

FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA PARA A AVIAÇÃO: UMA ANÁLISE SOBRE O USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Matteo Grimberg Naslauski¹

Jairo Afonso Henkes²

RESUMO

O estudo apresentado tem o objetivo de realizar uma análise a respeito das principais fontes de energia alternativa usadas na aviação, tais como os biocombustíveis, a energia solar, energia elétrica e a célula de hidrogênio. O setor aeronáutico tem grandes desafios, em especial o de reduzir a emissão de gases do efeito estufa, diminuindo os impactos ambientais da aviação civil. O presente se caracteriza como uma pesquisa exploratória, realizada em consultas bibliográficas, consultas a sites oficiais, de entes governamentais, artigos e reportagens, com uma abordagem tanto qualitativa, quanto quantitativa. A fundamentação teórica foi importante para apresentação de resultados de pesquisa e posterior análise dos dados. Concluiu-se que é possível a utilização de energias alternativas existentes, substituindo as energias fósseis utilizadas atualmente na aviação, com o intuito de alterar a matriz energética da aviação e contribuir com a preservação ambiental.

Palavras-Chave: Sustentabilidade. Energia renovável. Preservação ambiental. Aviação. Impacto ambiental. Emissões de gases.

¹ Bacharel em Ciências Aeronáuticas. Unisul. E-mail: matteognaslauski@gmail.com

² Doutorando em Geografia (UMinho, 2019). Mestre em Agroecossistemas (UFSC, 2006). Especialista em Administração Rural (UNOESC, 1997). Engenheiro Agrônomo (UDESC, 1986). Professor e Pesquisador nas Áreas de Gestão Ambiental, Ciências Aeronáuticas, Agronomia, Administração e Engenharia Ambiental. <https://orcid.org/0000-0002-3762-471X> E-mail: jairohenkes333@gmail.com

ALTERNATIVE ENERGY SOURCES FOR AVIATION: AN ANALYSIS ON THE USE OF RENEWABLE ENERGIES

ABSTRACT

The study presented aims to perform an analysis of the main alternative energy sources used in aviation, such as biofuels, solar energy, electric power and the hydrogen cell. The aeronautical sector has great challenges, especially that of reducing the emission of greenhouse gases, reducing the environmental impacts of civil aviation. The present one is characterized as an exploratory research, carried through in bibliographical consultations, consultations to official sites, of governmental entities, articles and reports, with an approach both qualitative and quantitative. The theoretical basis was important for the presentation of research results and subsequent analysis of data. It was concluded that it is possible to use existing alternative energies, replacing the fossil energies currently used in aviation, in order to change the energy matrix of aviation and contribute to environmental preservation.

Keywords: Sustainability. Renewable energy. Environmental preservation. Aviation. Environmental impact. Emission of gases.

RBAC & CIA
Revista Brasileira de Aviação Civil
& Ciências Aeronáuticas

1 INTRODUÇÃO

Este estudo procura fazer uma abordagem sobre as possibilidades de usos de diferentes tipos de energias alternativas para a aviação e seus possíveis benefícios. É importante ressaltar que o setor de transportes foi responsável por cerca de 25% das emissões de CO₂, devido a utilização exclusiva de combustíveis fósseis no mundo. Porcentagem essa de extrema relevância para contribuição de impactos ambientais no meio ambiente, conforme Agência Brasil, no ano de 2018.

No entanto, o setor aeronáutico, apesar de inúmeros progressos e melhorias ao longo do tempo nos projetos de aeronaves, e com a melhora inclusive de combustível, ainda impacta o meio ambiente com a emissão de CO₂, e necessita substituir gradativamente os combustíveis fósseis para novas fontes

alternativas de energia, em função dos combustíveis derivados do petróleo serem finitos e mais poluentes.

A questão torna-se ainda preocupante no quesito da aviação, porque estima-se que durante alguns anos a demanda continuará em crescimento, impulsionada pelo aumento da população global e da globalização em geral, o que justifica a preocupação e pesquisas em busca de energias renováveis.

De uma forma geral, a humanidade tem apresentado uma tendência à sustentabilidade e de preservação ambiental, o que justifica o uso de combustíveis menos agressivos à natureza. Tais medidas estão sendo tomadas por problemas que são constantemente notados como o aquecimento global, o buraco na camada de ozônio, a poluição do ar, a poluição do mar, queimadas de grandes proporções, derretimento de geleiras, dentre outros.

A abordagem neste trabalho está na possibilidade da substituição das fontes de energias não renováveis, aqueles de origem fóssil, derivadas do petróleo, pelas renováveis, como o biocombustível vindo da biomassa, a combinação da energia solar com a elétrica e algo mais inovador como o uso das células de hidrogênio como fonte de energia. Sempre tendo enfoque na sustentabilidade, na preservação ambiental e na redução dos impactos ambientais.

Frisa-se, entretanto, que essas fontes de energias renováveis estão sendo estudadas e que a intenção por tudo que já foi mencionado até então, seja a de sua utilização, porém, existem desafios para essa mudança. O uso do etanol já pode ser um empecilho, “Seria preciso mudar a estrutura dos aviões devido à incompatibilidade técnica da fuselagem com o combustível da cana”, explica Guilherme Freire, diretor de Tecnologia e Estratégia Ambiental da Embraer. Além disso, não basta só ter um combustível que se adapte ao motor. “Também precisamos garantir reserva e para isso é necessário um produto já maturado, bem desenvolvido e disponível em larga escala”, ressalta Jim Kinder, engenheiro sênior de combustíveis da Boeing (BARBOSA, 2011).

O presente estudo objetivou pesquisar fontes de energias alternativas e adequadas para o uso na aviação, com a intenção de melhorar o entendimento sobre esse tema, de forma a contribuir com uma aviação mais sustentável.

Objetivou-se neste artigo realizar uma análise dos avanços notados na indústria aeronáutica em relação à adoção de energias alternativas em seus projetos e nas aeronaves. Procurou-se ainda descrever quais são as energias renováveis em teste e uso na aviação; descrever a necessidade de novos combustíveis, além dos combustíveis fósseis; diferenciar os tipos de energia e suas características; e pontuar as vantagens e desvantagens das energias alternativas apresentadas.

De acordo com Creswell (1998), a metodologia é o estudo dos caminhos, para se chegar a um determinado fim, onde é considerado o estudo dos métodos para se realizar determinada tarefa, no que tange a fonte de pesquisa, técnicas e instrumentos para coletar dados. Ainda de acordo com Creswell (1998, p. 29), “é nesse momento em particular, em que deve se delimitar o tipo da natureza do estudo, a abordagem do problema, o objetivo e os procedimentos e técnica para coletar as informações que serão necessárias para a pesquisa”.

Conforme Marconi e Lakatos (1996, p 41), “As pesquisas podem ser classificadas do ponto de vista de sua natureza como Pesquisa Básica e Pesquisa Aplicada”. Sendo a primeira, com o objetivo de gerar novos conhecimentos que sejam úteis para o avanço da ciência, e a segunda, com o objetivo de produzir de fato, novos conhecimentos que venham ser utilizados na prática para solução de problemas e caráter específicos.

Entre uma pesquisa de caráter quantitativo e qualitativo, a principal diferença é que na primeira terá um viés quantificado, de informações e opiniões que podem ser traduzidos em números e que na segunda, irá propor uma relação entre o sujeito e o mundo real, ou seja, numa situação mais minuciosa e precisa.

Em relação aos objetivos da pesquisa, ela poderá ser exploratória, descritiva ou explicativa. No primeiro caso, irá expor uma situação mais profunda com o tema, com todas as possíveis hipóteses e explorando de fato toda uma problemática, para se ter um melhor vislumbre; a pesquisa descritiva, vai expor e descrever uma situação existencial e uma problematização mais recorrente, ou seja, vai descrever toda a situação de uma região, de um grupo de pessoas ou de determinado fenômeno, e a explicativa, aprofunda o conhecimento de uma realidade, explicando determinado motivo ou origem do problema. De sua parte

este trabalho a pesquisa caracterizou-se como exploratória, com procedimento bibliográfico e documental e com abordagem qualitativa e quantitativa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Importante se faz salientar primeiramente acerca das fontes de energias renováveis e não renováveis. A energia renovável, tem como principal característica ser originada diretamente da natureza, ou seja, podem ser reaproveitadas e utilizadas sem que se esgotem ao longo do tempo, além de não impactar negativamente o meio ambiente. São elas: a energia solar, a energia eólica, maremotriz, calor da terra e a biomassa como combustível. Já a energia não renovável, também provém da natureza, porém seu processo de renovação é muito longo, podendo levar milhões de anos, e por isso são consideradas não renováveis e causam um significativo impacto ambiental, sendo alguns exemplos os combustíveis fósseis originários do petróleo, o carvão mineral, o xisto, o gás natural e fontes de energia nuclear como o urânio e tório.

2.1 BIOMASSA COMO COMBUSTÍVEL: UMA ALTERNATIVA ENERGÉTICA

A energia renovável tem menor impacto ambiental e tem sido objeto de inúmeras pesquisas em especial com materiais derivados de biomassa, que podem substituir totalmente ou parcialmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores de vários tipos.

A onda verde, de maior sustentabilidade e menor impacto ao meio ambiente, já pode ser vista em diversos setores na atualidade, porém, vem crescendo cada vez mais dentro da aviação. A maior preocupação no setor é a atual emissão de CO₂ no meio ambiente e os custos crescentes com combustíveis na aviação.

Tendo em vista esses dois fatores, a opção mais viável para o setor cumprir a meta de redução, garantir o abastecimento das aeronaves e manter a lucratividade do negócio é utilizar fontes alternativas de energia para a aviação.

Vale ressaltar que o Brasil está entre os pioneiros no uso de biocombustíveis e já alcançou uma posição almejada por muitos países que buscam desenvolver fontes renováveis de energia, como alternativas estratégicas ao petróleo, de acordo com a ANP- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (2020).

Uma opção viável de Biocombustível é o biodiesel - Uma alternativa renovável ao combustível mais usado no Brasil que é o diesel fóssil. Para produzir o biodiesel, podem ser usados diversos tipos de óleos vegetais e gorduras animais, inclusive resíduos como o óleo de cozinha usado. Exemplos de matérias primas que podem ser citadas: óleo de soja, gordura bovina, outros materiais graxos, gordura de porco, óleo de fritura, óleo de palma/dendê, óleo de algodão, gordura de frango, óleo de milho e óleo de canola.

Contando com o mesmo desempenho e rendimento, o biodiesel é mais vantajoso, por causa de seus inúmeros benefícios econômicos, sociais e ambientais. Dentre suas vantagens, podemos citar que o biodiesel reduz a dependência por diesel fóssil importado, o preço do combustível, a poluição do ar, as emissões de gases de efeito estufa, os gastos com internações e as filas nos hospitais. Além disso, o biodiesel aumenta a oferta de combustíveis, geração de emprego e renda, o investimento em pesquisa e inovação, a industrialização, a qualidade do ar e de vida e a segurança alimentar e energética.

2.2 CONSUMO DE PETRÓLEO E EMISSÕES

Dois pilares importantes para a utilização de fontes alternativas de energia na aviação são: menor emissão de CO₂ no meio ambiente, isto porque, com a utilização de combustíveis derivados do petróleo, há uma considerável emissão de CO₂ no meio ambiente e conseqüentemente trazendo inumeráveis danos, e impactos ambientais; reduzir o uso de combustíveis a base de petróleo.

O petróleo é classificado como energia não renovável, sua utilização traz impactos ambientais prejudiciais ao meio ambiente, e apresenta um valor muito variável, pois é afetado por diversos fatores. Conforme opinião de Charles E. Schlumberger, especialista em transporte aéreo do Banco Mundial, “a crise

financeira afetou os custos com combustível e, conseqüentemente, os preços das passagens” (BARBOSA, 2011, p. 1).

O preço do barril de petróleo sofre mudanças diariamente de acordo com interações de demanda e oferta, então, pode se afirmar que o valor da passagem aérea tende a aumentar quando o preço do petróleo também está em alta. Ou seja, com o preço do petróleo aumentando, eleva-se os gastos com combustível para a companhia aérea, o que tende a majorar o preço das passagens aéreas.

2.3 DESAFIOS DOS BIOCOMBUSTÍVEIS NA AVIAÇÃO

Um dos maiores desafios para a implementação do biocombustível na aviação é a adaptação dos motores para se adequar a esta fonte de energia. Para um motor ser adequado em uma aeronave, é necessário que seja confiável, o mais leve possível, eficiente e econômico. É necessário confiar nele para que não haja uma falha repentina, deve ser leve de forma que a relação massa e potência seja eficaz e a economia do motor também é importante para que haja uma boa autonomia da aeronave.

Ao se analisar os benefícios da utilização do biocombustível na aviação, devem se considerar fatores como uma possível diminuição do preço do combustível, diminuição da poluição do ar e de emissões de gases de efeito estufa, melhor oferta de combustíveis e melhora na qualidade de vida e segurança energética. Entretanto, para alcançar as metas de redução de gases poluentes, é necessário o desenvolvimento de biocombustíveis produzidos de maneira sustentável, que atendam às necessidades técnicas da aviação. Para tanto, as pesquisas desenvolvidas indicam que existem diversas fontes de matéria prima para obtenção de biocombustíveis, como, a biomassa, bioquerosene, biodiesel, bioetanol e biometano (UBRABIO, 2020).

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, combustíveis produzidos sem

petróleo e tendo como matéria-prima a água e o dióxido de carbono disponível na atmosfera (BANDEIRA, 2020).

Todavia será necessário desenvolver um biocombustível que se adeque às tecnologias existentes nas aeronaves hoje, que utilizam combustíveis de origem fóssil. Isto porque, nem o etanol utilizado hoje por muitas aeronaves leves, possui as características necessárias para ser usado na aviação comercial. Desta forma será necessária uma mudança na estrutura das aeronaves que levariam novos motores, devido a incompatibilidade (BARBOSA, 2011).

Os biocombustíveis têm potencial de reduzir em 70% as emissões globais de CO₂ até 2050. O levantamento foi realizado pela Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, na sigla em inglês) e apresentado nesta durante o Etanol Summit, maior evento da América Latina do setor, um importante motivador para a implementação dessa fonte alternativa de energia

2.4 AVIAÇÃO MOVIDA À ENERGIA SOLAR COMBINADA COM ENERGIA ELÉTRICA.

Dentre as fontes de energia alternativas, a energia solar é uma opção que traz muitos benefícios e vem chamando muita atenção e muitos usuários ultimamente. No Brasil existem muitos locais onde o sol está presente na maior parte do ano, fazendo com que a captação da energia solar seja muito elevada.

A energia solar utiliza os raios solares para gerar energia e oferece grandes vantagens: não polui, é renovável e existe em abundância. A desvantagem é que ainda não é viável economicamente, os custos para a sua obtenção superam os benefícios. No entanto os custos associados à obtenção da energia solar têm vindo a descer, o que está a tornar a energia solar como sendo uma das principais fontes de energia renovável do futuro (BRASIL, 2020).

Equipamentos de energia solar terão os impostos de importação zerados até o final de 2021. Entre eles, bombas para líquidos, para uso em sistema de energia solar fotovoltaico que funciona com painéis solares que captam a luz e geram energia elétrica. O presidente Jair Bolsonaro comentou a medida em suas redes sociais: “O governo Bolsonaro zera imposto de importação de equipamentos

de energia solar. As resoluções publicadas no Diário Oficial da União surgem após sequência de isenções no mesmo sentido de cerca de 539 itens ligados ao combate do covid-19” (BRASIL, 2020).

Com essas facilidades será possível o investimento na energia solar, que combinada com baterias elétricas, possibilita impulsionar motores de aeronaves, como pode se ver na matéria publicada a seguir.

O maior avião elétrico do mundo realizou seu primeiro voo. O Cessna Caravan 208b adaptado completou seu voo inaugural de 30 minutos no final de maio, no estado de Washington (EUA). Desenvolvida pela magniX, a aeronave tem uma bateria com carga para um voo de até 160 quilômetros, podendo levar até nove passageiros. Sua velocidade máxima é de 180km/h. De acordo com o CEO da magniX, Roei Ganzarski, o grande avanço para a propulsão elétrica na aviação ocorre no momento em que as tendências de aeronaves menores, redução de custos e voos mais amigáveis ao meio ambiente estão coincidindo. A empresa destaca que o combustível para uma aeronave com motor a combustão custaria cerca de 350 euros. Já a eletricidade que o eCaravan consumo custa em torno de 6 euros. Embora ainda não seja capaz de realizar voos de longas distâncias, a companhia acredita na capacidade da aeronave realizar viagens locais por meio de voos de baixo custo livre de emissões. O executivo espera que o eCaravan possa voar comercialmente a partir de 2021. Ao demonstrar a viabilidade comercial do avião elétrico, a magniX espera inspirar fabricantes de baterias a projetar produtos para aviação. Em entrevista para BBC, Ganzarski declarou que acredita que baterias de aeronaves irá impulsionar a indústria aeroespacial a desenvolver modelos mais leves. Para especialistas, a energia solar é a fonte mais atrativa para ser utilizada em tecnologias de armazenamento em baterias. No Brasil, a Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR) tem atuado para contribuir na criação de políticas pública e de uma regulamentação do uso de baterias e sistemas de armazenamento no país. A entidade avalia que o principal desafio para o avanço da tecnologia é a falta de normas técnicas mais maduras e uma tributação muito onerosa. “O armazenamento ainda é um tema novo no Brasil e as normas ainda estão em desenvolvimento. É desejável que existam regras claras para esses sistemas”, declarou o coordenador do grupo de trabalho de tecnologias de armazenamento da ABSOLAR, Markus Vlasits, durante evento realizado em março (CASARIN, 2020, p. 1).

O Ministério de Minas e Energia informou que as fontes renováveis de energia, que incluem hidráulica, eólica, solar e bioenergia, chegaram a 46,1% de participação na Matriz da Demanda Total de Energia de 2019, aumentando 0,6 ponto percentual em relação ao indicador de 2018. A energia solar cresceu 92% e a eólica, 15,5%, fontes que, somadas, contribuíram com 50% do aumento da participação das renováveis na matriz. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica, Aneel, a instalação de equipamentos de geração de energia solar tem

grande potencial no Brasil e já corresponde por cerca de 3 gigawatts em potência instalada (BRASIL, 2020).

2.5 CÉLULA DE HIDROGÊNIO E SUAS PERSPECTIVAS PARA A AVIAÇÃO CIVIL.

Pesquisas recentes com financiamento da NASA (*National Aeronautics and Space Administration* ou Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço), organização norte-americana, apontam o hidrogênio como nova fonte de combustível para a aviação. Os pesquisadores são da Universidade de Illinois e receberam a quantia de US\$ 6 milhões para tal façanha (LWT SISTEMAS, 2019).

Essa pesquisa foca no desenvolvimento de um avião elétrico movido por células de hidrogênio, que são capazes de alimentar trens ou turbinas, mas não conseguem alimentar um motor a jato. Tal ineficácia se dá devido ao fato do motor a jato se sobrecarregar, já que as células de hidrogênio ocupam muito espaço. A solução encontrada foi resfriar criogenicamente as células, de forma a deixá-las condensadas em forma de líquido. Usando esse combustível líquido junto ao oxigênio do motor, se obtém uma fonte de energia que pode ser convertida em eletricidade e usada para acionar um sistema de propulsão elétrica de um motor a jato (LWT SISTEMAS, 2019).

A Airbus, também está investindo em pesquisas e desenvolvimento de aeronaves movidas a hidrogênio. Demonstrado a seguir.

A Airbus apresentou três conceitos de aviões movidos a hidrogênio, e espera colocar em serviço uma aeronave comercial de emissão zero em 2035, em meio à crescente pressão da opinião pública em favor de transportes não poluentes. O setor aeronáutico, difamado devido às suas emissões de CO₂ – 2 a 3% das emissões mundiais, segundo o setor –, tenta avançar rapidamente rumo à "descarbonização" do transporte aéreo. "Esperamos desempenhar um papel de liderança na transição mais importante que nossa indústria verá", afirma em um comunicado Guillaume Faury, presidente executivo da Airbus, grupo que deseja "tornar-se líder na descarbonização da indústria aeronáutica". A fabricante europeia estuda três conceitos de aeronaves, todas movidas a hidrogênio e nomeadas "ZEROe" - "zero emissões". O motor de hidrogênio não emite poluentes, já que produz apenas vapor de água. O primeiro é um turboreator "de configuração clássica", segundo explica Guillaume Faury ao jornal *Le Parisien*. Com 120 a 200 passageiros – o equivalente a um A220 ou um A320 – e uma autonomia de mais de 3.500 quilômetros, seria movido por uma turbina de gás com hidrogênio, armazenado em tanques localizados na parte traseira da fuselagem. "O coração dos motores de um avião é uma turbina de gás" na qual o querosene vaporizado é queimado, explicou o diretor-geral da aviação civil (DGAC) francesa,

Patrick Gandil. E fazer combustão com hidrogênio, "quase tão energética quanto", precisaria apenas, segundo ele, de pequenas modificações. O segundo conceito é um avião de alcance regional turboélice (de hélice) que poderia levar até 100 passageiros a uma distância de 1.800 km. O terceiro conceito é uma asa voadora com uma capacidade e autonomia semelhantes ao conceito do turboreator. Segundo Gandil, é principalmente no armazenamento e seu transporte onde está a dificuldade do hidrogênio. O hidrogênio requer quatro vezes o espaço de armazenamento do querosene e, acima de tudo, deve ser liquefeito a - 250° C. "A fuselagem excepcionalmente larga oferece múltiplas possibilidades para armazenar e distribuir hidrogênio, bem como para o condicionamento da cabine", explica a Airbus. Os tanques criogênicos devem, na verdade, resistir à pressão e ter forma cilíndrica ou esférica, "por isso não podem ser colocados nas asas, como é feito atualmente" explica Patrick Gandil. Isso abre caminho para inúmeras mudanças possíveis na forma do avião, além de implementar motores sob as asas. A Airbus, o grupo de motores Safran, assim como sua co-empresa ArianeGroup e Onera, avaliam desde o início do ano o uso do hidrogênio na aviação. Todo esse processo vai demorar cerca de sete anos, segundo Guillaume Faury. "Portanto, a implementação do programa está prevista para perto de 2028. Nossa ambição é ser o primeiro fabricante a colocar esse dispositivo em serviço em 2035". Este calendário corresponde ao objetivo de um "avião neutro em carbono" estabelecido pelo governo francês, que prevê dedicar 1,5 bilhão de euros (US\$ 1,8 bilhão) até 2022 em apoio ao setor da aviação. Muitos Estados europeus já fizeram do hidrogênio um dos principais eixos para o futuro desenvolvimento do setor aéreo (PRESSE, 2020, p. 1).

As pesquisas iniciadas apontam que as células de hidrogênio apresentam ótima perspectiva como possível fonte alternativa de energia para as futuras gerações de aeronaves.

2.6 SUSTENTABILIDADE NA IMPLEMENTAÇÃO.

Existem três fatores preponderantes e peculiares em se tratando da aviação e a perspectiva de sustentabilidade, que são: o consumo de combustíveis fósseis, gases do efeito estufa lançados no meio ambiente e as alterações climáticas existentes. A associação ao consumo de combustíveis fósseis, à emissão de GEE e às alterações climáticas, faz com que o transporte aéreo ganhe expressividade na área da sustentabilidade. Associadas à leviandade com que têm sido abordadas as temáticas supracitadas e o usufruto de subsídios considerados injustos, gera-se controvérsia e aumenta a complexidade e a relevância da relação entre o ambiente e a aviação (DALEY, 2010).

Este cenário de sustentabilidade tem se tornado mais presente na atualidade, e vem ganhando mais força no meio da aviação, pois todas as

empresas do setor neste mercado possuem responsabilidade ambiental e os impactos gerados no meio ambiente pelas anteriormente citadas atinge a todos (ALVES, 2019).

Embora exista certa dificuldade de implementação da sustentabilidade na aviação, muitos aeroportos estão implementando medidas de sustentabilidade, como o uso de equipamentos de iluminação ecoeficientes, reutilização de água e transportes menos poluentes utilizados nos serviços dos aeroportos. Estima-se que 1,6 toneladas de gases causadores do efeito estufa deixam de ser emitidos por ano no aeroporto de São Francisco. O uso da luz do dia, com designers que valorizam a luz natural do sol para reduzir o uso das lâmpadas artificiais. Redução no consumo de água, com tubulações mais eficientes e que reutilizam a água nos sanitários. Além de mudanças nos serviços ao redor dos aeroportos, como ônibus que prestam serviços aos aeródromos que usam biodiesel como combustível e descontos para usuários que alugam carros ecoeficientes (ECYCLE, 2020).

O maior problema está nas emissões de gases pela queima de combustível fóssil, que é a maior fonte de energia para as aeronaves. Um voo de longa distância requer muito combustível, o que leva a uma emissão elevada de GEE. A mudança dos combustíveis de origem fósseis para combustíveis mais sustentáveis é de difícil implementação, devido a difícil adaptação dos motores a um tipo diferente de combustível (ABREU, 2016).

2.7 AVIAÇÃO E EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Quando se trata da aviação, a primeira coisa que se vem na mente é de como ela conecta as pessoas e consegue fazer o transporte de bens e materiais que estão numa distância de tantos quilômetros, em um curto tempo. Mas para que esse trabalho benéfico seja concluído com sucesso, existe seus malefícios, e os problemas mais relevantes estão na poluição do meio ambiente e na poluição sonora que pode atingir um elevado nível de decibéis (ANAC, 2020).

Com o passar dos anos, a aviação evoluiu muito, motores que eram a combustão passaram a ser a reação, ficaram maiores, muito mais eficientes, mas com isso, se tornaram mais barulhentos e poluentes. Hoje em dia as empresas

fabricantes se importam muitos com isso, como pode se ver o exemplo da Airbus, que apresenta o A350-900 como um dos aviões mais modernos e ecologicamente corretos do mundo. Ele emite 50% menos ruído, seus motores Rolls Royce Trent XWB de última geração e a diminuição do peso da aeronave permitem reduzir as emissões de ruído para bem abaixo dos limites estabelecidos; resultando em 25% menos consumo de querosene e emissões que em aeronaves similares (ALVES, 2019).

Segundo dados recentes da Associação Latino-Americana e do Caribe de Transporte Aéreo (ALTA), suas companhias aéreas membro alcançaram eficiência anual de 3,5%, acima do objetivo traçado pela indústria aérea em 2010, de 1,5%. Entre as propostas, está “interromper o crescimento de emissões de CO₂ a partir de 2020 e reduzir em 50% as emissões líquidas de CO₂ a partir de 2050” (ALVES, 2019).

A indústria da aviação é o setor de transporte que tem continuamente implementado melhoria de performance ambiental, mas as constantes melhorias tecnológicas não acompanham o incremento de emissões devido ao próprio crescimento do tráfego aéreo. A aviação é responsável por 3% das emissões globais de gás carbônico, mas há perspectivas que indicam um substancial aumento desta participação (FIGUEIREDO, 2013).

Nos motores modernos, os níveis de poluentes têm diminuído consideravelmente devido ao aumento das temperaturas de combustão dos motores, além da adoção de soluções que melhoram a queima da mistura ar-combustível nas câmaras de combustão e no rendimento termodinâmico. Espera-se que com essas medidas técnicas e regulamentares deixe de se colocar 270 mil toneladas de CO₂ por ano nos próximos anos (FIGUEIREDO, 2013).

2.8 CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS NA AVIAÇÃO

A busca por energias limpas, não agressivas ao ambiente e renováveis é de suma importância para o futuro da aviação. Os combustíveis representam cerca de 30% dos custos de operação das empresas aéreas. Dessa forma, todos

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 (dados da Agência Nacional do Petróleo) (FIGUEIREDO, 2013). 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.

Atualmente, os combustíveis aeronáuticos são classificados em três grupos principais: a gasolina de aviação (Avgas), o querosene de aviação (Jet Fuel) e o diesel. Mas, durante muito tempo, a gasolina automotiva foi o principal combustível dos motores de aviação. Depois dela, veio a gasolina de aviação, que se mostrou volátil, com baixo ponto de fulgor, sendo, portanto, um líquido muito inflamável nas temperaturas normais de operação (FIGUEIREDO, 2013). 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.

O Jet Fuel, também conhecido como querosene de aviação, é o combustível utilizado nas aeronaves com motores a reação (turbinas). 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 (FIGUEIREDO, 2013).

O óleo 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. 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 diesel como combustível na aviação brasileira ainda não foi aprovada pelas autoridades de aviação civil em razão da qualidade variável do produto (FIGUEIREDO, 2013).

2.9 EMPRESAS FABRICANTES DE AERONAVES E O MEIO AMBIENTE

As duas principais empresas fabricantes de aeronaves comerciais do planeta vêm trabalhando com o intuito de diminuir as emissões de GEE, fazendo com que as aeronaves por elas produzidas não sejam tão agressivas ao meio ambiente. A Boeing está servindo como catalisadora para o setor brasileiro de biocombustíveis de aviação, incluindo o recrutamento de companhias aéreas brasileiras para o Grupo de Usuários de Combustível Sustentável para Aviação (SAFUG). A Marinha dos EUA e a Boeing estão liderando um processo de aprovação de biocombustíveis para o F-18 Super Hornet, que está previsto para conclusão neste ano. Em abril de 2010, a Marinha dos EUA realizou um voo de Super Hornet com uma mistura 50/50 de biocombustível (de camelina) e combustível derivado do petróleo (BOEING, 2020).

Em outubro de 2011, a Boeing, a Embraer e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) anunciaram um acordo de colaboração de longo prazo em pesquisa e desenvolvimento de biocombustíveis para aviação, um movimento que representa mais um passo importante na criação, no Brasil, de uma indústria de biocombustíveis sustentáveis para aviação. Como resultado, a Boeing, a Embraer e a FAPESP lançaram, em junho de 2013, um relatório detalhado, descrevendo as oportunidades e desafios de criar, no Brasil, uma indústria de produção e distribuição de combustível de aviação bioderivado, sustentável e economicamente viável (BOEING, 2020).

Em março de 2012, a Boeing, a Airbus e a Embraer assinaram um Memorando de Entendimento para trabalhar em conjunto no desenvolvimento de biocombustíveis acessíveis para a aviação. Os três principais fabricantes concordaram em buscar oportunidades colaborativas de falar em uníssono com o governo, com produtores de biocombustíveis e outras partes-chave para apoiar,

promover e acelerar a disponibilidade de novas fontes de combustível sustentável para aviação (BOEING, 2020).

Quanto a proporcionar ecoeficiência, a Airbus declara que desde as decisões tomadas ao mais alto nível até às tomadas durante as operações diárias nas suas instalações em todo o mundo, a preocupação ambiental é uma das principais considerações na Airbus. Uma parte significativa desta preocupação envolve os próprios *jetliners*, ou seja, aeronaves movidas a motor a jato: os últimos produtos da empresa - que incluem o A220, A320neo, A350 XWB e A380, juntamente com o novo A330neo - são todos altamente eficientes em termos de combustível, proporcionando economia aos operadores, ao mesmo tempo que reduzem as emissões de CO₂.

Para reduzir ainda mais o impacto ambiental, foi adotada uma abordagem "berço a berço" pelos designers da Airbus - que estão desenvolvendo produtos e tecnologias que têm em conta todo o ciclo de vida de uma aeronave, desde a concepção até à reciclagem e reutilização (AIRBUS, 2020).

Em relação a prioridade à redução do ruído das aeronaves, os extensos esforços da Airbus são sublinhados pelas suas famílias de aviões a jato eficientes, ditos por ela, como os mais silenciosos do céu, assegurando uma maior capacidade operacional nos aeroportos com restrições de ruído. Na liderança está o A380, que transporta 42% mais passageiros que o seu concorrente mais próximo, produz 50% menos energia sonora à partida, bem como três a quatro vezes menos quando pousa (AIRBUS, 2020).

A empresa dá grande prioridade à redução do ruído ao longo de todo o seu processo de concepção, e concentra-se na concepção de nacelas de baixo ruído, tratamento acústico e tecnologias de baixo ruído dos motores em cooperação com os fabricantes de motores. Os desenvolvimentos nesta área incluem o Procedimento de Partida de Ruído Automático (PPRA), que otimiza o impulso e a trajetória de voo para reduzir o ruído em áreas povoadas.

A Airbus apoia o novo nível de rigor sonoro adotado em fevereiro de 2013 pela Organização Internacional da Aviação Civil (OACI) - que baixou a atual norma em sete decibéis, entrando em vigor no final de 2017. Todas as aeronaves

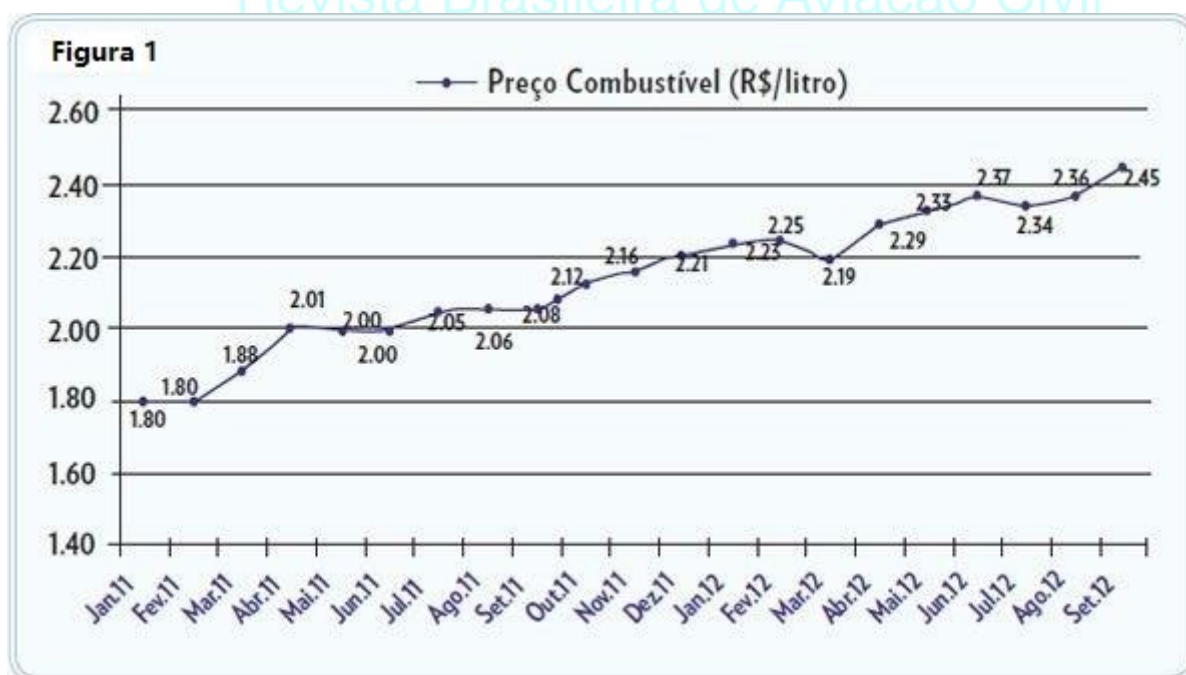
em desenvolvimento pela Airbus estão sendo construídas de acordo com a nova norma (AIRBUS, 2020).

3 ANÁLISE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS

Os combustíveis representam cerca de 30% dos custos de operação das empresas aéreas. Dessa forma, todos envolvidos nesse mercado estão se mobilizando para achar soluções que visam à diminuição do consumo. O seu custo é suscetível à mudanças políticas e econômicas e acaba sendo bastante variável, como se observa na Figura 1, a seguir.

Os maiores custos de uma linha aérea são os encargos trabalhistas e o combustível. Em 2013, quando os preços do petróleo estavam mais altos que atualmente, o combustível era responsável por 33% dos gastos das empresas, contra 18% dos salários. Em 2016, essas razões foram de 21% e 22% na América do Norte, respectivamente, quando os custos trabalhistas ultrapassaram aqueles com combustível (BRYAN, 2018).

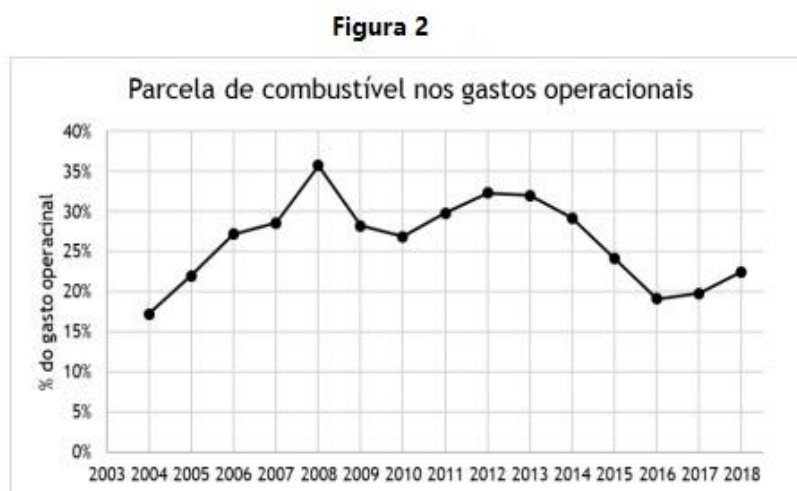
Figura 1 – Preço do combustível.



Fonte: Aeromagazine, 2013.

No entanto, de acordo com os dados da IATA (2018a), para o cenário do mundo como um todo, considerando a previsão para o fim de 2020, os custos trabalhistas se consolidarão em 23,8% dos custos operacionais, enquanto o combustível será responsável por 24,2% dos gastos. A Figura 2 mostra a evolução do percentual do gasto com combustíveis em relação aos custos operacionais ao longo dos anos.

Figura 2 – Combustível como porcentagem do custo operacional



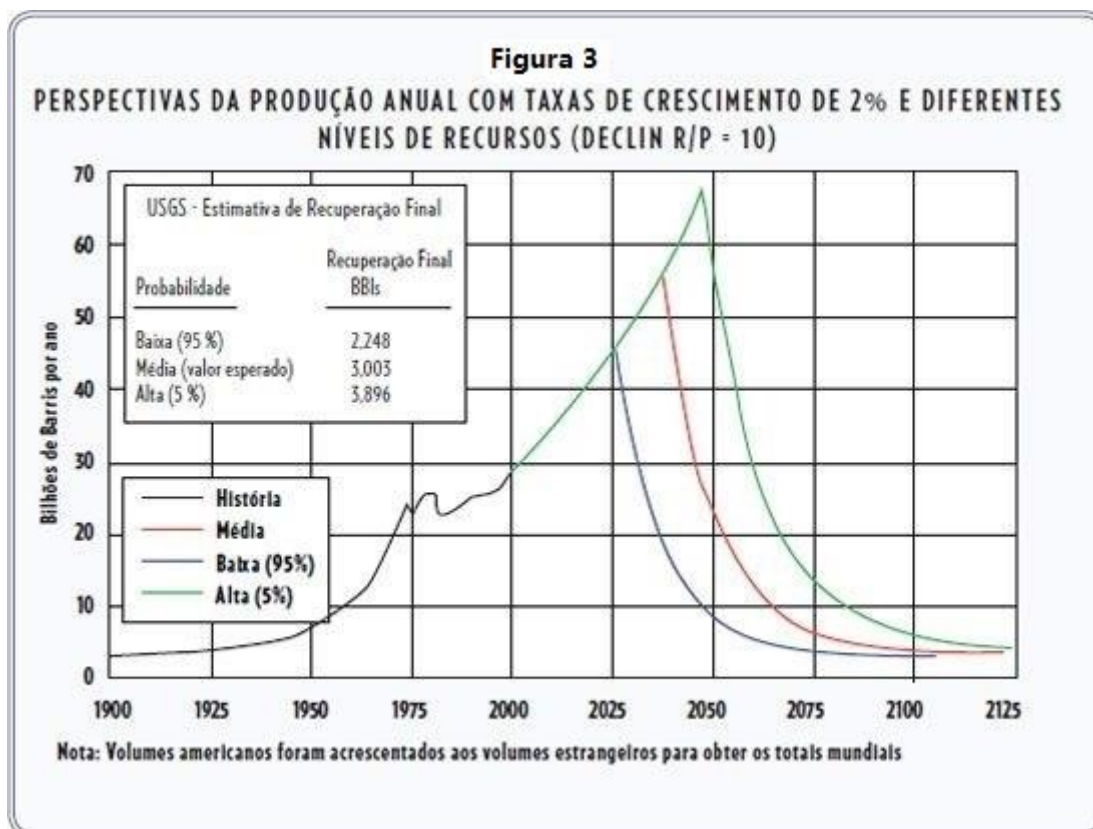
Fonte: IATA, 2018a.

Segundo a IATA (2018a), os custos com combustível na aviação comercial ao final de 2018 estavam projetados para 188 bilhões de dólares, um aumento de 26,1% em relação a 2017. Os altos custos do combustível e a alta volatilidade dos preços das commodities contribuem para que o consumo de combustível esteja sempre em foco em uma linha aérea, o que fomenta um intenso e constante esforço por redução de consumo, seja por meio da renovação da frota, operações mais eficientes, ou trabalhos conjuntos por melhorias no espaço aéreo.

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, mais caro como demonstrado na previsão da *United States Geographical Survey*, representada na Figura 3.

Figura 3 – Perspectivas da produção anual de combustíveis fósseis.



Fonte: Aeromagazine, 2013.

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 (FIGUEIREDO, 2013).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente a aviação é muito dependente dos combustíveis derivados do petróleo, mas não é um fator totalmente impeditivo para que se mude gradativamente para uma fonte de energia mais sustentável. As tecnologias estão cada vez mais modernas ao passo que algumas aeronaves já voam com biocombustíveis. A energia solar pode ser uma opção e testes já estão sendo feitos em aeronaves abastecidas com energia solar e com células de hidrogênio como fonte de suprimento de energia como demonstrado.

No programa da LWT Sistemas que se propõe a desenvolver uma plataforma para armazenar hidrogênio líquido congelado, que será transformado em energia elétrica. Essa pesquisa está a passos de mudar o rumo da aviação, por conta de ser uma energia mais eficaz e menos poluente do que a usada atualmente. O uso da célula de hidrogênio com pesquisas em andamento poderá revolucionar a aviação com o uso do avião elétrico. De acordo com o avanço das pesquisas, tal energia poderá ser armazenada congelada e utilizada quando necessário, de forma a dar propulsão a motores a jato e diminuir sensivelmente as emissões de CO₂.

Em relação a produção de biocombustível, pode se avaliar de que 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, demonstrando o envolvimento da indústria aeronáutica na promoção de um mercado de combustíveis alternativos para aviação. Para a 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 níveis similares ao do 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 se comparados à gasolina pura. Sua desvantagem ainda está na baixa produção, uma vez que necessita de certo tempo para a colheita e grandes extensões de terra. Verificou-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 e 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, considerando-se a nova realidade na economia mundial, na qual não só o aspecto de custos está em jogo, mas também o custo ambiental, diante disso o Brasil tem uma posição-chave, pois detêm capacitação tecnológica e farta matéria-prima para a produção de biocombustíveis. Conclui-se que a utilização de energias renováveis impactaria diretamente nos gastos das companhias aéreas, proporcionaria uma redução nas emissões de CO₂ no ambiente e tornaria estas mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ABREU, Hélio Luís Camões de. **Motores de aviação convencionais e a reação**. 1. ed. rev., atual. e ampl. – Palhoça: UnisulVirtual, 2016.

ALVES, Danilo Teixeira. **Especial Aviação (Final): sustentabilidade da aviação já é realidade?** 2019. Disponível em: https://www.panrotas.com.br/aviacao/empresas/2019/09/especial-aviacao-final-sustentabilidade-da-aviacao-ja-e-realidade_167381.html. Acesso em 20 de setembro de 2020.

ANAC. **Ruído aeronáutico.** 2020. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/ruído-aeronautico>. Acesso em 12 de outubro de 2020.

AIRBUS. **Meio ambiente.** 2020. Disponível em: <https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/environment.html>. Acesso em 19 de outubro de 2020.

BANDEIRA, Renan. **Combustível sintético: a possível tábua de salvação do motor a combustão.** 2020. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/combustivel-sintetico-a-possivel-tabua-de-salvacao-do-motor-a-combustao/>. Acesso em 12 de outubro de 2020.

BARBOSA, Vanessa. **Biocombustíveis: nova fronteira para aviação.** 2011. Disponível em: <https://exame.com/mundo/biocombustiveis-uma-nova-fronteira-para-a-aviacao/>. Acesso em 10 de setembro de 2020.

BOEING. **Biocombustíveis sustentáveis.** 2020. Disponível em: <https://www.boeing.com.br/a-boeing-no-brasil/biocombustiveis-ustentaveis.page>. Acesso em 19 de outubro de 2020.

BRASIL. ANP- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis> Acesso em 12 de outubro de 2020.

BRASIL. **Governo zera imposto de importação de equipamentos de energia solar.** 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2020/07/governo-zera-imposto-de-importacao-de-equipamentos-de-energia-solar>. Acesso em 02 de outubro de 2020.

CARVALHO, Ivan. **Consumo gerenciado.** 2013. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/consumo-gerenciado_809.html. Acesso em 19 de outubro de 2020.

CASARIN, Ricardo. **Maior avião elétrico do mundo realiza primeiro voo nos Estados Unidos.** 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/maior-aviao-eletrico-do-mundo-realiza-primeiro-voo-nos-estados-unidos.html>. Acesso em 04 de setembro de 2020.

CRESWELL, John. **Qualitative inquiry and research design: choosing among five traditions**. Thousand Oaks, California: Sage publications, 1998

DALEY, Ben. **Air Transport and the Environment**. 2010. Obtido de <http://eprints.soas.ac.uk/8837/>.

ECYCLE. **Conheça as inovações do aeroporto mais sustentável do mundo**. 2020. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/37/350-conheca-as-inovacoes-do-aeroporto-mais-sustentavel-do-mundo.html>. Acesso em 02 de outubro de 2020.

FIGUEIREDO, Luiz Alberto Gomes. **Motores e combustíveis de aviação**. 2013. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/motores-e-combustiveis-de-aviacao_808.html Acesso em 04 de setembro de 2020.

IATA. **Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management**. 4. ed. Canada: IATA. 2009.

LWT Sistemas. **Avião movido a hidrogênio é o novo investimento da NASA**. 2019. Disponível em: <https://www.lwtsistemas.com.br/2019/06/02/aviao-movido-a-hidrogenio>. Acesso em 08 de setembro de 2020.

MARCONI, Marina de Andrade. Cultura e sociedade. In: LAKATOS, Eva Maria. Sociologia. ed. São Paulo: Atlas, 1996

PRESSE, France. **Airbus apresenta três conceitos de aviões movidos a hidrogênio para 2035**. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/09/21/airbus-apresenta-tres-conceitos-de-avioes-movidos-a-hidrogenio-para-2035.ghtml>. Acesso em 02 de outubro de 2020.

RAUEN, Fábio José. Roteiros de investigação científica. Tubarão: Unisul, 2002.

SILVA. E. L, et al. Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação. UFSC, 2005.

UBRABIO. **O que é Biodiesel?**. 2020. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/o-que-e-biodiesel/>. Acesso em 15 de setembro de 2020.

UNICA. **Biocombustíveis podem reduzir 70% das emissões globais.** 2019. Disponível em: <https://unica.com.br/noticias/biocombustiveis-podem-reduzir-70-das-emissoes-globais/#:~:text=dado%20%c3%a9%20apontado%20por%20estudo,globais%20de%20co2%20at%c3%a9%202050>. Acesso em 12 de outubro de 2020.

