

**UM ESTUDO SOBRE AS ALTERNATIVAS DE MOTORES E ENERGIAS
RENOVÁVEIS PARA A AVIAÇÃO****Hector Breno Mayo Costa¹****Jairo Afonso Henkes²****RESUMO**

Tendo em vista o estudo sobre as alternativas de motores e energias renováveis para a aviação, pesquisa-se sobre a utilização de alternativas para os combustíveis fósseis no mercado aeronáutico e como consequência a evolução dos motores à reação, com o principal objetivo de minimizar ou até mesmo controlar as emissões de poluentes pelas aeronaves. Realizou-se então uma pesquisa exploratória qualitativa, diante desse quadro verifica-se que apesar de amplos estudos no setor o progresso e a regularização são lentos, porém as pesquisas estão caminhando para que haja uma menor taxa de queima de combustíveis fósseis pelas aeronaves, visa-se mostrar a preocupação do setor aéreo, mostrando assim o comprometimento com as emissões de dióxido de carbono emitidos anualmente ao redor do mundo.

Palavras-chave: Emissão de poluentes. Motores aeronáuticos. Combustíveis alternativos.

¹ Bacharel em Ciências Aeronáuticas (Unisul). E-mail: hectorbreno98@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

A STUDY ON ALTERNATIVES OF ENGINE AND ENERGY RENEWABLES FOR AVIATION

ABSTRACT

In view of the study on alternative engines and renewable energies for aviation, research on the use of alternatives to fossil fuels in the aeronautical market and as a consequence the evolution of engines to reaction, with the main objective of minimizing or even even control pollutant emissions by aircraft. A qualitative exploratory research is then carried out. In view of this situation, it appears that despite extensive studies in the sector, progress and regularization are slow, but research is moving towards a lower rate of burning of fossil fuels by aircraft, aims - show the concern of the airline sector, thus showing the commitment to the carbon dioxide emissions emitted annually around the world.

Keywords: Pollutant emission. Aircraft engines. Alternative fuels.

RBAC & CIA
**Revista Brasileira de Aviação Civil
& Ciências Aeronáuticas**

1 INTRODUÇÃO

ISSN 2763-7697

Desde os primórdios da civilização o homem busca a constante evolução da tecnologia. E de acordo com Auguste Comte (1854), o progresso é a lei da história da humanidade, e o homem está em constante processo de evolução. Pode-se verificar que a constante vontade de voar, permitiu ao homem evoluir ao longo dos anos, começa-se o processo de construção do avião e a origem da aviação, Otto Lilienthal e seus primeiros planadores, na vanguarda da experimentação aérea em meados da década de 1890. Fotografias e gravuras que representam Lilienthal em voo foram impressas em muitas revistas e jornais, e dificilmente se pode imaginar o efeito de vêr um humano no alto com grandes asas arqueadas (GRAY, 2013). Com os anos foram surgindo personagens icônicos na aviação como os irmãos Whright e Santos Dumont que permitiram a aviação dar um grande passo no início

do século XX, com o passar do século a tecnologia durante guerras permitiu que a aviação no mundo fosse muito mais abrangente que apenas usada para meios militares.

Com a descoberta de que o motor a pistão estipulava um limite para os engenheiros já que a hélice era um obstáculo para o intuito de ter maior propulsão, levou com que os engenheiros produzissem um “motor a gás” conhecido mais comumente como motor a jato. A aviação a jato permitiu que o homem alcançasse outros horizontes pelo fato de não utilizar mais hélices nas aeronaves e sim um compartimento compacto onde toda a engenharia a jato se comportava, possibilitou que as aeronaves atingissem uma velocidade muito maior que as aeronaves a pistão. Com isso a alta produção e a utilização do motor a jato se deu no fim dos anos de 1970 com o crescimento da aviação intercontinental civil, isso permitiu que a aviação civil fosse um grande foco da aviação com motores a jato que logo com a sua evolução tecnológica surgiram os motores conhecidos como *turbo fan* que mantém suas raízes até a aviação atual sendo eles cada vez mais econômicos e com incentivos tecnológicos para sua diminuição de emissões de gases poluentes (UBIRATAN, 2014).

A aviação é responsável por 3% das emissões globais de CO₂ e cresce a uma taxa de 5% a 10% ao ano, contribuindo para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), o setor está sendo pressionado a reduzir suas emissões de poluentes, a aviação vêm ganhando destaque sobre os estudos de combustíveis alternativos e renováveis, para minimizar e reduzir as emissões de poluentes, frentes econômicas/ambientais, procuram viabilizar e pesquisar no setor. exemplo do setor; A Etihad Airways é pioneira na pesquisa sobre bicomcombustíveis para a aviação na região, como pode-se observar na Figura 1, a seguir. Isto também registra a primeira vez que um vôo foi operado com combustível derivado de plantas cultivadas em água salgada. Nesta ocasião o Senhor Tony Douglas, diretor executivo do Grupo Etihad Aviation Group, disse:

“Este é um momento significativo para o nosso país e suas principais indústrias. A Etihad está totalmente comprometida com este projeto, que demonstra uma prova de conceito bem-sucedida, local, viável, econômica e sustentável. A descarbonização é importante em toda a indústria da

aviação e, juntamente com nossos parceiros, a Etihad se orgulha de estar na vanguarda dessa nova pesquisa” (BRITTO, 2019).

Figura 1 – Motor de uma aeronave da empresa Etihad Airways, em 2019.



Fonte: Mercado & Eventos, 2019.

A Etihad Airways é pioneira na pesquisa sobre bicompostíveis para a aviação na região e isso marca a primeira vez que um vôo foi operado com combustível derivado de plantas cultivadas em água salgada (BRITTO, 2019).

A indústria da aviação está comprometida com a redução de seu impacto ambiental e estabeleceu metas ambiciosas para atingir um crescimento neutro em carbono até 2020 e reduzir em 50% as emissões de dióxido de carbono (dos níveis de 2005) até 2050. Atualmente, a indústria de aviação gera aproximadamente 2% das emissões de dióxido de carbono causadas pelo homem; é uma parte pequena, mas crescente, e as projeções sugerem que atingirão um nível de 3% até 2030 como descrito no Plano de Voo para Biocompostíveis de Aviação no Brasil (FAPESP, 2013).

Os padrões atuais de produção e consumo de energia são baseados fortemente na queima de combustíveis fósseis (GOLDEMBERG & LUCON, 2007). Todavia, as reservas existentes destes recursos são finitas, sendo previsível que elas se esgotem em uma expectativa de 41 anos para o petróleo, 63 anos para o gás natural e 147 anos para o carvão, (GOLDEMBERG, 2015). Dessa forma, o

mundo se vê em uma situação a qual o planejamento energético é de extrema importância, pois em uma ou duas gerações as principais fontes de energia mundial estarão escassas.

Com base em toda essa evolução essa pesquisa teve o intuito de analisar e refletir sobre a trajetória da aviação explicando brevemente seu início e colocando como foco a indústria atual baseada em motores turbofans e nas energias renováveis, considerando ainda a necessidade de economia de combustível e menores emissões de poluentes mostrando ao leitor os desafios enfrentados atualmente pela aviação e como companhias de todo o mundo estão trabalhando para a construção de tecnologias viáveis para uma aviação mais sustentável no futuro.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Analisar como a aviação civil tem sido influenciada na busca por motores mais eficientes e por combustíveis alternativos e renováveis para o setor.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Descrever e analisar a evolução tecnológica dos motores à reação chamados de *turbofan* e os incentivos das organizações do setor para a utilização de combustíveis alternativos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Descrever as formas de energias e combustíveis utilizados na aviação civil.
- Descrever a evolução tecnológica dos motores a reação, de 1970 a 2020;
- Descrever e analisar a evolução no consumo de combustíveis de origem fósseis.

1.3 JUSTIFICATIVA

A aviação tem utilizado de combustíveis fósseis desde de seu surgimento no século XX, no início do século XXI empresas vêm procurando métodos diferenciados para que haja a redução de emissão de poluentes tanto pelo fato do governo e organizações pressionarem como a busca por métodos de consumo que possam ter uma redução maior de custo produzindo também motores mais eficientes já que as alternativas de combustíveis fósseis estão com o decorrer do tempo tornando-se cada vez mais caras (UBRABIO, 2017).

Atualmente se observa um grande crescimento por busca tecnológicas para facilitar o uso de energias renováveis mas ainda assim temos grandes desafios para enfrentar, a indústria aeronáutica tem planos de que até 2050 haja a redução de 50% da emissão de dióxido de carbono comparados ao ano de 2005 (UBRABIO, 2017).

Hoje o mercado total de querosene de aviação no Brasil é em torno de 6,7 milhões de metros cúbicos e as tecnologias existentes permitem a mistura com combustíveis renováveis em até 50%, com uma alta concentração de consumo em cerca de 30 postos de abastecimento em aeroportos (UBRABIO, 2017).

Encontra-se diferentes pesquisas e empresas inovadoras com a intenção de pesquisar e desenvolver combustíveis alternativos a base de energias renováveis na aviação assim como empresas que procuram e viabilizam a redução no consumo de combustíveis fósseis no mercado atual.

Pode-se citar a EMBRAER como uma das empresas pioneiras neste ramo no Brasil, pois há mais de 10 anos vem desenvolvendo tecnologias inovadoras com a utilização de etanol, na aviação o mercado já faz a utilização de aviões agrícolas movidos a etanol, que teve um grande crescimento com essa inovação tecnológica em seus motores, pois há uma diminuição de custos pelo uso deste biocombustível, está aeronave se encontra no mercado há mais de 10 anos e a

empresa também produz “kits” (conjunto de peças) com o intuito de converter aviões com tecnologia antiga para a utilização de etanol nas aeronaves (UBRABIO, 2017).

Cada Ipanema EMBRAER 203, que se observa na Figura 2 a seguir, movido a etanol deixa de emitir por ano cerca de 20 quilos de chumbo na atmosfera, segundo a Embraer e considerando a frota total de aviões nesses 10 anos, deixou-se de emitir 51 toneladas de chumbo (UBRABIO, 2017).

Figura 2 – Aeronave EMBRAER 203 sobrevoando um campo



Fonte: Aeromagazine, 2017.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Natureza e Tipo da Pesquisa

A pesquisa a ser realizada se caracterizará como exploratória com procedimentos bibliográficos e estudos de caso com abordagem qualitativa e

quantitativa. Ao final de uma pesquisa exploratória, você conhecerá mais sobre aquele assunto, e estará apto a construir hipóteses. Como qualquer exploração, a pesquisa exploratória depende da intuição do explorador (neste caso, da intuição do pesquisador). Por ser um tipo de pesquisa muito específica, quase sempre ela assume a forma de um estudo de caso (GIL, 2008).

Quanto ao procedimento de pesquisa de dados, o mesmo se caracteriza como bibliográfico, pois a pesquisa bibliográfica é então feita com o intuito de levantar um conhecimento disponível sobre teorias, a fim de analisar, produzir ou explicar um objeto sendo investigado. A pesquisa bibliográfica visa então analisar as principais teorias de um tema, e pode ser realizada com diferentes finalidades (CHIARA, 2008).

Também será realizado um breve estudo de caso abordando a influência das novas tecnologias no meio de transporte aéreo e como isso influencia na emissão de poluentes e da economia de combustíveis. A apresentação dos resultados foi através de textos descritivos e explicativos, com a discussão dos resultados com a conclusão dos estudos do caso da evolução técnica do *turbofan*. Adota-se o estilo de progressão de idéias associando a literatura consultada com as informações técnicas fornecidas pelo estudo de caso.

1.4.2 Materiais e Métodos da Pesquisa

Os materiais a serem estudados e analisados foram bibliográficos e documentais, tais como: dissertações, livros, sites de navegação, artigos, notícias entre outros.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A partir do século XX começou haver um grande consumo de energias fósseis por todo o globo, isso permitiu um grande crescimento e avanço em todos os sentidos na humanidade. Durante anos as empresas usavam combustíveis não renováveis de forma desenfreada e foi em meados de 1970 que os países

começaram a perceber sobre os impactos negativos trazido ao longo dos anos e como isso poderia afetar o futuro da humanidade e o meio ambiente, a partir de então começaram debates a respeito da degradação do ambiente como problema global, protestos e manifestações a respeito foram ao auge e permitiram que a ONU em 1972 decidisse fazer a primeira grande conferência mundial a respeito do meio ambiente que foi um grande marco para as questões ambientais a chamada: conferência das nações unidas sobre o meio ambiente humano em 1972 que foi realizada em Estocolmo na Suécia (EPE, 2018).

A partir disso, foram promovidas uma série de outras grandes conferências mundiais pela ONU pautados na discussão sobre o agravamento dos problemas ambientais e com o objetivo de formular políticas públicas sobre o meio ambiente e desenvolvimento, visto que pesquisas científicas apontavam previsões catastróficas para a humanidade e o meio ambiente caso o modelo de crescimento econômico não se alterasse, e também foram criadas nos países instituições voltadas para a questão do meio ambiente (SILVA, 2017).

A conferência permitiu que os estados olhassem a questão do meio ambiente com outros olhares e com a extrema importância de promover ações benéficas em prol do meio ambiente. Um dos resultados da Conferência de Estocolmo (1972) foi a Declaração das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, também chamada de Declaração de Estocolmo. Os principais pontos abordados na conferência de Estocolmo foram:

- Preservação da fauna e da flora como atitude essencial.
- Redução do uso de resíduos tóxicos.
- Apoio ao financiamento do desenvolvimento para que países subdesenvolvidos atinjam o progresso esperado. Essa questão é importante, pois a declaração acredita que a melhor maneira de barrar a degradação ambiental é por meio da promoção do desenvolvimento dos países (IPEA, 2018).

2.1 PROTOCOLO DE KYOTO

O protocolo de Kyoto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) é um tratado internacional que prioriza a redução

das emissões dos gases de efeito estufa (GEEs) que são os causadores do aquecimento global. Em vigor desde 16 de fevereiro de 2005 após ratificação em 2004 da Rússia, estabelece os meios de converter em dinheiro os benefícios ambientais da redução de tais gases (TIKKANEN, 2015).

Diante da efetivação do Protocolo de Kyoto, metas de redução de gases foram implantadas, algo em torno de 5,2% entre os anos de 2008 e 2012. O Protocolo de Kyoto foi implantado de forma efetiva em 1997, na cidade japonesa de Kyoto, nome que deu origem ao protocolo. Na reunião, oitenta e quatro países se dispuseram a aderir ao protocolo e o assinaram, dessa forma, comprometeram-se a implantar medidas com intuito de diminuir a emissão de gases (FREITAS, 2020).

2.2 COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E SUAS ORIGENS

Os combustíveis fósseis são matérias-primas para produção de energia. São recursos naturais não-renováveis, originados de restos orgânicos acumulados na crosta terrestre ao longo de milhões de anos. Atualmente os gases produzidos na queima dos combustíveis fósseis são apontados como responsáveis pelo efeito estufa e aquecimento global (FREITAS, 2020).

Esses combustíveis recebem o nome de fósseis porque se originaram a partir de restos de animais e plantas que viveram em épocas remotas. Esses restos orgânicos foram se depositando ao longo de milhares de anos em camadas muito profundas da crosta terrestre e transformados pela ação da temperatura e pressão. Os combustíveis fósseis são recursos não-renováveis o que significa dizer que são encontrados na natureza em quantidades limitadas, assim uma vez esgotados seus estoques, não há como repô-los (FREITAS, 2020).

Atualmente a energia no mundo é na sua maioria produzida a partir da queima de combustíveis fósseis. Isso começou a partir da revolução industrial, quando a lenha (até então principal fonte energética) passou a ser substituída pelo carvão. Portanto, o uso do carvão nas máquinas a vapor foi primordial para o desenvolvimento industrial da humanidade (FREITAS, 2020). No entanto, a partir

da segunda metade do século XX, com os combustíveis derivados do petróleo e desenvolvimento de motores à explosão, o carvão perdeu lugar, sendo ainda muito usado para geração de eletricidade nas usinas termelétricas (FREITAS, 2020).

Carvão é o nome dado a diversas rochas sedimentares passíveis de uso como combustível, constituídas de um material heterogêneo originado de restos vegetais depositados em águas rasas, protegidos da ação do oxigênio do ar. Com o passar do tempo, esse material (tecido lenhoso, celulose, esporos, géis, algas etc.) sofre parcial decomposição e ação de bactérias, seguindo-se a influência da pressão exercida pelo peso do material que vai sendo depositado (pressão litostática) e do calor (MORAES, 2014).

O petróleo é uma substância fóssil, oleosa e inflamável, de alto valor energético, geralmente menos densa do que a água, com cheiro característico e coloração que pode variar do incolor até o preto. Extraído em terra (*onshore*) ou abaixo do assoalho do mar (*offshore*), a prospecção e futura exploração comercial do petróleo demandam anos de preparação e grandes investimentos, que são progressivamente mais altos conforme a localização e a forma como os reservatórios se apresentam. Por seu alto valor energético e também por ser uma fonte não renovável, o petróleo se tornou um produto estratégico para o desenvolvimento das nações no mundo, com forte influência nas políticas internas e nas relações internacionais tanto para os países que possuem reservas como para os que não possuem (ANP, 2016).

Gás natural é uma substância composta por hidrocarbonetos que permanecem em estado gasoso nas condições atmosféricas normais. É essencialmente composta pelos hidrocarbonetos metano (CH_4), com teores acima de 70%, seguida de etano (C_2H_6) e, em menores proporções, o propano (C_3H_8), usualmente com teores abaixo de 2% (ANP, 2016).

Vantagens e Desvantagens da utilização do petróleo:

Vantagens:

- Domínio da tecnologia para sua exploração e refino.
- Facilidade de transporte.
- Facilidade na distribuição.

Desvantagens:

Polui a atmosfera com a liberação de dióxido de carbono colaborando para o efeito estufa (USP, 1999).

2.3 COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS COMO FONTE DA ENERGIA PRIMÁRIA

O consumo de combustíveis fósseis representa cerca de 87% de consumo de energia no planeta e por isso emerge a necessidade de se desenvolver e utilizar novos combustíveis alternativos, em função da evolução no consumo de combustíveis. O que tem sido estimulado pela combinação de pesquisa e desenvolvimento, inovação e políticas governamentais. Mandatos, subsídios e incentivos estão sendo destinados a promover a introdução de energias renováveis no mercado. Com base nestes dados, organizações políticas estão priorizando as fontes renováveis e de baixa concentração carbônica (D'AVILLA, 2013).

Pesquisadores mencionam que no futuro, praticamente todo o consumo do petróleo e de outros combustíveis fósseis se concentrará nas nações emergentes, em função do aumento populacional, enquanto a demanda em nações desenvolvidas será estabilizada, podendo até mesmo apresentar declínio (D'AVILLA, 2013).

No Brasil, dados estatísticos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis mostram que o consumo geral de combustíveis em 2012 foi de 129,677 trilhões de litros, Isso representa um aumento de 6,1%, em relação aos 122,22 trilhões de litros no ano anterior (D'AVILLA, 2013).

2.4 A EVOLUÇÃO DOS MOTORES A REAÇÃO

Por volta de 1930 os motores a pistão na aviação já tinham sido aprimorados quase ao seu máximo, neste contexto muitos engenheiros viram o futuro da aviação na mecânica de motores a jato com o propósito de encontrar

alternativas que pudessem levar ao progresso contínuo.

No período da segunda guerra mundial haviam muitos engenheiros tanto ingleses como alemães desenvolvendo os projetos e isso possibilitou que a aviação á jato pudesse dar um grande salto desde de seus primórdios, como se observa na Figura 3 a seguir, mas a primeira aeronave á jato só fora usada no período de 1944 quando a guerra já estava em seu declínio (KLOTZEL, 2015).

Figura 3 - Messerschmitt 262 Me.



Fonte: USAF, 2016.

ISSN 2763-7697

Assim com o final da segunda guerra mundial e o início da guerra fria, Estados Unidos e Rússia estavam em uma disputa para recrutar os engenheiros pioneiros da tecnologia aeronáutica no período da segunda guerra mundial, o que possibilitou às duas potências mundiais da época explorar um maior desenvolvimento no segmento da indústria aeronáutica (BILSTEIN, 2018).

Com o passar dos anos a maior parte da indústria da aviação passou a estimular e a desenvolver os motores turbo-jato, e de acordo com Bathie (1996), um motor turbo-jato puro é composto, basicamente, por uma entrada de ar, um compressor, uma sala de combustão, uma turbina e um exaustor. De forma geral, o ar que adentra a admissão é comprimido a altas pressões ao passar por um compressor. Logo, sofre um processo de combustão em que os gases da queima

se expandem e escapam em direção à turbina. A turbina, por sua vez, possui como função rotacionar o eixo que move o compressor, retroalimentando o sistema para reabsorção do ar externo. No exaustor, devido a redução na área da secção de escape, os gases aumentam ainda mais sua velocidade na chamada garganta (região com a menor área) (BATHIE, 1996).

O desenvolvimento de motores turbo jato para a aviação comercial possibilitou empresas e engenheiros olhar a aviação com um outro âmbito e não apenas como era visto antes em que havia a competição militar e força e com isso foram originados os motores turbo fans. Os motores do tipo turbofan possuem uma ventoinha responsável pela admissão do ar. Porém, a principal diferença de um turbofan se comparada a um turbojato puro está na presença de um duto externo ao gerador de gás. Este duto, chamado de canal de bypass, é responsável por guiar o ar impelido pela fan por toda a carenagem intermediária e posteriormente expelido pelo exaustor (UFSM, 2017). O ar de bypass, segundo (HUNECKE, 1997), é responsável por até 80% do impulso total gerado pela turbina.

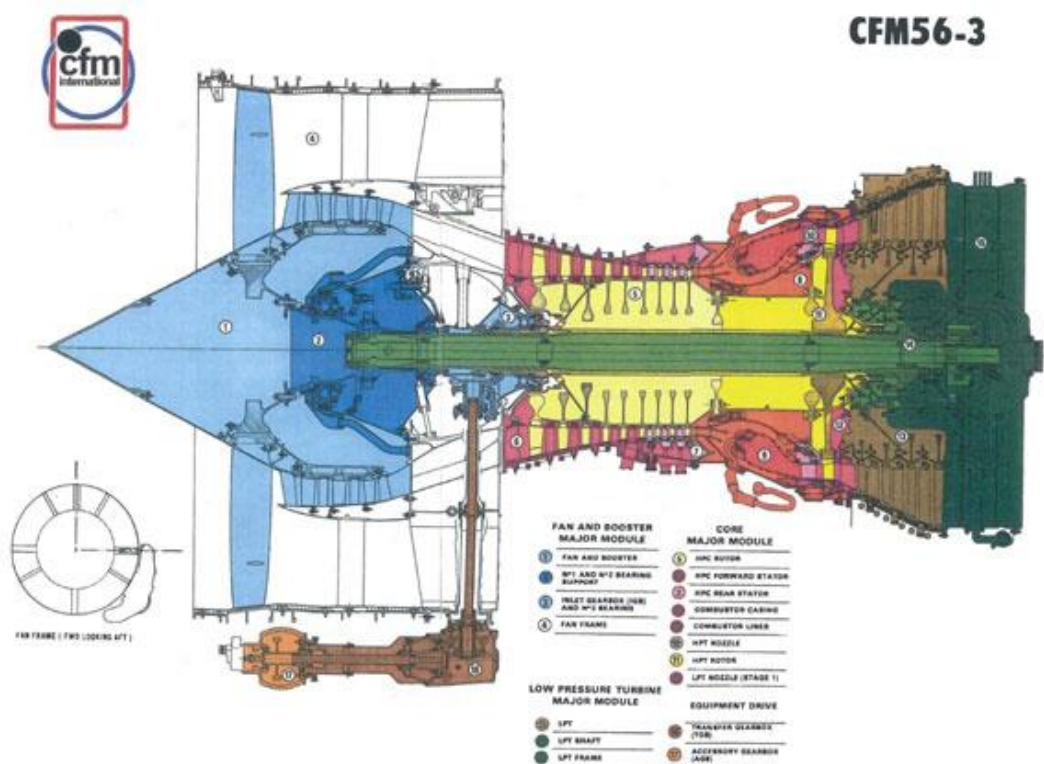
Após a década de 1970 o foco da indústria de motores à jato utilizados na aviação civil comercial foi quase que totalmente direcionado a outros tipos de motores que não fossem turbojatos, principalmente os turbofans que se tornaram o padrão da indústria aeronáutica até a atualidade (OLIVER, 2017). Dentre outras vantagens da utilização de motores turbofans quando comparados aos turbojatos podemos citar a economia de combustível, diminuição da poluição sonora e diminuição da emissão de CO₂ (NASA, 2013).

Com a evolução da aviação nesses quesitos pode-se inclusive observar alguns retrofits realizados em aeronaves outrora equipadas com motores turbo jatos ou turbofans de primeira geração ambos pouco eficientes. Esses geralmente são substituídos por *turbofans* de geração mais atual como é o caso do CFM56 fabricado pelo empresa CFM International que é um turbofan de alta razão de bypass e que passou a equipar algumas versões de DC8 da Douglas Company que antes eram compostos com motores turbojatos JT3D da fabricante de motores Pratt & Whitney e os Boeings KC-135 que fizeram o mesmo processo alterando seus velhos ineficientes JT3D por motores CFM56, ilustrado na Figura 4, a seguir

(UBIRATAN, 2014).

No quesito de economia de combustível e redução na emissão de CO₂ já apresentam outras evoluções além mesmo do grupo motopropulsor neste período, como por exemplo a maior utilização de *winglets*, *fenced wingtips* e a utilização de materiais compostos mais leves (UBIRATAN, 2014).

Figura 4 Modelo gráfico do motor CFM56-3.



Fonte: FAA, 1999.

A grande busca por meios alternativos de combustíveis levam empresas especializadas a buscar tecnologias e desenvolver métodos para amenizar o impacto de fóssil combustíveis na atmosfera, pode-se citar empresas como Siemens, Rolls Royce, Boeing e Airbus no desenvolvimento dos mesmos (AEROFLAP, 2019).

Pode-se observar uma abordagem ampla a respeito da evolução de motores na indústria aeronáutica e no desenvolvimento de combustíveis alternativos que teve um grande desenvolvimento nas últimas décadas.

2.5 DESENVOLVENDO A PESQUISA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA MOTORES NA AVIAÇÃO

Como um claro sinal do interesse e compromisso do setor de aviação com o desenvolvimento de biocombustíveis para a aviação, há um número crescente de iniciativas para promovê-los, incluindo voos de demonstração. Entre essas iniciativas, vale destacar:

- A promoção, pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos em Ciência, Tecnologia e Inovação (CGEE), em 2010, de um estudo sobre a introdução de biocombustíveis para aviação no Brasil;
- A criação da Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (ABRABA), reunindo companhias brasileiras, “para discutir os vários aspectos do desenvolvimento sustentável de biocombustíveis aeronáuticos movido pela demanda crescente para atender aos requisitos de reduzir as emissões de gases do efeito estufa na aviação e também dar suporte à segurança energética do Brasil” (ABRABA, 2012).
- A definição de Metas Ambientais da Aviação Civil pela *International Civil Aviation Organization* (ICAO), procurando minimizar o efeito adverso da aviação civil no meio ambiente e incluir ações para limitar ou reduzir o impacto dos GEE da aviação no clima global, usando biocombustíveis sustentáveis e ganhos de eficiência como elementos-chave. Essa agência lançou o *Global Framework on Aviation Alternative Fuels* (GFAAF) (ICAO, 2012).
- A criação, pela Agência Federal de Aviação dos Estados Unidos, da *Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative* (CAAFI), voltada para “melhorar a segurança energética e sustentabilidade ambiental da aviação mediante combustíveis para aviação alternativos” (CAAFI, 2012), num contexto em que os biocombustíveis são uma alternativa destacada.
- A inclusão, em 2011, de biocombustíveis para a aviação em uma plataforma da *European Industrial Bioenergy Initiative*, um importante elemento da política para energia e mudança climática da União Europeia (EC, 2011). Também sob os auspícios da UE foi realizado o estudo *Sustainable Way for Alternative Fuels and Energy for Aviation* (SWAFEA).

- O relatório *Flight Path to Sustainable Aviation* da *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO), em 2011, que se concentrou no desenvolvimento de uma indústria de biocombustíveis sustentáveis para a aviação na Austrália e na Nova Zelândia (CSIRO, 2011).
- A decisão, em dezembro de 2012, da Comissão Europeia de adiar a implementação plena do *European Trading Scheme*, atendendo a um pedido da ICAO para tratar do tema num fórum internacional (EC, 2012).
- A Iniciativa *Española de Producción y Consumo de Bioqueroseno para Aviación* (bioquerosenes).
- A *Initiative Towards a Sustainable Kerosene for Aviation*.

Muitos voos comerciais e de demonstração foram feitos, envolvendo mais de 20 companhias aéreas em todo o mundo, utilizando biocombustíveis fabricados com diversas matérias-primas, entre elas o óleo de cozinha usado e plantas oleaginosas como colza, pinhão manso, camelina e óleo de palma. Durante a Conferência Rio+20, duas empresas aéreas brasileiras fizeram voos de demonstração usando biocombustíveis. A

Azul Linhas Aéreas voou com um Embraer E-195, utilizando combustível renovável “*drop-in*” produzido no Brasil pela Amyris a partir de cana-de-açúcar, como demonstrado na Figura 5, A Gol Linhas Aéreas voou com um Boeing 737-800 usando combustível fóssil misturado com biocombustível derivado de óleo de milho não comestível e usou óleo de cozinha usado fornecido pela UOP. Anteriormente, em 2010, a TAM já tinha testado um combustível de aviação contendo 50% de combustível fabricado com sementes de pinhão manso produzidas no Brasil (FAPESP, 2013).



Figura 5- Parte lateral da aeronave Embraer-190 da Azul linhas aéreas no programa Azul+Verde.



Fonte: Embraer, 2012.

Existem atualmente várias iniciativas para desenvolver biocombustíveis sustentáveis para aviação no Brasil e em outros países. Nenhuma delas pode ser considerada “comercial”, embora várias tenham recebido aprovação de certificação técnica da ASTM.

A ênfase deste projeto tem sido em tecnologias de refino. Basicamente, as iniciativas identificadas têm foco no desenvolvimento de moléculas similares ao querosene usando matérias-primas produzidas e processadas de maneira sustentável, a custos competitivos (negativos até, no caso de resíduos) e com importantes benefícios ambientais e sociais.

Muitas companhias de alta tecnologia estão associadas a diferentes players, incluindo linhas aéreas importantes, com P&D seguindo estratégias diversas. Os resultados indicam que nenhum produto está próximo de ser economicamente competitivo com o combustível convencional para aviação. Indicam também que esforços mais concentrados e integrados são necessários para superar barreiras ao aumento de escala (FAPESP, 2013).

Diversas companhias aéreas tem aderido aos programas que visam uma maior sustentabilidade ambiental do setor aéreo, como demonstrada na Figura 6, a seguir.

Figura 6- Aeronave Airbus A320-NEO da Companhia Lufthansa participante do Programa 'Pure Sky'



Fonte: Lufthansa Group, 2011.

A ANP publicou as Resoluções ANP nº 778/2019 e 779/2019, ambas sobre querosene de aviação. A primeira estabelece as especificações dos querosenes de aviação fóssil, alternativo e suas misturas, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional. Assim, unifica as Resoluções ANP nº 37/2009 e nº 63/2014, que tratavam dos dois temas separadamente.

Já a segunda atualiza as definições de querosene de aviação C (QAV-C) e querosene de aviação alternativo e veda a importação de QAV-C, alterando as Resoluções ANP nº 17/2006 e 18/2006 (ANP, 2019). A revisão do marco regulatório faz parte do trabalho da ANP de aprimorar a qualidade dos combustíveis comercializados em todo território nacional, incluindo os biocombustíveis, que terão papel chave no alcance das metas de redução de emissões e para o desenvolvimento ambiental, econômico e social (ANP, 2019).

Além disso, alinha as especificações dos combustíveis de aviação às internacionais, originárias da *American Society for Testing and Materials* (ASTM), incluindo dois novos bioquerosenes de aviação (SPK/A e ATJ) no rol de

querosenes alternativos possíveis de serem misturados ao querosene fóssil. A harmonização das especificações dos combustíveis de aviação é necessária para estabelecer um padrão mínimo de qualidade em qualquer localidade em que as aeronaves, brasileiras ou não, possam abastecer (ANP, 2019).

3 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a evolução da tecnologia de motores aplicada na aviação que objetivou melhorar sua eficiência e também diminuir os impactos ambientais no setor, entre seus objetivos está a diminuição no consumo de combustíveis fósseis. Serviram de base para esse estudo, artigos publicados em sites assim como revistas especializadas, do Brasil e exterior, assim como materiais externos de aprendizagem.

A aviação sempre teve seu crescimento alinhado com a evolução da tecnologia isso permitiu que estes avanços fossem presentes e constantes nestes últimos cem anos de história. Isso prova que a tecnologia na aviação sempre esta em constante mudança principalmente no âmbito atual em que se visa a economia de combustíveis e a diminuição da queima de gases poluentes na atmosfera.

Com a situação atual em que há muitas especulações à respeito do futuro da humanidade em especial pelo impacto e aumento das emissões de gás carbônico pela Aviação Civil, há uma grande corrida em busca de avanços tecnológicos em prol da sustentabilidade. Empresas como a Lufthansa Airlines , Azul Linhas Aéreas , Etihad Airways citadas nesta pesquisa demonstram como as empresas aéreas estão à procura de incentivos tecnológicos em busca de novas tecnologias e meios mais sustentáveis para a aviação, tanto com o propósito da diminuição de emissão de gás carbônico na atmosfera, como pela diminuição do consumo de combustíveis fósseis por motores aeronáuticos, uma vez que a aviação mundial atualmente tem como uma das maiores preocupações a economia no consumo de combustíveis.

A procura de meios alternativos ao consumo de combustíveis fósseis permitiu que houvesse a participação não apenas de órgãos governamentais, assim como associações e companhias de tecnologia recebem incentivos para desenvolver biocombustíveis, assim como foram criadas organizações como a CAAFI (*Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative*), nos Estados Unidos e a ABRABA (Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação), no Brasil.

Os incentivos proporcionados atualmente alcançaram sucesso com a elaboração de novas técnicas utilizadas para a produção e uso de biocombustíveis, tais como o “*drop-in*” produzido com base na cana-de-açúcar pela empresa Amyris BioTechnology, assim como outros tipos de biocombustíveis misturados com combustíveis fósseis.

A aviação teve um grande sucesso com as novas tecnologias visando o biocombustível mas tem que ser explícito que os experimentos de biocombustíveis não visam uma utilização do mesmo em âmbito comercial no momento, pois ainda se tratam de fase de experimentos e testes em que necessitam encontrar um método que as partículas do biocombustível pareçam e se comportem semelhantes ao querosene de aviação.

Os resultados colhidos neste estudo mostram que a evolução tecnológica na aviação desde seus primórdios tem trazido avanços significativos e a evolução dos motores a pistão movidos a avgas (*aviation gasoline*) até os motores turbofan movidos a querosene de aviação, que com incentivos do governo e de empresas privadas, estão promovendo pesquisas para a utilização e teste de biocombustíveis para que em um futuro próximo, ocorra o uso destes na aviação em linhas aéreas como algo comum, permitindo uma maior economia de combustíveis fósseis. Promovem assim uma melhora nas margens operacionais das companhias aéreas e uma maior redução na emissão de gases poluentes na atmosfera. Sugerem-se outras propostas para o setor, com a promoção de outros mecanismos que gerem redução no consumo de combustíveis, tais como possibilidades de uso de motores elétricos no taxiamento de aeronaves, suportes com tomadas de força para reduzir o uso de APU nas aeronaves em aeroportos, assim como outros meios de suporte energético nos sítios aeroportuários.

Conclui-se que a aviação vem tendo um grande avanço tecnológico em sua eficiência e em sustentabilidade, visto que muitas empresas aéreas estão optando por uma aviação mais econômica com o intuito de reduzir custos e contribuir com a redução de poluentes na atmosfera. A introdução de biocombustíveis em mistura aos atuais combustíveis permite que haja uma participação positiva tanto para o meio ambiente como para a visibilidade das empresas aéreas.

A previsão é de que até 2030 a emissão de dióxido de carbono no setor aéreo seja de 3% do total de emissões de poluentes causadas pelo homem, isso permite supor de que se não houver uma evolução tecnológica para que a aviação possa substituir os combustíveis fósseis haverá um grande aumento nos custos para as empresas aéreas e haverá mais restrições em função da sustentabilidade no setor. Na aviação civil brasileira observa-se que os incentivos para ampliar a sustentabilidade no setor cada vez estão se tornando mais comuns tanto como demonstrado na Conferência Rio+20, que apresentou a proposta de as empresas aéreas no Brasil possibilitarem o uso de novas tecnologias, permitindo que no futuro a aviação brasileira possa ser diferenciada.

A pesquisa permitiu concluir que com a escassez de petróleo no futuro, os custos operacionais do setor aéreo serão ampliados, desta feita torna-se imprescindível o investimento no desenvolvimento de combustíveis alternativos e de estruturas de armazenamento e distribuição de combustíveis, preferencialmente combustíveis renováveis, para adição e mistura aos combustíveis fósseis tradicionais.

REFERÊNCIAS

ABRABA, Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação. Disponível em: www.abraba.com.br Acesso em 10 mar. 2020.

AEROFLAP. Siemens vende divisão de motores elétricos aeronáuticos para rolls royce. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/siemens-vende-divisao-de->

motores-eletricos-aeronauticos-para-a-rolls-royce/. Acesso em 26 fev. 2020.

AEROMAGAZINE. Embraer apresenta ipanema 203 preparado para certificação aeroagrícola sustentável. Disponível em: https://www.aeromagazine.uol.com.br/artigo/embraer-apresenta-ipanema--203-preparado--para-certificacao-aeroagricola-sustentavel_3463.html. Acesso em: 24 de fev. 2020.

AMARAL, Aurelio. a visão do mercado e novas oportunidades. Disponível em: <https://ubrabilio.com.br/sites/1800/1891/pdfs/seminario10anos/painel1apresenta-aoanpaualioamaral.pdf>. Acesso em 26 fev. 2020.

ANP, Agência Nacional do Petróleo. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/noticias/anp-e-p/5123-publicadas-novasresolucoes-da-anp-sobre-combustiveis-de-aviacao>. Acesso em 04 mar. 2020.

BATHIE, W. Fundamentals of Gas Turbines. 2. ed. Nova Jersey: John Wiley Sons, 1996. 453 p. ISBN 9780471311225.

BILSTEIN, R. E. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/history-of-flight/General-aviation>. Acesso em 01 mar. 2020.

BOYNE, Walter James. The jet age. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/history-of-flight/the-jet-age>. Acesso em 01 mar. 2020.

BRITTO, Janaina. Etihad lança primeiro voo do mundo com combustível feito a partir de plantas. Disponível em: <https://www.mercadoeventos.com.br/noticias/aviacao/etihad-realiza-primeiro-voo-do-mundo-com-combustivel-feito-a-partir-de-plantas/>. Acesso em 10 fev. 2020.

CAAFI, Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative. Disponível online em: <http://www.caafi.org/>. Acesso em 10 mar. 2020.

CHIARA, Ivone Di; KAIMEN, Maria Júlia; CARELLI, Ana Esmeralda. Normas de documentação aplicadas à área de Saúde. Rio de Janeiro: Ed. E-papers, 2008.

COMTE, Auguste. Disponível em: <https://www.pensador.com/frase/MTI5NzE5/>. Acesso em 10 fev.2020.

CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Flight path to Sustainable Aviation. CSIRO, Sydney, 2011, 52p. Disponível em: <https://www.csiro.au/science/Sustainable-Aviation-Fuels-Road-Map>. Acesso em 10 mar. 2020.

D'ÁVILA, Maryan. Aumenta consumo mundial de combustíveis fósseis. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/aumenta-consumo-mundial-de-combust%c3%adveis-f%c3%b3sseis/a-16654031>. Acesso em 02 mar. 2020.

Defesa Net. Dez anos do ipanema movido a etanol. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/embraer/noticia/17130/embraer----dez-anos-do-ipanema-movido-a-etanol/>. Acesso em 24 fev. 2020.

DICKSON, Neil. Icao standards and recommended practices on local air quality. Disponível em: <https://www.icao.int/meetings/envsymposium/presentations/neil%20dickson%20session%205v2.pdf>. Acesso em 25 fev. 2020.

EMBRAER. Azul linhas aéreas realiza voo experimental bem sucedido com biocombustível. Disponível em: <https://www.embraer.br/pt/noticias?slug=2637-azul-linhas-aereas-realiza-voo-experimental-bem-sucedido-com-biocombustivel>. Acesso em 26 fev. 2020.

EC, European Commission. Derogating temporarily from Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community. European Commission, Estrasburgo, 2012. Disponível em: <https://ec.europa.eu/>. Acesso em 10 mar. 2020.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt>. Acesso em 12 mar. 2020.

FAA. Federal Aviation Administration. Disponível em: https://lessonslearned.faa.gov/britishmidlands092/bmi_engine_pop_up.htm. Acesso em 12 mar. 2020.

FAPESP. Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo. Plano de Voo para Biocombustíveis de Aviação no Brasil. Disponível em: <http://www.fapesp.br/publicacoes/plano-de-voo-biocombustiveis-brasil-pt.pdf>. Acesso em 05 fev. 2020.

FREITAS, Eduardo. Combustíveis fósseis. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/combustiveis-fosseis/>. Acesso em 13 mar. 2020.

FREITAS, Eduardo. Protocolo de Kyoto. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/protocolo-kyoto.htm>. Acesso em 12 mar. 2020.

GRAY, Carroll. Flying Machines: Otto Lilienthal. Disponível em: <http://www.flyingmachines.org/lilthl.html>. Acesso em 22 fev. 2020.

GOLDEMBERG & LUCON. Combustíveis Fósseis e seus impactos ambientais,

sociais e geopolíticos. Disponível em: <https://engenharia-sustentavel.com/combustiveis-fosseis-e-seus-impactos-ambientais-sociais-e-geopoliticos/>. Acesso em 04 mar. 2020.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008

HESHAM ALI, Basem. History of turbofan engines. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/basemhesham/history-of-turbofan-enginesnew>. Acesso em 01 mar. 2020.

HÜNECKE, K. Jet Engines: Fundamentals of Theory, Design, and Operation. Osceola: Motorbooks International. p. 241, 1997. ISBN 9780760304594.

ICAO, International Civil Aviation Organization. ICAO Review: Sustainable Alternative Fuels for Aviation. ICAO, Québec, Canada, 2011, 56p. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/SUSTAF%20Review%5B2%5D.pdf>. Acesso em 10 mar. 2020.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8636/1/agenda%202030%20ods%20metas%20nac%20dos%20obj%20de%20desenv%20susten%202018.pdf>. Acesso em 04 mar. 2020.

KLOTZEL, Ernesto. Os caças jato da segunda guerra mundial. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/os-cacas-jato-da-segunda-guerra-mundial_2852.html. Acesso em 15 abr. 2020.

LUFTHANSA GROUP. Disponível em: <https://www.lufthansagroup.com/en/responsibility/climate-environment.html>. Acesso em 05 mai. 2020.

Mercado & Eventos, Etihad lança primeiro voo do mundo com combustível feito a partir de plantas. Disponível em: <https://www.mercadoeeventos.com.br/notciais/aviacao/etihad-lanca-primeiro-voo-do-mundo-com-combustivel-feito-a-partir-de-plantas/>. Acesso em: 23 fev. 2020.

MICHEL, Fernando. As duas grandes guerras mundiais e o legado tecnológico. Disponível em: <https://meuartigo.brasilecola.uol.com.br/historia-geral/as-duas-grandes-guerras-mundiais-o-legado-tecnologico.html>. Acesso em 04 mar. 2020.

MORAES, Percio. Serviço geológico do Brasil. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Carvao-Mineral-2558.html>. Acesso em 05 mar. 2020.

MUGLIONI, Jacques. Auguste Comte: Un philosophe pour notre temps. Disponível em: <https://searchworks.stanford.edu/view/3048622>. Acesso em 27 fev. 2020.

NASA. Disponível em: <https://history.nasa.gov/sp-468/ch10-3.htm>. Acesso em 22 mar. 2020.

OLIVER, Santiago. A primeira geração de jatos. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/primeira-geracao-de-jatos_1823.html. Acesso em 23 mar. 2020.

SANTOS, Carlos Jose Giudice dos. Metodologia científica. Disponível em: http://www.oficinadapesquisa.com.br/apostilas/metodol/_of.tipos_pesquisa.pdf. Acesso em 03 mar. 2020.

SILVA, Gio. Quando se iniciou a preocupação com o meio ambiente. Disponível em: <https://br.blastingnews.com/ambiente/2017/12/quando-se-iniciou-a-preocupacao-com-o-meio-ambiente-002253767.html> Acesso em 10 de mar. 2020.

TIKKANEN, A. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/Paris-Agreement-2015/Negotiations-and-agreement>. Acesso em 01 mar. 2020.

UBRABIO, Combustível renovável ganha espaço na aviação nacional ano, 2017. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/2017/07/07/combustivel-renovavel-ganha-espaco-na-aviacao-nacional/>. Acesso em 23 fev. 2020.

UBIRATAN, Edmundo. Evolução a jato. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/evolucao-jato_1498.html. Acesso em 02 mar. 2020.

UFSM, Universidade Federal de Santa Maria. Concepção de um Motor á Reação. Disponível em: https://www.ufsm.br/cursos/graduacao/santa-maria/engenharia-aeroespacial/wp-content/uploads/sites/428/2018/11/relatorio_group2_cpio1.pdf. Acesso em 13 mar. 2020.

USAF, United States Air Force. Disponível em: <https://www.nationalmuseum.af.mil/upcoming/photos/igphoto/2000543288/>. Acesso em 13 mar. 2020.

USP, Universidade de São Paulo. Fontes de energia. Disponível em: http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo2B/Hidraulica/energia_recurso.htm. Acesso em 04 mar. 2020.