fontes de energias renováveis é um tema que tem sido amplamente discutido ao longo das últimas décadas. As mudanças climáticas ocasionadas pelo aumento das emissões dos gases de efeito estufa, e ainda, aliado às incertezas sobre a disponibilidade dos combustíveis de origem fóssil, tem criado uma preocupação mundial com a preservação do

meio ambiente, levando assim a uma crescente demanda por fontes de combustíveis renováveis. O mundo passou a pensar em novas fontes de energia que agridam menos o meio ambiente, em todos os setores da indústria, quer seja nos automóveis, ou quanto na aviação.

Os modelos econômicos da contemporaneidade, mostraram-se agressivos a natureza, na medida que não estão preocupados e nem tem perspectivas de serem autossustentáveis, utilizando-se de recursos naturais escassos apenas como matéria prima visando o seu crescimento econômico.

Por mais que a Aviação Civil corresponda a apenas 2% das emissões totais de gases com efeito de estufa no mundo, ela está inserida nesta problemática ambiental, e, com isso, deve-se buscar novas alternativas economicamente e ambientalmente sustentáveis, na tentativa de se chegar a aceitáveis níveis de degradação ao meio ambiente. (ANAC, 2015)

Através deste estudo podemos contribuir com o entendimento da temática acima abordada, podendo assim originar novos questionamentos sobre a atividade acadêmica aeronáutica.

1.4 METODOLOGIA

De acordo com Minayo (2007, p. 43) a metodologia se interessa pela validade do caminho escolhido para se chegar ao fim proposto pela pesquisa; portanto, não deve ser confundida com o conteúdo (teoria) nem com os procedimentos (métodos e técnicas).

Diante do exposto, pode-se afirmar que a metodologia vai além da descrição dos procedimentos (métodos e técnicas a serem utilizados na pesquisa), indicando a escolha teórica realizada pelo pesquisador para abordar o objeto de estudo. No entanto, embora não sejam a mesma coisa, teoria e método são dois termos inseparáveis, “devendo ser tratados de maneira integrada e apropriada quando se escolhe um tema, um objeto, ou um problema de investigação. ” (Minayo, 2007, p.44)

1.4.1 NATUREZA E TIPO DA PESQUISA

O presente estudo caracteriza-se como **exploratório**, com procedimento bibliográfico e documental, e com abordagem tanto qualitativa, quanto quantitativa.

De acordo com Vergara (2000), a pesquisa exploratória é uma pesquisa de visão geral que permite ao leitor tomar ciência do assunto abordado.

O procedimento para coleta de dados caracteriza-se como **bibliográfico**, pois ela busca conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado sobre determinado assunto, tema ou problema. (Cervo e Bervian, 1983, p. 55) O procedimento **documental**, é quase sempre a base do trabalho de investigação; é aquele realizado a partir de documentos, contemporâneos ou retrospectivos, considerados cientificamente autênticos. (Santos, 2000)

Já a abordagem da pesquisa foi **qualitativa**, pois o conhecimento do pesquisador é parcial e limitado; o objetivo da amostra é de produzir informações aprofundadas e ilustrativas, seja ela pequena ou grande, importando mesmo é que seja capaz de produzir novas informações. (GOLDENBERG, 1997, p. 34) E foi também **quantitativa**, pois tem suas raízes no pensamento positivista lógico, tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana. (POLIT, BECKER E HUNGLER, 2004, p. 201)

1.4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais analisados foram:

Bibliográficos: Livros e periódicos que descrevem as fontes de energia existentes; fontes de energia utilizadas na aviação; tipos de motores aeronáuticos e seus combustíveis; Impacto ambiental causado por combustíveis fósseis; e exaustão dos gases do efeito estufa.

Documentais: Documentos diversos sobre as legislações regendo a Aviação Civil brasileira, que oferecem requisitos e padrões de procedimentos em relação ao tema proposto.

São eles:

- Documentos da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC);
- Documentos do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA);
- Reportagens em revistas aeronáuticas sobre os novos combustíveis alternativos no mundo para a aviação;
- Documentos disponibilizados nos sites dos fornecedores de combustíveis mundialmente reconhecidos;

1.4.3 Procedimentos de coleta de dados

Os procedimentos técnicos de coleta de dados utilizados durante os estudos foram pesquisa bibliográfica e documental, com coleta e registro de dados relevantes, por meio de fichamentos.

1.4.4 Procedimentos de análise dos dados

A análise de conteúdo é um compilado prático de ação onde se alcançam pontos extremos das formas de pesquisa, tanto quantitativa como qualitativa, sem desprezar o rigor exato dos números e estatísticas e nem as profundas reflexões da subjetividade humana. É um meio flexível com amplo espaço de aplicação, que abrange as pesquisas etnográficas, bibliográficas, fenomenológicas, dialéticas entre outras. A metodologia considera todas as formas de comunicação verbais ou não verbais, dependendo da perspicácia do investigador de lapidar esses conteúdos onde a metodologia o levará por caminhos mais precisos de compreensão e de interpretação dos dados, numa investigação dinâmica que pode estar repleta de nuances e significados. Os dados serão apresentados por meio de categorias de análises, quadros e gráficos, e, posteriormente, serão analisados de acordo com a fundamentação teórica, com fins de alcançar o objetivo proposto no presente estudo.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente estudo foi estruturado para atingir os objetivos propostos, tendo sido composto com a seguinte estrutura: No capítulo 1, apresenta-se a introdução, onde constam a problematização e problema da pesquisa, os objetivos, a justificativa e a metodologia. No capítulo 2, apresenta a fundamentação teórica, onde demonstra-se aspectos sobre os conceitos de fontes de energia e as fontes de energias alternativas utilizadas na aviação. Na sequência, o capítulo 3 destaca a apresentação, análise e discussão dos dados da pesquisa. O trabalho prossegue com a conclusão, seguido das referências.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONCEITO DE ENERGIAS

Em nosso planeta, inúmeras fontes de energia disponíveis são encontradas. Segundo Silva (2013), as fontes de energia podem ser divididas em renováveis e não renováveis. Fontes não renováveis, são os recursos naturais que podem se esgotar; não são renovados, e que seu esgotamento pode ser em pequeno ou à longo prazo. Temos como principais representantes o petróleo, o carvão mineral, o urânio e outros. Fontes renováveis são os recursos que não são limitados. Nessa categoria são destacados os biocombustíveis, hidrelétricas, energia solar, eólica e outras. Apesar disso, essas fontes energéticas podem ainda causar impactos ao meio ambiente.

Ainda segundo o autor, as fontes de energia podem classificar-se em fontes primárias e fontes secundárias. Fontes primárias de energia, são aquelas que ocorrem livremente na natureza, como os combustíveis fósseis, água, vento e radiação solar. Já as fontes secundárias são obtidas a partir das fontes primárias, por exemplo: do petróleo é retirada a gasolina, diesel e o querosene.

Atualmente, no mundo capitalista no qual estamos inseridos, a matriz energética mundial é baseada no consumo de fontes de energia não renováveis, que são os combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral, gás natural). Porém, ao longo das últimas décadas, os ambientalistas tem discutido bastante sobre este assunto, por conta do aumento dos gases do efeito estufa no planeta, agravando o fenômeno do aquecimento global. Assim, mudanças na matriz energética mundial devem ser feitas, e cada vez mais, fontes de energia renováveis estão sendo procuradas e implantadas ao redor do mundo. Segundo Silva (2013), os recursos não renováveis, são a base da matriz energética global, e, com o fenômeno do aquecimento global, seja no Brasil ou no mundo, é de suma importância que mudanças sejam discutidas. O ideal proposto é a mudança da matriz energética para as fontes alternativas advindas dos recursos renováveis, como biocombustível, energia solar e outras.

Fontes de energia são excepcionalmente importantes nas atividades humanas, pois produzem combustíveis e geram eletricidade, que servem para iluminar e movimentar máquinas, aviões, e outras aplicações. A utilização dos diversos tipos de energia facilita o

trabalho e a execução de diversas tarefas, tais como levantar pesos, mover obstáculos, transportar passageiros, ferver água, etc.

2.2 FONTES DE ENERGIA UTILIZADAS NA AVIAÇÃO CIVIL

Atualmente, os combustíveis de aviação são obtidos através da destilação do petróleo. De acordo com Homa (2011), à medida que a temperatura aumenta, o petróleo começa a liberar vapores que podem ser recolhidos através do resfriamento. Por início, são recolhidos os produtos mais voláteis, como o éter, a gasolina de aviação, a gasolina automotiva, e depois os menos voláteis, como o querosene, o diesel, etc. Geralmente, a gasolina é utilizada nos motores a pistão, e o querosene nos motores a reação. São classificados em três grupos principais, os combustíveis aeronáuticos atuais. Temos a AVGAS que é a gasolina da aviação, o Jet Fuel que é o querosene da aviação, e o Diesel.

2.2.1 AVGAS

A gasolina de aviação (AVGAS) é usada em aeronaves com motores a pistão, dentro da comunidade da Aviação Geral, Pilotos privados, aeronaves para treinamento de voo, aeroclubes, etc. Os motores a pistão operam usando os mesmos princípios básicos que os motores utilizados nos carros, porém, eles têm um requisito de desempenho muito maior. Igualmente como acontece com todas as gasolinas, a AVGAS é muito volátil, e é extremamente inflamável a temperaturas normais de operação. A AVGAS é definida principalmente pela classificação de octanas. A octanagem consiste na resistência à detonação de um determinado combustível utilizado em motores no ciclo de Otto. Quanto mais elevada a octanagem, maior será a capacidade do combustível ser comprimido, sob altas temperaturas, na câmara de combustão sem que ocorra a detonação. Duas classificações são aplicadas a gasolina de aviação (a classificação de mistura pobre e a classificação de mistura rica), o que resulta em um sistema de numeração múltipla, AVGAS 100/130 (neste caso, a classificação de desempenho da mistura pobre é 100 e a classificação da mistura rica é 130). No passado, haviam muitas classes diferentes de gasolina de aviação em uso, 80/87, 91/96, 100/130, 108/135 e 115/145. No entanto, com a demanda decrescente, elas foram simplificadas para

somente a AVGAS 100/130. Em 1999, um novo grau AVGAS UL82 foi introduzido, como uma classe de baixa octanagem adequada para motores de baixa compressão.

Sobre a AVGAS Figueiredo (2013, pg.1) ressalta que:

> O tipo de AVGAS mais utilizado pelos motores a pistão é o 100LL, ou 100 low lead, que contém menor teor de chumbo e menos octanagem do que o 100 e 130 octanas. Quanto mais elevada a octanagem, maior será a capacidade do combustível de ser comprimido, sob altas temperaturas, na câmara de combustão sem que ocorra a detonação. A capacidade antidetonante da AVGAS é garantida por um aditivo especial, chamado Etil-fluido. Devido aos problemas de manuseio, a AVGAS é evitada em grande parte na aviação comercial, uma vez que contém o chumbo tetraetila que, além de ser tóxico, é cancerígeno.

2.2.2 JET FUEL – QUEROSENE

É o combustível utilizado nas aeronaves com motores a reação (turbinas). De acordo com Figueiredo (2013), tem como requisito permanecer líquido e homogêneo até a zona de combustão das aeronaves, e apresenta resistência química e física às variações de temperatura e pressão, possuindo boas características lubrificantes, essencial nas altas rotações desenvolvidas por esses motores. A sua produção é feita por intermédio do fracionamento do petróleo, através de destilação a pressão atmosférica, seguido de tratamento, o que confere ao produto a qualidade adequada ao seu bom desempenho. Ainda segundo o autor, a especificação brasileira do QAV-1 é determinada pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), sendo compatível com o Aviation Fuel Quality Requirements for Operated Systems JET A-1 da ASTM International (American Society for Testing and Materials).

Os atuais combustíveis para motores a reação foram desenvolvidos a partir da querosene iluminante usada nos primeiros motores da turbina a gás. Esses motores precisavam de um combustível com boas características de combustão e alto teor energético. Os combustíveis de querosene utilizados na aviação civil hoje em dia são principalmente Jet A-1 e Jet A. Este último, tem um ponto de congelamento mais alto (mínimo de -40°C contra o mínimo de -47°C)

Jet A-1 é um tipo de combustível de querosene adequado para a maioria das aeronaves com turbina. Tem um ponto de inflamação mínimo de 38°C e um ponto de congelamento mínimo de -47 ° C.

Jet A é um tipo de combustível de querosene, apenas disponível normalmente nos Estados Unidos. Tem o mesmo ponto de inflamação do Jet A-1, mas um ponto de congelamento mínimo mais alto (-40 ° C).

Jet B é um destilado que compreende frações de nafta e querosene. Ele pode ser usado como uma alternativa ao Jet A-1, mas, pelo fato de ser mais difícil de manipular (maior inflamabilidade), existe uma demanda e disponibilidade muito pequena para este tipo de combustível. Sua única área significativa de uso, é em climas muito frios, como no norte do Canadá.

2.2.3 DIESEL

O diesel é um tipo de combustível derivado da destilação do petróleo bruto constituído basicamente por hidrocarbonetos. É um composto formado principalmente por átomos de carbono, hidrogênio, com baixas concentrações de enxofre, nitrogênio e oxigênio.

Figueiredo (2013) explica:

> A sua baixa volatilidade reduz o risco de incêndio e a formação de bolhas de vapor nas linhas de combustível (vapor lock), responsável por boa parte dos incidentes de parada ou perda de potência em voo nos motores a gasolina, especialmente em grandes altitudes e subidas rápidas. A utilização do combustível diesel na aviação brasileira não é ainda aprovada pelas autoridades de aviação civil em razão da qualidade variável do produto oferecido pelos produtores.

2.3 MOTORES AERONÁUTICOS

Basicamente, existem 2 principais tipos de motores empregados na aviação. Os motores a pistão, e os motores a reação.

O motor a pistão assemelha-se aos dos automóveis, porém é construído dentro das conformidades aeronáuticas de leveza, confiabilidade, alta eficiência, etc. É econômico e eficiente em baixas velocidades e altitudes. Sua maior vantagem é seu baixo custo operacional, sendo por isso muito utilizado em aviões de pequeno porte.

Os motores aeronáuticos a reação são projetados para utilizar a expansão do ar e dos gases de combustão produzidas pela queima do querosene de aviação como força motriz. Existem três tipos de motores aeronáuticos a reação: TURBOJET, TURBOPROP e TURBOFAN, que tem como diferença básica o tipo de acionador para geração do empuxo.

No motor Turbojet, o ar é impulsionado num fluxo de alta velocidade, utilizando a energia expansiva dos gases aquecidos pela combustão. É um motor mais apropriado para

aviões supersônicos, pois em baixas velocidades ou altitudes torna-se pouco econômico e ineficiente.

O motor Turbofan é constituído por um motor Turbojato acrescido de um ‘‘fan’’ (“hélice” visível na entrada da turbina), que funciona como uma hélice de características especiais, criando um fluxo de ar frio que se mistura com os gases quentes do jato principal. São mais utilizados atualmente na aviação comercial, com melhor rendimento e economia de combustível, onde cerca de 80% do empuxo é proveniente da energia mecânica do FAN e cerca de 20% do empuxo vem da descarga dos gases.

O motor Turboprop é um motor turbojato modificado, onde 90% do empuxo é proveniente da energia mecânica fornecida pela hélice e os outros 10% do empuxo vem da descarga dos gases. É um motor ideal para velocidades intermediárias, entre as dos motores a pistão e os motores Turbofan.

O motor aeronáutico tem como principais componentes o fan, o compressor, o combustor e as turbinas de alta e baixa pressão. Em linhas gerais, o funcionamento do motor aeronáutico ocorre basicamente em quatro etapas:

Partida de uma unidade auxiliar pneumática para geração de pressão para acionamento do fan. Quando a rotação do fan atinge a taxa de compressão de 60% da sua capacidade, a unidade auxiliar deixa de atuar.

• O ar succionado da atmosfera pelo fan é comprimido para o compressor, numa relação de 80% passando externamente ao compressor e 20% do ar induzido comprimido e canalizado para câmara de combustão;

• A expansão dos gases produzidos na câmara de combustão irá rotacionar a turbina de alta e baixa pressão;

• Esse ar aquecido e os gases da combustão produzem a energia mecânica que é transmitida ao eixo da turbina que se encontra acoplada ao compressor;

• A mistura de gases produzidos pela combustão é, então, descarregada para a atmosfera, movimentando a aeronave.

Atualmente, a grande maioria dos combustíveis empregados na aviação são provenientes de fontes não renováveis.

2.4 FONTES DE ENERGIAS ALTERNATIVAS

O futuro do transporte aéreo vai depender da evolução dos esforços de inovação no sentido de superar as barreiras técnicas vigentes e, assim, desenvolver aeronaves mais competitivas, motores mais eficientes e combustíveis menos agressivos ao meio ambiente.

A tendência global de proteger o meio ambiente tem se tornado algo decisivo no planejamento estratégico das empresas de transporte aéreo. Essa tendência é o resultado de alguns fatores, tais como o aumento das pressões governamentais sobre um melhor controle e diminuição dos níveis de ruído; um maior rigor no controle e na diminuição das emissões dos gases poluentes; e a tendência mundial de se adotar uma legislação padronizada e abrangente para a proteção ambiental, com adoção de níveis cada vez mais exigentes.

Existe uma variedade de fontes de energia alternativas que podem ser usadas na aviação. Na verdade, algumas já estão em utilização com a tecnologia existente. Entre essas fontes alternativas de energia, os combustíveis Fischer-Tropsch, biocombustíveis e combustíveis de hidrogênio são os mais notáveis.

De acordo com Winkler (2015), o processo Fischer-Tropsch foi inventado na Alemanha entre 1920 e 1930. Ele funciona através da conversão de substâncias gasosas em combustíveis sintéticos líquidos de produtos como carvão. Esta reação inicia-se com uma mistura de hidrogênio e monóxido de carbono, o qual é combinado com o cobalto, ferro, níquel, ou, em menor medida, de outros metais, o que cria um hidrocarboneto líquido sintético, que é praticamente idêntico, quimicamente, ao combustível convencional. Segundo o autor, uma vez que é virtualmente idêntico ao combustível convencional, ele pode ser implementado sem alterar a infraestrutura da aviação. De fato, esta é a fonte de energia alternativa mais utilizada para a aviação, pois ela pode ser usada exatamente da mesma maneira que os combustíveis convencionais.

Existem estudos também sobre os Biocombustíveis. Eles são combustíveis derivados de plantas como as algas. Podem ser criados a partir da fermentação das plantas e pela criação do Etanol, ou por aquecimento de óleos vegetais. Embora possam ser utilizados isoladamente, a forma mais comum de utilizar biocombustíveis é misturar um biocombustível com um combustível tradicional.

De acordo com Figueiredo (2013),

> Diante da necessidade de se buscar alternativas sustentáveis e de baixo custo aos combustíveis fósseis, emerge o mercado de biocombustíveis para aviação com uma demanda assegurada. Se apenas 10% do consumo de Jet Fuel for substituído por biocombustível, haveria uma demanda de 27,9 bilhões de litros, o equivalente à produção brasileira de etanol em 2008/09. O setor aéreo brasileiro também tem se movimentado através da criação da Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (Abraba), formada por dez entidades, sinal do envolvimento da indústria aeronáutica na promoção de um mercado de combustíveis alternativos para aviação. Recentemente, foi criada a especificação ASTM D7566 para o uso de combustíveis derivados de misturas que contenham até 50% dos chamados hidrocarbonetos sintetizados (biomassa, gás natural etc.). É um importante passo em direção aos combustíveis 100% sintéticos. Para a grande aviação comercial, o bioquerosene torna-se uma alternativa bastante viável, uma vez que possui um poder calorífico igual ao seu equivalente derivado de petróleo e reduz consideravelmente as emissões de gases de efeito estufa, alcançando 3,896 níveis similares ao do etanol.

Ainda segundo o autor, o uso do etanol, principalmente na aviação geral usuária dos motores convencionais, proporciona muitas vantagens, tais como preço inferior ao da gasolina, redução dos índices de poluição por emissão de gases nocivos e manuseio mais seguro que a gasolina. Mesmo a sua adição na gasolina (10% de etanol e 90% de gasolina) já produz melhores resultados ao meio ambiente e à economia comparados à gasolina pura. Sua desvantagem ainda está na baixa produção, uma vez que necessita de certo tempo de colheita e grandes extensões de terra.

O impacto ambiental da utilização de etanol no setor aeronáutico em relação à gasolina é direto pelo simples fato de se evitar o uso de gasolina de aviação.

De acordo com Costa (2011), a gasolina de aviação utilizada no Brasil é composta, de maneira geral, de 65% de alquilados (principalmente isooctano), 20% de tolueno e 15% de C5 de destilação direta (basicamente isopentano). Além dos citados, outras substâncias são também adicionadas para que a gasolina satisfaça certos requisitos indispensáveis para um combustível de emprego aeronáutico.

Ainda segundo Costa (2011), na combustão de combustíveis com carbono ocorre à produção de CO2 em quantidades proporcionais ao combustível queimado. Se o combustível for fóssil, o dióxido de carbono liberado na queima será liberado à atmosfera, contribuindo para o aumento do efeito estufa e produzindo o que é chamado de ciclo de carbono positivo. Por outro lado, se o combustível for de origem vegetal, como por exemplo o Etanol, o CO2 liberado é igual ao usado pelas plantas para a fotossíntese, e este será

reabsorvido tornando o ciclo de carbono nulo ou negativo, evitando assim o aumento do efeito estufa.

A formação do etanol contém 35% de oxigênio, e, ainda possui uma combustão com menor emissão de material particulado em comparação com derivados do petróleo e sem emissão de enxofre. (SOMAVILA e GOMES NETO, 2003).

O etanol diminui a probabilidade da ocorrência de auto-ignição por conta da sua alta octanagem, o que possibilita a melhora do desempenho do motor, visto que é possível o aumento das taxas de compressão no interior do cilindro, injetando uma maior quantidade de combustível e aumentando sua potência de saída (PONTOPPIDAN et al., 2006).

Em outubro de 2004, o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) emitiu a certificação do primeiro avião movido a etanol do mundo, a aeronave agrícola Ipanema.

Respondendo por mais de 80% da frota nacional de aviões agrícolas, o modelo já teve mais de 1000 unidades entregues na versão com gasolina de aviação (DEFESANET, 2004). Produzido pela Indústria Aeronáutica Neiva, subsidiária integral da Embraer, tem sido utilizado para a pulverização de inseticidas, herbicidas e fungicidas, usado também para disseminar fertilizantes e adubos, como semeador - transportando sementes - ou mesmo no combate a incêndios e queimadas. Além de ser utilizada na indústria agrícola, a aeronave Ipanema também pode ser usada em muitas outras aplicações, tais como a nucleação de nuvens com nitrato de prata para provocar chuvas, reboque de planadores e combate a pragas e larvas.

2.4.1 BIOCOMBUSTÍVEIS

A aviação não tem alternativas ao combustível líquido no futuro previsível, ao contrário do transporte terrestre ou da geração de energia, que tiveram uma escolha de fontes de energia por muitos anos. Eles são um fator essencial para atingir os objetivos ambientais e o passo vital para reduzir o impacto climático da aviação. Logo, a aviação deve procurar substituir os combustíveis fósseis por combustíveis alternativos de menor emissão de carbono.

Rigorosos testes realizados, tanto no solo como no ar, mostraram que os biocombustíveis podem oferecer desempenho igual (e algumas vezes melhor) do que o combustível fóssil atual. O maior desafio agora consiste em assegurar um fornecimento

constante, confiável, econômico e sustentável desta nova fonte de energia. (Air Transport Action Group, 2011)

A indústria de combustíveis fósseis teve um século para desenvolver suas fontes de combustíveis, cadeias de suprimentos e redes de distribuição. O incipiente setor de biocombustíveis da aviação precisará recuperar o tempo perdido, e isso exigirá capital da comunidade de investimentos e incentivos iniciais dos governos. Com isso vários países procuram a economia "verde" para o crescimento em empregos e vantagens econômicas. (Air Transport Action Group, 2011)

Como vários países procuram ir em direção para a economia "verde" objetivando o crescimento de empregos e vantagens econômicas, o fomento de uma indústria sustentável de biocombustíveis de aviação proporcionará um duplo benefício: a construção de uma indústria "verde" e fazendo a conexão vital entre negócios e turistas. Sem nenhuma dúvida, os biocombustíveis terão um grande impacto na redução das emissões globais no setor da aviação.

Existem biocombustíveis de segunda geração no qual estão sendo realizadas pesquisas no setor da aviação, onde quando refinados, são praticamente idênticos ao combustível Jet A-1 que é atualmente empregado. Isso significa que ele pode simplesmente ser adicionado no fornecimento atual de combustível. Nenhum novo motor, nenhuma nova aeronave e nenhum sistema distinto de distribuição de combustíveis são necessários nos aeroportos. É uma solução muito prática, onde mais biocombustíveis podem ser adicionados ao sistema de distribuição à medida que ele entra em operação. (Air Transport Action Group, 2011)

O Brasil possui uma grande área territorial, possibilitando vários vieses na agricultura. A partir disso, estão sendo desenvolvidas pesquisas visando a viabilidade do país se tornar um grande produtor e distribuidor de Biocombustíveis.

De acordo com uma publicação realizada pela FAPESP, temos algumas ações recomendadas para a ampliação da fabricação e distribuição dos biocombustíveis no Brasil:

- Produção de matéria-prima
  - pesquisa agronômica, particularmente sobre matérias-primas não tradicionais;
  - estabelecer políticas para criar condições adequadas para melhor uso da terra;
  - melhorar a infraestrutura logística para o transporte de matérias-primas;

- avaliar o impacto a longo prazo da coleta de biomassa na água do solo e na biodiversidade;
- estabelecer sites que geram dados de longo prazo para apoiar as metodologias de operação de matérias-primas como uma plataforma para estudo de solo, água e biodiversidade. Além disso, o monitoramento e a medição de padrões devem ser estabelecidos;
- estabelecer sistemas de aplicação da lei mais rigorosos que lidam com os aspectos de sustentabilidade da produção de biocombustíveis.

➢ Tecnologias de refinação

- processo de pesquisa em diferentes caminhos identificados;
- estabelecer plantas piloto para alternativas mais promissoras;
- estabelecer plantas de demonstração e comercialização avançadas.

➢ Logística e Certificação de Biocombustíveis

- preparar o conjunto brasileiro de regulamentos para aceitar biocombustíveis de acordo com o processo de aprovação da ASTM para querosene sintético;
- desenvolver e disseminar competências para certificação de biocombustíveis na aviação;
- organizar um plano de estratégia a longo prazo para a produção e distribuição de biocombustíveis a jato.

➢ Políticas

- observar de perto e antecipar as ações regulatórias da OACI;
- estabelecer ou regular os critérios de sustentabilidade a serem cumpridos pelos biocombustíveis da aviação no país e coordenar os padrões emergentes em todo o mundo;
- estabelecer um programa governamental a longo prazo para o uso integrado de biocombustíveis em todos os meios de transporte;
- aumentar a capacidade humana de alto nível relacionada aos biocombustíveis para a aviação;

- estabelecer políticas para incluir pequenos agricultores e / ou comunidades locais na cadeia de produção de biocombustíveis. (FLIGHTPATH TO AVIATION BIOFUELS IN BRAZIL, 2013)

A substituição do petróleo na aviação representa um nicho muito importante para biocombustíveis sustentáveis. O Brasil tem uma ótima oportunidade nesta área para se tornar um participante global. Há muitos desafios importantes a serem superados para criar as bases para essa nova indústria emergente. É claro que a aviação está pronta para se tornar um importante cliente no mercado sustentável de biocombustíveis, e, é vital para o futuro do planeta e é um passo importante na redução das emissões de carbono.

2.4.2 ETANOL

O uso do etanol, principalmente na aviação geral usuária dos motores convencionais, proporciona muitas vantagens, tais como preço inferior ao da gasolina, redução dos índices de poluição por emissão de gases nocivos e manuseio mais seguro que a gasolina. Mesmo a sua adição na gasolina (10% de etanol e 90% de gasolina) já produz melhores resultados ao meio ambiente e à economia comparados à gasolina pura. Embora seja possível converter alguns motores a gasolina para o uso do álcool etílico hidratado no Brasil, que possui grande disponibilidade, no resto do mundo ele ainda não é amplamente utilizado, mesmo tendo grandes vantagens do ponto de vista ambiental. Sua desvantagem ainda está na baixa produção, uma vez que necessita de certo tempo de colheita e grandes extensões de terra. (FIGUEIREDO, 2013)

Há mais de dez anos, a Embraer lançou o primeiro avião do mundo movido a etanol: o Ipanema EMB 202A. A entrega inicial do avião a etanol aconteceu em março de 2005 – a unidade foi também o milésimo Ipanema a ser vendido. O Ipanema foi o primeiro avião de série no mundo a sair de fábrica certificado para voar com este tipo de combustível, e, a partir de então, a Embraer começou a oferecer também kits de conversão para etanol aos proprietários de aviões movidos a gasolina de aviação (AVGAS). Até 2014, foram 269 aeronaves vendidas e 205 kits de conversão, totalizando 474 aeronaves voando a etanol. Hoje, cerca de 40% da frota do Ipanema em operação já é movida a etanol. (CASAGRANDE, 2015)

A fonte alternativa de energia renovável, derivada da cana-de-açúcar, reduziu o impacto ambiental, os custos de operação e manutenção e, ainda, melhorou o desempenho

geral da aeronave, tornando-a mais atrativa para o mercado. Menos poluente, cada Ipanema a etanol deixa de emitir por ano cerca de 20 quilos de chumbo na atmosfera. Considerando a frota total de aviões desde os últimos 10 anos do início da fabricação, deixou-se de emitir 51 toneladas de chumbo. O modelo é também mais econômico: em média, o proprietário do avião a etanol gasta 25% a menos em combustível, e, além disso, o combustível permite um incremento de 7% na potência, melhorando a performance da aeronave na decolagem, subida, velocidade e altitude máxima. (EMBRAER, 2016)

Segundo a EMBRAER, são algumas das vantagens dos motores movidos a Etanol:

- motor opera mais frio, o que gera aumento de potência e melhor desempenho;
- combustível de fonte renovável;
- reduz a emissão de gases poluentes e colabora para a minimização do efeito estufa;
- reduz em até 1/3 os custos operacionais em relação à gasolina de aviação.

2.4.3 GREEN DIESEL

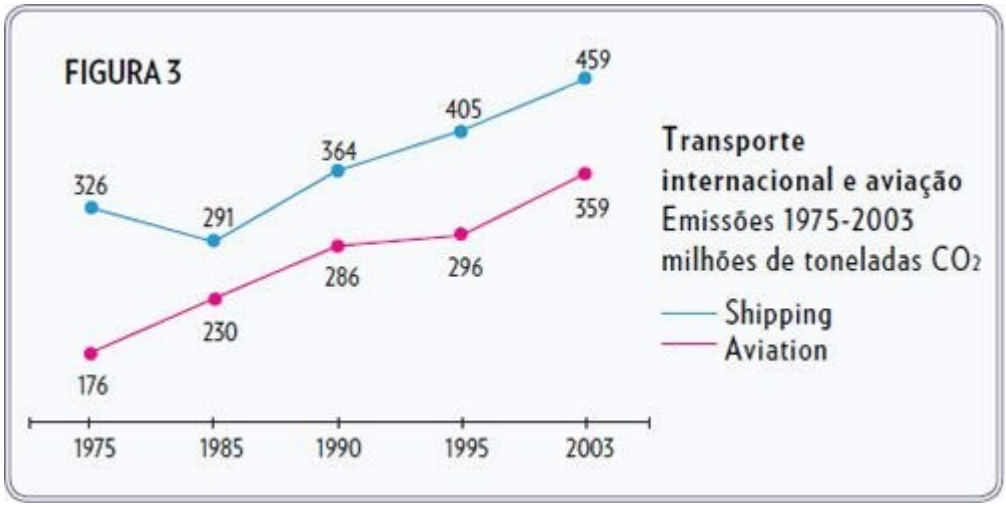
Mais uma alternativa de combustível renovável é o chamado green diesel. Desenvolvido nos Estados Unidos pela UOP, da Honeywell, o combustível realizou o primeiro voo de teste em 2008 pela Air New Zeland e abasteceu em 50% um Gulfstream G450 para um voo transatlântico entre New Jersey (EUA) e Paris (França) em 2011. Apesar do longo período de teste, o novo combustível ainda não recebeu certificação das autoridades norte-americanas para ser comercializado de forma regular. Quando aprovado, o green diesel deve surgir como uma alternativa realmente viável, pois a expectativa é que consiga preços mais competitivos. “O green diesel tem uma molécula parecida com a do querosene, mas obtida de forma diferente. O processo de refino é mais barato. É bastante promissor, mas a rota tecnológica ainda não foi aprovada. (CASAGRANDE, 2015)

Figueiredo (2013) conceitua:

> O diesel é um tipo de combustível derivado da destilação do petróleo bruto constituído basicamente por hidrocarbonetos. É um composto formado principalmente por átomos de carbono, hidrogênio, com baixas concentrações de enxofre, nitrogênio e oxigênio.

2.5 SUSTENTABILIDADE X DESEMPENHO E EFICIÊNCIA

Muitas pesquisas têm sido efetuadas no sentido da redução do consumo de combustíveis fósseis e sobre a sua substituição por outros mais sustentáveis. O alto preço e os impactos ao meio ambiente, principalmente devido à liberação de Co2, movem estas pesquisas. Tem-se uma estimativa de que no século 20 a quantidade de monóxido de carbono na atmosfera aumentou em 25%. Verifica-se que só entre 1975 e 2003 a aviação colocou na atmosfera pelo menos 180 milhões de toneladas de CO2 (veja figura 3). Além disso, o combustível fóssil cria outros problemas, tais como névoas e chuva ácida, tendo como agravante ser uma fonte de energia não renovável. (FIGUEIREDO, 2013)



Fonte: Revista Aeromagazine pg 4, 2013

A quantidade utilizada de combustível fóssil ultrapassa em muito a que a natureza pode produzir por milhares de anos, portanto, sua disponibilidade está com os "dias contados", tornando-o mais escasso e caro ao longo do tempo. Dessa maneira é essencial sua utilização eficiente associada às pesquisas de outras fontes de combustíveis.

Entre os trabalhos que as empresa têm desenvolvido para melhorar a eficiência dos motores está a utilização de novos e mais resistentes materiais, o que permite a otimização termodinâmica, a redução de perdas para mover acessórios por meio do uso de dispositivos auxiliares controlados por demanda, o gerenciamento térmico direcionado, o emprego de motores turbofan com maior razão de bypass (ducted ou unducted fans), as

câmaras de combustão de maior eficácia e soluções com menor atrito de componentes internos. (FIGUEIREDO, 2013)

Quanto mais eficiente for o motor de um avião - e, consequentemente, quanto menos combustível utilizar -, menor será o custo de operação e mais rentável será a aeronave para as companhias aéreas nos cenários futuros. Em paralelo, a indústria de aeronaves procura por soluções aerodinâmicas que as tornem mais leves e eficientes, refletindo assim no consumo de combustível.

Espera-se que com todas essas soluções, quando forem implementadas, os motores tenham uma melhora da ordem de 15% a 20% em sua eficiência termodinâmica. O que permitirá uma redução da ordem de 16% a 18% no consumo de combustível, que em uma frota de 100 aeronaves significa poupar 80 mil toneladas de combustível por ano. Refletindo-se isso em termos econômicos, significa uma economia de cerca de 85 milhões de dólares ou 170 milhões de reais ao ano. (FIGUEIREDO, 2013)

2.6 DEMANDA E CUSTO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS

O principal desafio do biocombustível é tornar-se competitivo. Além da questão do custo, há a necessidade da maior oferta. Segundo Paulus Figueiredo, gerente comercial da Amyris no Brasil, empresa que desenvolveu o bioquerosene da cana-de-açúcar, a fábrica localizada no interior de São Paulo tem capacidade máxima para produzir 20 milhões de litros anuais, o que representa apenas 0,27% do consumo do mercado de aviação nacional. “Temos um plano de expansão para aumentar em até quatro vezes a produção do bioquerosene, conforme a demanda”, diz Figueiredo. “Paralelamente, nos últimos dois anos, reduzimos nosso custo de produção em mais de dez vezes. Se for possível equiparar o preço do bioquerosene com o do querosene tradicional, sua adoção será uma opção natural das companhias aéreas”.

A resposta para essa equação pode vir do Brasil. O Centro Conjunto de Pesquisa em Biocombustíveis Sustentáveis para a Aviação, criado pela Boeing e Embraer em parceria com a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), prepara um estudo detalhado, chamado “Plano de Voo para Biocombustíveis de Aviação no Brasil”, identificando as lacunas que desafiam o estabelecimento dessa indústria.

O biocombustível ainda é significativamente mais caro, porém, no início, o etanol utilizado no abastecimento dos carros também tinha preço elevado e, com a demanda, tornou-se mais barato. Para obter a queda de preços no futuro e viabilizar os combustíveis renováveis, serão necessárias diversas tecnologias de produção para atender às particularidades de cada região. Ter uma matriz energética sustentada em diversas tecnologias é o grande desafio da indústria aeronáutica para incrementar os usos de combustíveis renováveis nos próximos anos e conseguir atingir a meta de redução na emissão de carbono até 2050. (CASAGRANDE, 2015)

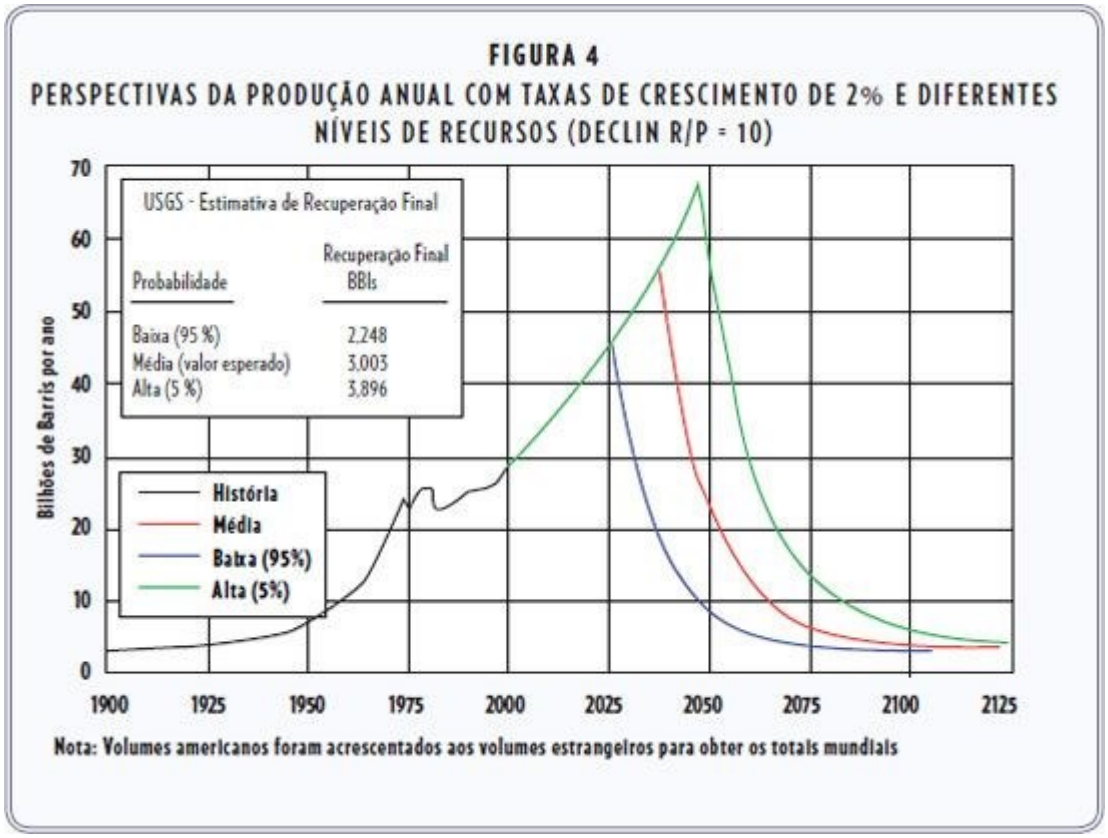
2.7 O CONSUMO DOS COMBUSTÍVEIS

Os combustíveis representam cerca de 40% dos custos de operação das empresas aéreas. Dessa forma, todos os envolvidos nesse mercado estão se mobilizando para achar soluções que visam à diminuição do consumo. Para se ter uma ideia da dimensão deste mercado, o consumo mundial de Jet Fuel foi estimado em 279 bilhões de litros e só no Brasil, 4.9 bilhões de litros. (FIGUEIREDO, 2013)

O aumento do consumo de combustível, em razão do crescimento da frota nos últimos anos, obriga o governo a importar o combustível, já que o Brasil não é autossuficiente na produção de combustíveis aeronáuticos. O incentivo a novos investimentos na produção de gasolina e etanol para fazer frente a essa demanda deve vir acompanhado do esforço dos fabricantes de aeronaves e motores, em melhorar a eficiência dos motores e na utilização de fontes alternativas. Com isso, o país evitaria perdas de divisas melhorando os índices econômicos, além de melhorar a qualidade ambiental. Menciona- se também a previsão segundo a qual a produção de combustíveis fósseis tende a diminuir no futuro, tornando-o mais escasso e, portanto, caro. (ver previsão da United States Geografical Survey na figura 4)

As principais inquietações do setor são focadas na pressão para reduzir suas emissões de gás carbônico e o constante aumento do preço dos combustíveis de aviação. A orientação reinante no setor é desenvolver um combustível com baixa emissão de gás que possa ser utilizado nos motores aeronáuticos existentes, e em toda a rede de distribuição com o mínimo de modificação.

Diante da necessidade de se buscar alternativas sustentáveis e de baixo custo aos combustíveis fósseis, emerge o mercado de biocombustíveis para aviação com uma demanda assegurada.



Fonte: Revista Aeromagazine pg 6, 2013

Se apenas 10% do consumo de Jet Fuel for substituído por biocombustível, haveria uma demanda de 27,9 bilhões de litros, o equivalente à produção brasileira de etanol em 2008/09. (FIGUEIREDO, 2013)

O setor aéreo brasileiro também tem se movimentado através da criação da Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (Abraba), formada por dez entidades, sinal do envolvimento da indústria aeronáutica na promoção de um mercado de combustíveis alternativos para aviação.

Para a grande aviação comercial, o bioquerosene torna-se uma alternativa bastante viável, uma vez que possui um poder calorífico igual ao seu equivalente derivado de petróleo e reduz consideravelmente as emissões de gases de efeito estufa, alcançando 3,896 níveis similares ao do etanol. (FIGUEIREDO, 2013)

O uso do etanol, principalmente na aviação geral usuária dos motores convencionais, proporciona muitas vantagens, tais como preço inferior ao da gasolina,

redução dos índices de poluição por emissão de gases nocivos e manuseio mais seguro que a gasolina.

Verifica-se as vantagens gerais de uso dos biocombustíveis pelos seguintes fatores:

- Possibilita o fechamento do ciclo do carbono (CO2);
- Gera emprego e renda no campo;
- Reduz investimento financeiro em pesquisas em comparação às de prospecção de petróleo que ainda são dispendiosas;
- Substitui óleo diesel sem necessidade de ajustes nos motores;
- Torna mais seguro o manuseio e o armazenamento em relação aos combustíveis fósseis.

Os biocombustíveis já são um fato e não mais um futuro longínquo.

Perante a nova realidade na economia mundial, na qual não só o aspecto de custo econômico está em jogo, mas também o custo ambiental, o Brasil tem uma posição-chave, pois detêm capacitação tecnológica e farta matéria-prima.

2.8 FONTES ENERGÉTICAS INVIÁVEIS ATUALMENTE

Atualmente, de acordo com nosso desenvolvimento tecnológico, existem muitas fontes de energias que não estão inseridas no meio ao transporte aéreo.

O hidrogênio já foi utilizado em aeronaves como fonte de energia, porém, até a presente data, ele não é uma alternativa viável. Isso exigiria mudanças dramáticas na forma e design do avião, pois o hidrogênio ocupa mais de quatro vezes o volume de querosene convencional. Existem defensores e detratores de energia derivada do hidrogênio. Por mais que seja uma fonte de energia não poluente, seu processo de produção ainda não é economicamente viável. (KLOTZEL, 2016)

Existe também o Bio-metano, porém é improvável que funcione, dada a necessidade de o combustível ser consistente e uniforme em sua composição, e, ainda seria também difícil obter biogás suficiente para este processo, se tornando assim inviável. (ANP, 2016)

A energia nuclear poderia, teoricamente, ser usada para a aviação. Entretanto, esse é um assunto muito controverso e há pouco interesse em perseguir essa tecnologia atualmente. (VINHOLES, 2015).

Podemos assim verificar que estamos no caminho correto de conseguir uma fonte de energia alternativa para a aviação, uma energia que possa ser uma fonte geradora limpa e que seja sustentável na questão da biodiversidade. Estamos próximos de conseguir uma fonte mais limpa e mais ecologicamente correta do que as que possuímos hoje. Atualmente ainda não conseguimos essa fonte limpa que possua a mesma autonomia que as derivadas dos combustíveis fósseis, porém, podemos ter a certeza que estamos no caminho certo, e chegaremos lá muito antes do que é esperado.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O futuro do transporte aéreo irá depender da evolução dos esforços de inovação no sentido de superar as barreiras técnicas vigentes e, assim, desenvolver aeronaves mais competitivas, motores mais eficientes e combustíveis que agridam menos o meio ambiente.

As aeronaves atuais apresentam 70% mais eficiência de uso de combustível por passageiro-quilômetro do que as aeronaves de 40 anos atrás. A maior parte deste avanço veio com o aumento da capacidade de passageiros, porém, melhorias também foram obtidas com redução de peso e a tecnologia avançada dos motores.

A demanda por uma crescente eficiência na geração de potência, por parte de um mercado cada vez mais acirrado, tem mostrado características que direcionam para:

- maior flexibilidade na utilização de combustíveis;
- menor consumo;
- necessidade de melhoria do desempenho ambiental para fazer face à regulação cada vez mais severa;
- disponibilidade e confiabilidade (a exigência de manter os atuais níveis de confiança nos equipamentos submetidos às condições operacionais mais agressivas e extensas).

Assim, as alternativas que parecem surgir levam sempre a motores mais eficientes na geração de potência, mais flexíveis na utilização de combustíveis alternativos e menos agressivos ao meio ambiente, sem perder a confiabilidade já alcançada.

Para os motores convencionais, o objetivo é melhorar a eficiência na utilização de combustíveis diversos, de modo a se ter motores flex, e, desse modo, dar ao consumidor o poder de decidir pelo combustível que melhor lhe convier economicamente na ocasião.

A utilização da gasolina de aviação, por problemas ambientais e alto custo, tem levado o mercado aeronáutico a procurar outros tipos de combustíveis menos poluentes e mais baratos. Um combustível alternativo ainda não foi totalmente desenvolvido, mas existem muitas pesquisas em andamento. Existe também a busca por novos designs de motores alternativos com melhor rendimento. Tem-se obtido rendimentos de aproximadamente 50% na geração de potência, e redução em um terço na emissão de dióxido de carbono.

Já quanto aos motores a reação, as alternativas têm se direcionado para o projeto de elementos que melhorem a eficiência das máquinas, tais como:

- Aumento da capacidade de compressão (increased of pressure ratio);
- Aumento de temperaturas de trabalho na seção quente;
- Aumento da relação de bypass dos fans.

Atualmente, os novos motores são mais eficientes na geração de potência, flexíveis no uso de combustíveis alternativos e menos agressivos ao meio ambiente, tudo isso sem perder a sua confiabilidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar que a aviação continua sendo muito dependente dos combustíveis derivados do petróleo, por mais que a cada dia que se passa são alcançados avanços significativos em estudos e processos para obtenção de outros combustíveis derivados de fontes sustentáveis, até hoje não foi desenvolvido algum que se aproxime da autonomia dos combustíveis fósseis.

Testes em aviões utilizando o Etanol como fonte de combustível e energia foram aplicados, porém os resultados obtidos mostraram-se muito abaixo do necessário para a autonomia necessária em substituição aos atuais combustíveis fósseis, levando em conta também as dificuldades a nível global de produção, distribuição e armazenamento, sendo fatores que levam a pontos negativos em relação ao uso do Etanol como fonte de energia e combustível na aviação.

Pode-se inferir que as possíveis fontes de substituição, fósseis ou renováveis, envolvem produtos cujas especificações devem atender aos mais rigorosos e elevados padrões mundiais de qualidade para combustíveis de aviação.

Todavia, outra disposição que deve ser levada em consideração diante de todas as outras, é a questão da preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Em contrapartida, as emissões crescentes de gases do efeito estufa e a falta de alternativas que efetivamente estabeleçam essa substituição, o emprego de fontes renováveis tem sido amplamente pesquisado, explorado e testado em todo o mundo.

As fontes alternativas de energia objetivam a atender a inovação de combustíveis de aviação renováveis que tenham o rendimento compatível com o querosene de aviação, que é atualmente utilizado. Ressaltando que essas fontes tendem a aproveitar o grande potencial que o Brasil apresenta em biomassa, e em sua longa tradição em combustíveis renováveis.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Brazil's Action Plan on the reduction of Greenhouse Gas Emissions from aviation.** 2013. Disponível em: <http://cdieselbr.com.br/Documents/Brazil_ActionPlan%20for%20reduction%20of%20GGE%20from%20aviation.pdf >. Acesso em: 04 ago. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Biometano**. 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biometano>. Acesso em: 16 set. 2017.

AIR TRANSPORT ACTION GROUP. **Powering the future of flight:** The six easy steps to growing a viable aviation biofuels industry. Disponível em: <http://www.abraba.com.br/documents/downloads/PoweringthefutureofFlight.pdf>. Acesso em: 16 set. 2017.

CASAGRANDE, Vinícius. **Os desafios dos biocombustíveis.** 2015. Disponível em: < http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/os-desafios-dos-biocombustiveis_2115.html>. Acesso em: 15 set. 2017.

CERVO, Amado L. e BERVIAN, Pedro A. (1983) **Metodologia Científica:** para uso dos estudantes universitários. 3.ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.

COSTA, Adriana Aparecida dos Santos. **Caracterização de motor aeronáutico utilizando misturas de gasolina de aviação e etanol:** aspectos fluidodinâmicos, termodinâmicos e ecológicos / Adriana Aparecida dos Santos Costa. – Guaratinguetá: [s.n.], 2011

DEFESANET; 19/10/2004. Disponível em <www.defesanet.com.br>. Acesso em: 02 ago. 2017.

EMBRAER. **Aeronave Ipanema**. Disponível em: < http://www.embraeragricola.com.br/pt-BR/Aeronave-Ipanema/Paginas/Inovadora-e-Eficiente.aspx>. Acesso em: 15 set. 2017.

EMBRAER. **Embraer celebra dez anos do Ipanema movido a etanol**. Disponível em: <http://www.embraer.com.br/pt-br/imprensaeventos/press-releases/noticias/paginas/embraer-celebra-dez-anos-do-ipanema-movido-a-etanol.aspx>. Acesso em: 16 set. 2017.

FIGUEIREDO, Luiz Alberto Gomes. **Motores e combustíveis de aviação.** 2013. Disponível em: <http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/motores-e-combustiveis-de-aviacao_808.htm l>. Acesso em: 01 ago. 2017.

FAPESP. **Flightpath to Aviation Biofuels in Brazil:** Action Plan. Disponível em: <http://www.fapesp.br/publicacoes/flightpath-to-aviation-biofuels-in-brazil-action-plan.pdf>. Acesso em: 14 set. 2017.
GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar.** Rio de Janeiro: Record, 1997.

HOMA, Jorge M. **Aeronaves e motores – Conhecimentos técnicos.** 31. ed. São Paulo. Pág. 75, 2011.

KLOTZEL, Ernesto. **Avião com dupla fuselagem movido a hidrogênio decola pela primeira vez.** 2016. Disponível em: < http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/aviao-dupla-fuselagem-movido-hidrogenio-decola-pela-primeira-vez_2865.html>. Acesso em: 17 out. 2017.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento.** 10. ed. São Paulo: HUCITEC, 2007.

PONTOPPIDAN, M; BONFIGLIOLI, S; MONTANARI, G; DAMASCENO, F; BUCCI, A; EWALD, P; **Description of preliminary Study for Technology Transfer of an Ethanol Mixture Preparation System from Automotive Application to a 4-Cylinder 5.9 liter Aircraft Engine***;* SAE-Brazil paper 2006-01-2878.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. **Fundamentos de pesquisa em enfermagem:** métodos, avaliação e utilização. Trad. de Ana Thorell. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004

SANTOS, Antonio Raimundo dos. **Metodologia Científica:** a construção do conhecimento. 3. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

SHELL AVIATION FUELS, 2015. Disponível em: <http://www.shell.com/business-customers/aviation/aeroshell/knowledge-centre/the-aeroshell-book/_jcr_content/par/textimage_1433441235.stream/1445040706292/dc509e15cde99b11ddb6ed7e50c61e2e427a0f512435718921ed79028ed25048/aeroshell-book-2fuels.pdf >. Acesso em: 02 ago. 2017.

SILVA, Cleiton. **Fontes de energia resumo.** 2013. Disponível em: <http://tudodeconcursosevestibulares.blogspot.com.br/2013/02/fontes-de-energia-resumo.html>. Acesso em: 01 ago. 2017.

SOMAVILA, C; GOMES NETO, E; **Célula a Combustível: Gás Natural & Etanol***;* H2 Fuel Cell Energy; Brasil; Paraná; 2003. Disponível em: http://livrozilla.com/doc/1746637/produ%C3%A7%C3%A3o-de-biocombust%C3%ADveis-a-partir-da---tpqb. Acesso em: 03 ago. 2017.

SOUSA, Robson Alexsandro de. **Tipos e fontes de energias alternativas e convencionais.** 2011. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola-Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2011. Disponível em: <http://www.ppgea.ufc.br/images/diversos/FontesDeEnergia.compressed.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2017.

UBIRATAN, Edmundo. **Evolução a jato.** 2014. Disponível em: <http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/evolucao-jato_1498.html>. Acesso em: 03 ago. 2017.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VINHOLES, Thiago. **Os ousados e perigosos aviões nucleares.** 2015. Disponível em: < https://airway.uol.com.br/os-ousados-e-perigosos-avioes-nucleares/>. Acesso em: 22 set. 2017