



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

JARBAS FERREIRA VILT

**O ATUAL CENÁRIO DOS COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS NA
AVIAÇÃO MUNDIAL**

Palhoça

2017

JARBAS FERREIRA VILT

**O ATUAL CENÁRIO DOS COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS NA
AVIAÇÃO MUNDIAL**

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

Orientador: Professor Maurici Amantino Monteiro, Dr.

Palhoça

2017

JARBAS FERREIRA VILT

**O ATUAL CENÁRIO DOS COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS NA
AVIAÇÃO MUNDIAL**

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

Palhoça, novembro de 2017

Prof. Maurici Amantino Monteiro, Dr.

Prof.^a Conceição Aparecida Kindermann, Dr.^a

Dedico este trabalho à minha esposa e filho
que acompanharam esta trajetória com
compreensão, incentivo e parceria.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pela paciência e apoio na conciliação de tempo entre trabalho, filhos e momentos ruins.

Aos amigos, que de alguma forma passaram palavras de incentivo.

Ao meu orientador, que apesar da distância e poucos contatos sempre esteve presente e transmitindo palavras de confiança.

O Brasil é hoje uma espécie de laboratório de uma mudança global no setor energético e precisa se dar conta disso. (YERGIN, *Daniel*, 2007). Economista americano considerado a maior autoridade mundial em energia, em entrevista à Revista Veja.

RESUMO

O presente trabalho apresenta um cenário globalizado das ações, tanto brasileiras como internacionais a respeito das decisões tomadas para a redução dos impactos da aviação mundial no aquecimento global com o emprego dos biocombustíveis de aviação. Caracteriza-se como uma pesquisa explicativa, utilizando de meios bibliográficos e documentais, com abordagem qualitativa. O procedimento para coleta de dados caracteriza-se como bibliográfico. Um cronograma histórico a respeito dos biocombustíveis no Brasil, mostra como temos uma ligação quase que centenária com a pesquisa e desenvolvimento dos combustíveis alternativos. O trabalho obtém uma visão do cenário atual do setor de biocombustíveis para aviação, identifica as entidades públicas e privadas envolvidas em pesquisa, desenvolvimento e inovação de acordo com as normas e regras internacionais, bem como aquelas inerentes a cada Estado, visando e se preocupando com a situação ambiental. Ao analisar os resultados conclui-se que o cenário atual dos biocombustíveis de aviação está em franco desenvolvimento e com parcerias extremamente fortes entre países, extrapolando antigas barreiras comerciais e de mercado, principalmente entre empresas do setor privado.

Palavras-chave: Biocombustíveis de aviação. Meio Ambiente. Sustentabilidade. Gases do Efeito Estufa.

ABSTRACT

The present study presents a globalized scenario of actions, both Brazilian and international, regarding the decisions taken to reduce the impacts of global aviation on global warming with the use of aviation biofuels. It is characterized as an explanatory research, using bibliographical and documentary means, with a qualitative approach. The procedure for data collection is characterized as bibliographic. A historical timetable regarding biofuels in Brazil shows how we have almost a centennial connection with the research and development of alternative fuels. The study work provides an overview of the current scenario of the aviation biofuel sector, identifies public and private entities involved in research, development and innovation in accordance with international norms and rules, as well as those inherent to each State, aiming and the environmental situation. In analyzing the results it is concluded that the current scenario of aviation biofuels is in full development and with extremely strong partnerships between countries, extrapolating old trade and market barriers, mainly between private sector companies.

Keywords: Aviation biofuels. Environment. Sustainability. Greenhouse gases.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Linha Do Tempo Das Ações Sobre Mudanças Climáticas.....	23
Figura 2 – Âmbito De Atuação Em Função Do Emissor Dos GEE.....	25
Figura 3 – Percentual de Emissão dos GEE na Aviação Civil.....	26
Figura 4 – Plataforma Brasileira de BioJetFuel.....	45
Figura 5 – Organograma do CAEP.....	50
Figura 6 – Rota Química FT.....	64
Figura 7 – Rota Química HEFA	64
Figura 8 – Rota Química ATJ	65
Figura 9 – Resoluções ANP e as Normas ASTM equivalentes.....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Impactos das Ações nos GEE.....	34
Gráfico 2 – Panorama do Mercado de QAV do Brasil.....	56

LISTA DE SIGLAS

AAF	Alternative Aviation Fuel
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABEAR	Associação Brasileira das Empresas Aéreas
ABPPM	Associação Brasileira dos Produtores de Pinhão Manso
ABRABA	Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação
AEB	Agência Espacial Brasileira
AFTF	Alternative Fuel Task Force
AIAB	Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil
ANAC	Agência Nacional da Aviação Civil
ANP	Agência Nacional do Petróleo
APROBIO	Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil
ASTM	American Society for Testing and Materials
ATAG	Air Transport Action Group
ATJ	Alcohol-to-Jet
AV-GAS	Gasolina de Aviação
BTL	Biomass to Liquid
CAAF	Conference on Aviation and Alternative Fuels
CAAFI	Comercial Aviation Alternative Fuel Initiative
CAEP	Committee on Aviation Environmental Protection
CAF	Conventional Aviation Fuel
CBP	Corporate Biofuel Program
CEIB	Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CNPEM	Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais
COP	Conference Of the Parties

CORSIA	Carbom OffSet Reduction Scheme for International Aviation
CSP	Carbom OffSet Programan
CTBE	Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol
DCR	Departamento de Combustíveis Renováveis
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DSHC	Direct-Sugar-to-HydroCarbon
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENCOM	Environment Committee
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FRED	Fuel Reporting e Emissions DBAse
FT	Fischer-Tropsch
GEE	Gases do Efeito Estufa
GFAAF	Global Framework for Aviation Alternative Fuels
GFR	Green Fuels Research
GNV	Gás Natural Veicular
GTJ	Gas-to-Jet
HEFA	Hydroprocessed Esters and Fatty Acids
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil
IAA	Instituto do Açúcar e do Alcool
IATA	International Air Transport Association
IEMA	Instituto de Energia e Meio Ambiente
INCT	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LEC	Laboratório de Ensaio de Combustíveis

MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MBM	Market-Based Measure
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MRE	Ministério das Relações Exteriores
MTPAC	Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil
NDC	Nationally Determined Contribution
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
ONU	Organização das Nações Unidas
OTJ	Oil-to-Jet
PBB	Plataforma Brasileira de Biocombustíveis
PIB	Produto Interno Bruto
PNE	Plano Nacional de Energia
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
QAV	Querosene de Aviação
RBQAV	Rede Brasileira de Bioquerosene para Aviação
RBTB	Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel
RMCT	Revista Militar de Ciência e Tecnologia
SABR	Sustainable Aviation Through Biofuel Refining
SAC	Secretaria da Aviação Civil Brasileira
SAF	Sustainable Aviation Fuel

SAFUG	Sustainable Aviation Fuel Users Group
SARPs	Standards and Recommended Practices
SECIMA	Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente
SETEC	Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação
SIP	Synthesized Iso Paraffinic
SNCTI	Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
SPG	Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
SPK	Synthesized Paraffinic Kerosene
SPK/A	Synthesized Paraffinic Kerosene / Aromatics
STJ	Sugar-to-Jet
TCR	Thermo-Catalytic Reforming
UBRABIO	União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNICA	União da Indústria da Cana-de-Açúcar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA.....	18
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.2.1 Objetivo geral.....	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 JUSTIFICATIVA.....	19
1.4 METODOLOGIA.....	19
1.4.1 Natureza e tipo da pesquisa.....	20
1.4.2 Materiais e métodos.....	20
1.4.3 Procedimentos e coletas de dados.....	21
1.4.4 Procedimentos de análise de dados.....	21
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	21
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	22
2.1 MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO MUNDIAL DE COMBATE AOS GASES DO EFEITO ESTUFA - GEE.....	22
2.2 BREVE HISTÓRICO DOS COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS NO BRASIL.....	26
2.2.1 Visão geral dos biocombustíveis ou combustíveis alternativos.....	29
2.2.2 Fatores e eventos para o surgimento, desenvolvimento e produção dos biocombustíveis de aviação.....	30
2.3 ORGANIZAÇÕES NACIONAIS DA AVIAÇÃO PARA REGULAÇÃO, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE BIOCOMBUSTÍVEIS.....	36

2.3.1 Estrutura das organizações públicas.....	37
2.3.2 Definições das principais entidades envolvidas, parcerias e programas nacionais, resoluções e leis sobre os biocombustíveis.....	38
2.4 ORGANIZAÇÕES INTERNACIONAIS DA AVIAÇÃO PARA REGULAÇÃO, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE BIOCOMBUSTÍVEIS.....	48
2.4.1 Órgãos e entidades internacionais de regulação com atuação mundial..	48
2.4.2 Associações e entidades internacionais não governamentais.....	51
2.5 PRINCIPAIS MATRIZES ENERGÉTICAS E ROTAS TECNOLÓGICAS ATUALMENTE UTILIZADAS PARA OBTENÇÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO.....	55
2.5.1 Combustíveis e biocombustíveis - definições.....	57
2.5.2 Biocombustíveis de aviação - produção e matrizes energéticas.....	61
3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	68
3.1 EMPRESAS, GRUPOS E ORGANIZAÇÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS ENVOLVIDOS NOS PROCESSOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E TESTES DE BIOCOMBUSTÍVEIS.....	68
3.2 AGÊNCIAS, ÓRGÃOS E ENTIDADES PÚBLICAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS COM INICIATIVAS E PROJETOS PARA O SETOR DE BIOCOMBUSTÍVEIS.....	70
3.3 PRINCIPAIS MATRIZES ENERGÉTICAS E ROTAS TECNOLÓGICAS USADAS EM ALTERNATIVA AOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS.....	71
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
REFERÊNCIAS.....	74

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de encontrar alternativas para reduzir as emissões de carbono no planeta surgiu em virtude dos protocolos e acordos internacionais de sustentabilidade e controle da emissão dos gases do efeito estufa (GEE). A aviação mundial não ficou de fora dessa necessidade, apesar de somente na última década houver ações globais do setor para que fossem criadas alternativas que reduzissem as emissões de gases do modal aéreo. Dentre as medidas adotadas para o setor temos a pesquisa e desenvolvimento de combustíveis alternativos aos de origem fóssil. Não diferente dos outros setores da indústria, o modal aéreo de transporte, apesar de contribuir com uma pequena porcentagem em relação ao total de emissões de gases gerados pelo homem, tem um papel fundamental em estar comprometido com a redução. (FAPESP, 2013).

Atualmente, a aviação mundial gera aproximadamente 2% das emissões e as projeções são que aumentem para 3% até 2030 se não houver intervenções no setor. Foram estabelecidas metas ambiciosas para o modal aéreo, que deverá atingir um crescimento neutro em carbono até 2020 e reduzir em 50% as emissões (com base nos níveis de 2005) até 2050. (ICAO 2010).

Para isso ser possível, uma peça chave é a utilização de combustíveis alternativos, os chamados biocombustíveis sustentáveis. Pesquisas apontam que estes produtos podem reduzir de 50 a 80% as emissões de carbono, quando comparadas ao querosene tradicionalmente utilizado na aviação. (IATA, 2010).

Paralelo a isso, a indústria aeronáutica aperfeiçoa a sua produção com tecnologias que reduzem significativamente o peso das aeronaves, desenvolvem motores mais eficientes e econômicos e estabelecem normas e procedimentos nos aeroportos, aumentando a eficiência nas operações aéreas. As companhias aéreas também estão buscando soluções, como a Sustainable Aviation Fuel Users Group (SAFUG), uma organização mundial que tem o objetivo de acelerar o desenvolvimento e a comercialização de biocombustíveis para a aviação. (Disponível em <http://www.safug.org/>).

No âmbito governamental vários países desenvolvem políticas para a regulamentação da produção e uso dos biocombustíveis sustentáveis. Estas

iniciativas da indústria em conjunto com as Leis e regulamentações específicas para o setor colaboram para a obtenção das metas propostas.

Entretanto, o grande desafio mundial para este setor é a não geração de concorrência com a produção alimentar. O Brasil é reconhecido internacionalmente em virtude da sua experiência no uso da biomassa para fins energéticos, o que corresponde a cerca de 30% da matriz energética do país. A aplicação de políticas de longo prazo e investimento em pesquisa, formação e qualificação de recursos humanos deixam um legado histórico para o país no que compete conciliar produção de biocombustível, segurança alimentar e desenvolvimento rural. (IPEA, 2006).

Frente a estas condições, as indústrias do setor aeronáutico e energético, bem como as companhias aéreas, buscam colaboradores regionais, criam organizações para pesquisas e desenvolvimentos de determinadas matrizes energéticas, desenvolvem parcerias com governos e colaboram com as políticas de regulação destes setores.

1.1 PROBLEMÁTICA

Quais grupos e empresas estão envolvidos nas pesquisas e testes para a produção de biocombustíveis e quais as atuais matrizes energéticas em estudo?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Conhecer os principais órgãos e empresas empenhadas no desenvolvimento e testes para a produção dos biocombustíveis aeronáuticos no âmbito nacional e internacional.

1.2.2 Objetivos específicos

Apresentar as empresas, grupos e organizações nacionais e internacionais envolvidos nos processos de pesquisa, desenvolvimento e testes de biocombustíveis.

Identificar as agências, órgãos e entidades públicas de regulação nacionais e internacionais que trabalham em conjunto com as empresas privadas, bem como as iniciativas e projetos para o setor de biocombustíveis.

Apontar as principais matrizes energéticas e rotas tecnológicas usadas em alternativa aos combustíveis fósseis.

1.3. JUSTIFICATIVA

De acordo com ICAO (2010), o modal de transporte aéreo em todo o mundo tem buscado reduzir suas emissões de gases do efeito estufa (GEE), com uma meta de atingir um crescimento neutro em carbono até 2020 e reduzir em 50% as emissões de dióxido de carbono (dos níveis de 2005) até 2050. Essas iniciativas são de extrema importância e valia para a atual situação ambiental em que se encontra o planeta. Pesquisas apontam que a produção do bioquerosene tem sido o biocombustível mais adequado para substituir o querosene de aviação. (RMCT, 2011).

Assim, analisar este setor é uma oportunidade importante de adquirir conhecimento tanto pessoal, quanto coletivo sobre as diversas possibilidades de utilização de matrizes energéticas, não apenas na aviação, mas também em outros setores e sobre as rotas de obtenção dos biocombustíveis, bem como, ao identificar as companhias do setor aeronáutico engajadas nestas pesquisas, surjam mais fontes de estudo e possíveis investimentos.

A análise desse setor contribuirá para a minha vida profissional, pois agrega informações relevantes para tomadas de decisões e sugestões no âmbito empresarial diante daquelas que buscam um comprometimento com a sustentabilidade e redução de custos em suas operações.

1.4. METODOLOGIA

1.4.1. Natureza e tipo da pesquisa

A pesquisa é representada com a utilização de meios bibliográficos e documentais, com abordagem qualitativa. O procedimento para coleta de dados caracteriza-se como bibliográfico, a fim de propor uma investigação teórica em informações oriundas de artigos científicos, dissertações, monografias, teses e de periódicos especializados.

1.4.2. Materiais e métodos

Os materiais analisados foram bibliográficos. Documentos diversos sobre as agências reguladoras da indústria de aviação; da produção e fornecimento de combustíveis para o mercado aeronáutico; de legislações da aviação civil brasileira e internacional, que oferecem requisitos e padrões de procedimentos relacionados ao tema proposto. São eles:

- ANAC;
- ANP
- EMBRAPA
- CNPEM
- CGEE
- ABRABA
- AIAP
- UBRABIO
- PBB
- IATA
- ATAG
- OACI
- CAEP
- AFTF
- CORSIA
- ASTM
- SAFUG
- Reportagens em periódicos, revistas (impressos, on-line) etc.

1.4.3. Procedimentos de coleta de dados

O estudo foi desenvolvido por meio da pesquisa de dados fornecidos pelos órgãos citados acima (no tópico 1.4.2), leitura minuciosa e comparação dos dados, bem como a pesquisa de fatos históricos para um embasamento real do assunto.

1.4.4. Procedimento de análise dos dados

A análise dos dados ocorreu com o foco nas pesquisas já desenvolvidas e naquelas que estão em curso ou iniciando, mostrando os fatos que geraram a demanda do uso dos biocombustíveis no setor aeronáutico e as intervenções que os órgão e entidades civis e governamentais praticam para colaborar com o setor.

1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho foi organizado para atingir os objetivos propostos, tendo sido composto da seguinte estrutura:

No capítulo 1, apresenta-se a introdução, onde constam a problematização, os objetivos, a justificativa e a metodologia.

No capítulo 2, apresenta-se a fundamentação teórica, onde são apresentados: histórico do curso dos biocombustíveis no mundo; as mudanças socioeconômicas e as influências no meio ambiente; as empresas privadas, os órgãos e entidades públicas envolvidas no setor energético de biocombustíveis para aviação, bem como as matrizes energéticas utilizadas atualmente.

No capítulo 3, são apresentadas análise e discussão dos dados de órgãos e empresas, empenhadas no desenvolvimento e testes para a produção dos biocombustíveis aeronáuticos no âmbito nacional e internacional. O trabalho prossegue com as considerações finais seguido das referências.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. DESENVOLVIMENTO MUNDIAL DE COMBATE AOS GASES DO EFEITO ESTUFA – GEE NO MEIO AMBIENTE

O crescimento econômico mundial que ocorreu após a II guerra surgiu devido a atividade industrial que se desenvolveu fortemente e de maneira descontrolada. Isto ocasionou uma série de problemas ambientais em torno do mundo. Estas questões deram origem às Organizações não Governamentais (ONGs), que ao longo dos anos ganharam representatividade e força. A Organização das Nações Unidas (ONU) então iniciou um trabalho visando discutir, entender e propor soluções às questões ambientais e em 1972, na Suécia, aconteceu a Conferência sobre o Meio Ambiente Humano, conhecida como Conferência de Estocolmo, que chamou a atenção do mundo para as ações humanas que estavam causando séria degradação da natureza. (FREITAS, 2009).

A partir disso, conferências e encontros em diversos países se iniciaram, com objetivo de melhorar cada vez mais as leis, metas e apontar para outros riscos decorrentes da utilização e não preservação do meio ambiente. Uma delas foi a RIO-92 que apontou para o risco de esgotamento dos recursos naturais e a criação da Agenda 21 com metas ambientais para o próximo século. (SECIMA, 2015).

No ano de 2005 o protocolo de Kyoto entra em vigor, durante a décima primeira Conferência das Partes (COP11). Seu primeiro período de compromisso começou em 2008 e terminou em 2012, quando em 2014 foi substituído por outro documento. Em Cancun, México, no ano de 2010, durante a COP16, o Brasil lançou sua Comunicação Nacional de Emissão de Gases do Efeito Estufa e a Política Nacional sobre Mudança do Clima em uma ação independente de acordos. (SECIMA, 2015).

Em 2015, na França, foi criado o Acordo de Paris e no ano seguinte é entregue a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil, e segundo dados do Ministério do Meio Ambiente comprometendo-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 2025 para valores abaixo de 37%, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 2030 para valores abaixo de 43%, todos relativos aos níveis de 2005. Assim o país:

Compromete a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030; restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas e alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030. (MMA, 2017).

Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>.

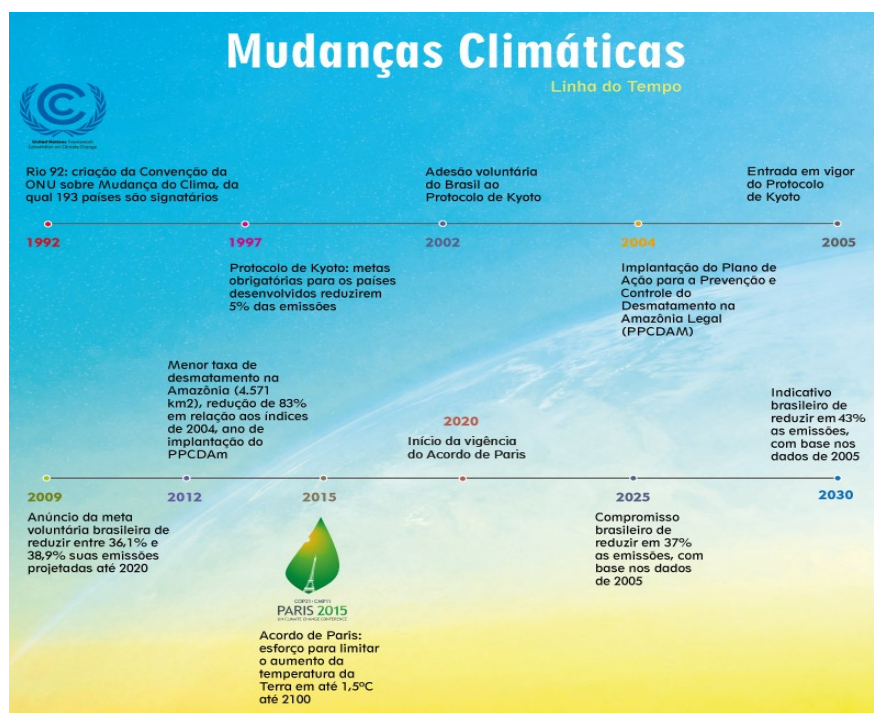
De acordo com o Ministério do Meio ambiente:

A NDC do Brasil corresponde a uma redução estimada em 66% em termos de emissões de gases do efeito estufa por unidade do PIB (intensidade de emissões) em 2025 e em 75% em termos de intensidade de emissões em 2030, ambas em relação a 2005. O Brasil, portanto, reduzirá emissões de gases do efeito estufa no contexto de um aumento contínuo da população e do PIB, bem como da renda per capita, o que confere ambição a essas metas. (MMA, 2017).

Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>.

A Figura 1 mostra a linha do tempo das ações sobre Mudanças Climáticas iniciadas com a Rio-92 e seguem até 2030.

Figura 1 – Linha do Tempo das Ações Sobre Mudanças Climáticas



Fonte: MMA, 2017

Os principais gases do efeito estufa (GEE) emitidos pela aviação são (CO₂) e vapor de água (H₂O). A aviação é responsável por 2% das emissões antropogênicas de CO₂ (4º relatório de avaliação do IPCC, 2004) e aproximadamente 65% desses 2% são da aviação internacional (ou seja, aproximadamente 1,3% das emissões antropogênicas de CO₂). A aviação também emite óxidos de nitrogênio (NO_x) que afetam as concentrações de outros GEE, principalmente ozônio (O₃) e metano (CH₄). O carbono preto (fuligem) é um aerossol emitido diretamente, e os óxidos de enxofre (SO_x), NO_x e hidrocarbonetos (HC) levam à produção de aerossóis após a emissão. As emissões de vapor de água, em combinação com os aerossóis emitidos pelas aeronaves alteram a composição da atmosfera que levam à formação da trilha de condensação (contrail) e as contrails persistentes aumentam a nebulosidade. Contrails persistentes são aqueles que se formam em ambientes de alta umidade e de baixas temperaturas. (ICAO, 2016).

Um relatório baseado em dados e estudos, datados de 1992, foi preparado a pedido da ICAO em colaboração com o Painel de Avaliação Científica do Protocolo de Montreal a respeito de substâncias que empobrecem a camada de ozônio. Foi o primeiro Relatório Especial do IPCC a considerar um setor industrial individualmente. À medida que o vigésimo aniversário do relatório se aproxima, a décima reunião do Comitê de Proteção Ambiental da Aviação (CAEP / 10) considerou uma série de opções para atualizar algumas das informações contidas no Relatório de 1999. Dirigido pela Secretaria da ICAO, estão sendo exploradas opções para atualizar algumas das informações científicas que serão encaminhadas à reunião CAEP / 11 em fevereiro de 2019. (ICAO, 2016).

O uso de combustível pela frota global de aeronaves aumentou de forma linear ao longo de quatro décadas (até 2013) com base nas estimativas da Agência Internacional de Energia. Entretanto, o uso de combustível por passageiro-quilômetro (RPK) diminuiu desde a década de 1970 à medida que as estruturas, motores e operações de aeronaves se tornaram mais eficientes em termos de combustível. (Lee et al., 2009).

O consumo de combustível da aviação e as emissões de CO₂ deverão continuar crescendo nas próximas décadas à medida que a demanda da aviação

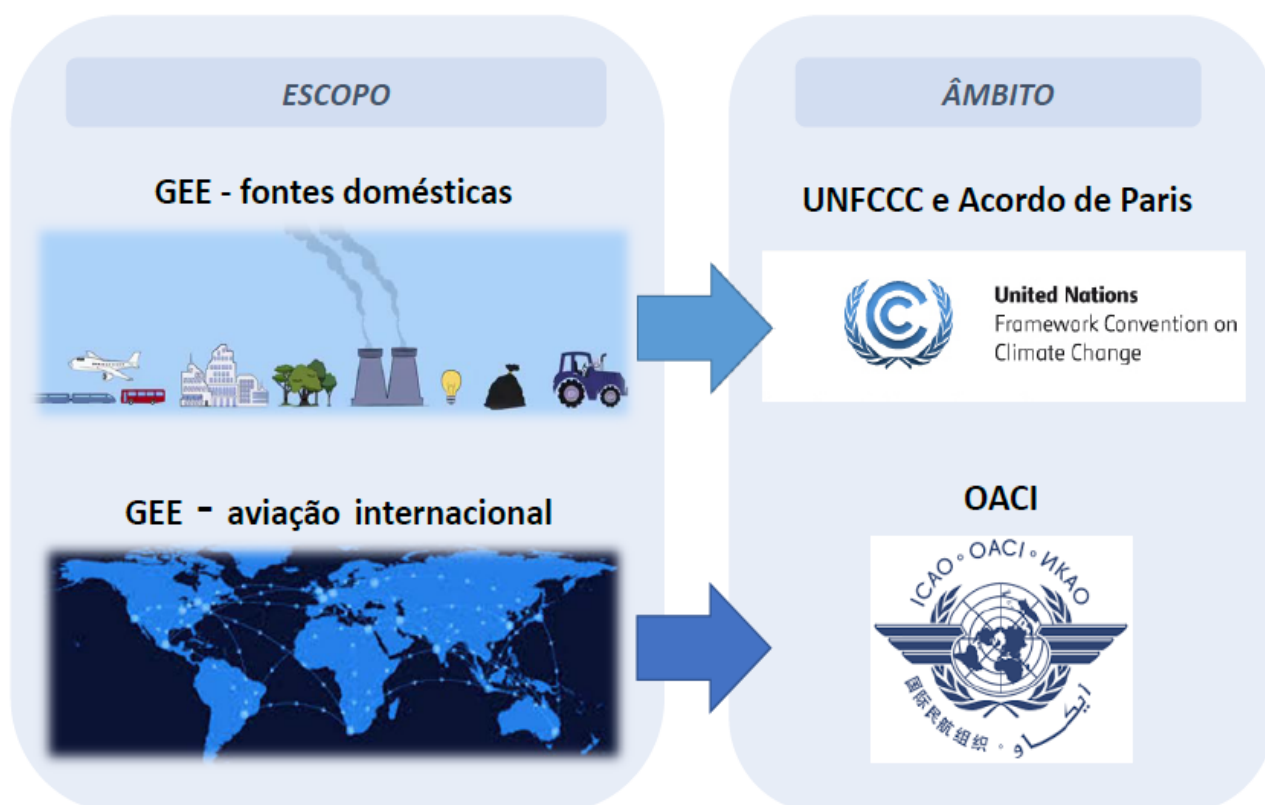
aumentar, mesmo que o CO₂ por RPK diminuam devido às melhorias tecnológicas e operacionais. (ICAO, 2016).

A ICAO em concordância com as metas estabelecidas pelas entidades internacionais para a proteção ambiental (UNFCCC/COP) estabeleceu em 2004 três eixos básicos para a mitigação dos efeitos da aviação no meio ambiente:

- Limitar ou reduzir o número de pessoas afetadas pelo ruído das aeronaves;
- Limitar ou reduzir o impacto das emissões da aviação na qualidade do ar local; e
- Limitar ou reduzir o impacto das emissões de GEE da aviação no clima global.

A Figura 2 mostra a atuação das organizações de acordo com os emissores de gases do efeito estufa.

Figura 2 – Âmbito de Atuação em Função do Emissor dos GEE



Fonte: UBRABIO, 2017

Na figura 3 a seguir, segundo a ICAO, mostra que a aviação mundial representa hoje 2% das emissões totais de GEE no planeta e a aviação internacional representa 1,3% destas emissões contra 0,7% da aviação doméstica.

Figura 3 – Percentual de Emissão dos GEE na Aviação Civil



Fonte: UBRABIO, 2017

2.2 BREVE HISTÓRICO DOS COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS NO BRASIL

O Brasil possui uma relação antiga com os combustíveis alternativos. Em 1903 aconteceram as primeiras exposições desta categoria, o “Congresso das Aplicações Industriais do Álcool” e a “Exposição Internacional de Produtos e Equipamentos a Álcool”, no Estado do Rio de Janeiro.

O primeiro registro de uso de combustíveis renováveis aconteceu no ano de 1925, em uma viagem de 430 km, entre as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, usando um carro a etanol. (UNICA, 2008).

No mercado mundial o Worldwatch Institute (2007) destaca que:

No início do século XX os biocombustíveis chegaram a ocupar 5% da oferta de combustível na Europa, com suporte principalmente na Alemanha e França. Porém, com a desmobilização militar após a segunda guerra, a descoberta de novos e fartos campos petrolíferos, e com o baixo valor destes, os biocombustíveis foram eliminados do mercado. No Brasil não foi

diferente, as políticas de apoio ao etanol foram deixadas em segundo plano depois da criação da Petrobras, em 1953. (TÁVORA, 2011, p.16).

Entretanto, em 1973 ocorre a primeira crise do petróleo, com um aumento impressionante superior aos 200%. Depois dessa, o Brasil enfrentou outras duas crises petrolíferas, sendo a última em 2007. (TÁVORA, 2011, p16).

Com principal ambição de substituir os veículos movidos à gasolina por etanol para veículos leves no Brasil (veículos ciclo Otto), foi criado em 1975 o Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL). Em 1977, é iniciada a adição de álcool anidro à gasolina, e nos anos seguintes com a crise energética internacional, em 1979, o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Proóleo) foi criado, e no mercado nacional o primeiro carro a álcool foi lançado. (TÁVORA, 2011, p17).

No início dos anos 80, o Brasil testou combustíveis renováveis em aviação, e:

Usou particularmente o biodiesel de coco, dendê e babaçu, formulados com querosene de aviação, em uma composição de 10% em volume. A mistura resultante denominada PROSENE foi o resultado de iniciativas de anos de pesquisa de um grupo da Universidade Federal do Ceará, coordenadas pelo cientista Expedito Parente, que resultaram em uma parceria com o Ministério da Aeronáutica, e que ainda proporcionou a concessão da primeira patente mundial de biodiesel e de querosene vegetal de aviação registrada no Brasil. (PARENTE, 2003).

Ainda nos anos 80, no Brasil,

De acordo com Simões (2003) após exaustivos testes de motor com o biocombustível, em 23 de outubro de 1984, aconteceu o primeiro voo com uma aeronave nacional turbo hélice Bandeirante (EMB 110), que decolou com 100% de bioquerosene, de São José dos Campos com destino a Brasília. (PARENTE, 2003, apud SIMÕES, 2003).

Houve uma crescente escalada na produção de etanol e em 1985 ultrapassou os 10 bilhões de litros. Ainda em um contexto de grande produção de carros movidos a álcool, em 1986, os preços do petróleo despencaram, chegando a menos de US\$ 15 por barril, em 1987. (CUNHA, 2006).

Nesse cenário e em outras questões econômicas nacionais e internacionais, o programa perdeu apoio de vários setores e levou o governo federal a diminuir drasticamente o apoio ao Proálcool. Em 1990, frente ao contexto dos anos anteriores, foi extinto o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) e eliminadas as cotas de comercialização no mercado interno.

Após a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento em 1992, as discussões sobre a reformulação dos sistemas energéticos e a pressão para redução de emissão de carbono colocaram em foco internacional novamente o álcool brasileiro. Em 1993, por meio de legislação específica, a mistura de 25% de álcool anidro à gasolina torna-se mandatória. Em 1997 é editada a Lei do Petróleo, e no início da década de 2000 é lançado no mercado o gás natural veicular (GNV) que competia diretamente com o etanol como combustível. (TÁVORA, 2011, p25).

Iniciaram em 2003 os primeiros estudos para a criação de uma política para o biodiesel no Brasil, por meio da Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel (CEIB) e do Grupo Gestor (GG) pelo governo federal.

No ano seguinte, em 2004, chega ao mercado os primeiros carros flexfuel, com uma excelente aceitação pelo consumidor brasileiro. No mesmo ano a Indústria Aeronáutica Neiva certifica a primeira e única aeronave no mundo movida a etanol, o Ipanema – EMB 202. (TÁVORA, 2011). Em dezembro de 2004, o governo federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), com o objetivo inicial de introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira. Com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, o principal resultado dessa primeira fase foi a definição da regulação para o setor. (ANP, 2017).

Nos anos seguintes os incrementos foram adotados. Em 2009 o biodiesel B4 (diesel com 4% de biodiesel), em 2010 o B5, em 2014 o B6 e B7 que vigorou até o início de 2017 quando entrou em vigor o biodiesel B8 (Lei nº 13.263/2016) e há projeções para aumentar essa porcentagem para 9% e 10% em 2018 e 2019, respectivamente. A capacidade instalada de biodiesel no Brasil é de 1,9 bilhões de galões (7,4 bilhões de litros) por ano e o atual volume negociado anual é de 1,1 bilhões de galões (4,3 bilhões de litros). A principal matéria-prima para biodiesel no país é a soja (aproximadamente 70% do mercado), seguida de gorduras animais (20%) e complementada por óleos e gorduras residuais, ácidos graxos e algodão.

Atualmente, existem aproximadamente 58 plantas de biodiesel no Brasil. (ANP, 2017).

Em 2011 a ANP assume a regulamentação do etanol, que passa a ser considerado um combustível, de acordo com a Lei nº 12.490. Desde então, o programa sofreu várias modificações, e em 2015 a proporção do álcool anidro na gasolina atingiu 27% de etanol à gasolina de origem fóssil. Atualmente a capacidade de produção instalada para o etanol (hidratado e anidro) no Brasil é cerca de 23 bilhões de galões - 90 bilhões de litros - por ano. (ANP, 2017).

Ainda em 2015, é lançada uma nova versão do Ipanema (EMB-203), disponível apenas com motor a etanol. Esta produção atende às demandas do mercado específicas para o Brasil, devido à disponibilidade de combustível abundante a custos muito mais baixos do que a gasolina de aviação (AV-GAS). Aproximadamente 40% da frota da Embraer "Ipanema" hoje é alimentada com etanol. (ICAO, 2016).

As grandes empresas aéreas Brasileiras de aviação comercial já realizaram centenas de voos nesta última década com combustíveis renováveis. As principais companhias aéreas brasileiras já possuem alguma ligação com estes combustíveis alternativos. (ICAO, 2016).

A LATAM operou seu primeiro voo experimental em dezembro de 2011, em um A330, que foi alimentado com biocombustíveis produzidos a partir do pinhão manso (*jatropha*). Em abril de 2012, a Azul Linhas Aéreas operou um voo experimental, alimentado por uma mistura produzida a partir de cana-de-açúcar.

A GOL Linhas Aéreas, ainda em 2012, operou seu primeiro voo experimental, alimentado por uma mistura produzida a partir de óleo e gorduras residuais e óleo de milho não comestível. No ano seguinte, em outubro de 2013, o primeiro voo comercial brasileiro alimentado por bioquerosene aprovado pela ANP foi realizado e em 2014, a GOL operou o primeiro voo internacional brasileiro, alimentado por uma mistura produzida a partir de cana-de-açúcar. (ICAO, 2016).

2.2.1 Visão geral dos biocombustíveis

Biocombustíveis são derivados de biomassa renovável e podem substituir, combustíveis derivados de petróleo.

Os dois principais biocombustíveis líquidos usados no Brasil são o etanol, obtido a partir de cana-de-açúcar e, em escala crescente, o biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais e adicionado ao diesel de petróleo em proporções variáveis. Aproximadamente 45% da energia e 18% dos combustíveis consumidos no Brasil já são renováveis. No resto do mundo, 86% da energia vêm de fontes energéticas não renováveis. Pioneiro mundial no uso de biocombustíveis, o Brasil alcançou uma posição almejada por muitos países que buscam desenvolver fontes renováveis de energia como alternativas estratégicas ao petróleo. O Brasil é precursor na utilização em larga escala de etanol combustível, desde o fim da década de 1970. Atualmente, é um dos que mais utilizam o produto e ainda o segundo maior produtor mundial. (ANP, 2017). Disponível em <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis>>.

A tendência baseada na bioeconomia surgiu por três razões: a necessidade de reduções de emissões de carbono; segurança energética e resiliência de recursos, desenvolvimento econômico e inovação industrial.

A indústria da aviação reconheceu a necessidade do uso de biocombustível sustentável, pois não existe alternativa prática conhecida para os transportes aéreos que fazem uso de energia líquida. Os biocombustíveis são a única opção para superar uma transição para qualquer nova tecnologia de propulsão (ainda desconhecida), que pode surgir nos próximos 30 anos. (ICAO, 2016).

2.2.2. Fatores e eventos para o surgimento, desenvolvimento e produção dos biocombustíveis de aviação

O setor de transportes, incluindo a aviação, é responsável pela maior parte das emissões de dióxido de carbono (CO₂) - o gás de efeito estufa mais presente na atmosfera e grande responsável pelo aquecimento global. Por isso, o investimento em pesquisa, desenvolvimento e regulamentação do uso de biocombustíveis, oriundos de fontes renováveis e cuja utilização reduz o percentual de emissões nocivas, têm papel fundamental do ponto de vista ambiental. No entanto, a natureza global da indústria da aviação dificulta a regulamentação dos biocombustíveis e das emissões de carbono.

Reconhecendo a necessidade de troca de informações nesta área, a ICAO realizou a sua primeira Conferência sobre Aviação e Combustíveis Alternativos

em 2009 e lançou o Quadro Global da ICAO sobre Combustíveis Alternativos de Aviação. (ICAO / GFAAF / 2017).

A plataforma on-line (<http://www.icao.int/altfuels>) fornece uma base de dados atualizada continuamente de atividades e desenvolvimentos no campo de combustíveis alternativos de aviação. O progresso alcançado desde 2009 nesta área tem sido impressionante. Naquela época, a ASTM D7566, Especificação Padrão para o Combustível de Turbina de Aviação contendo Hidrocarbonetos Sintetizados, acabava de ser publicada. (ICAO / GFAAF / 2017).

A American Society for Testing and Materials - ASTM adota critérios rigorosos para a aceitação de misturas de biocombustíveis com o querosene de aviação (QAV) de origem fóssil. Estes critérios procuram garantir a qualidade do combustível antes e depois da mistura com o QAV, para que não haja necessidade de nenhuma alteração nos equipamentos e sejam atendidos os mesmos parâmetros de segurança na utilização em aeronaves comerciais de grande porte. Quando necessário, as normas de controle incluem parâmetros diferentes dos comumente analisados no QAV derivado de petróleo. (SPG / MME / 2016).

O progresso alcançado nos últimos anos no desenvolvimento e implantação de combustíveis alternativos para a aviação tem sido impressionante. Poucos profissionais, antes dos primeiros voos de teste em 2008, teriam acreditado que os voos regulares em biocombustíveis se tornariam realidade e que em menos de uma década teríamos o primeiro abastecimento contínuo de combustíveis alternativos para companhias aéreas e aeroportos. As realizações com a tecnologia dos combustíveis alternativos e o crescimento da oferta foram fortemente motivadas pelo compromisso de reduzir o impacto ambiental da aviação e a sua pegada de carbono com apoio de toda a indústria da aviação, governos e ICAO.

Entretanto, apesar dos desenvolvimentos significativos na tecnologia das aeronaves e nos campos operacionais e de infraestrutura, as melhorias na eficiência de combustível alcançadas por esses meios provavelmente não serão suficientes para acompanhar o crescimento do volume de tráfego aéreo, que deverá continuar em 4% a 5% ao ano nas próximas décadas. Portanto, a utilização de combustíveis alternativos é uma peça fundamental para a descarbonização do transporte aéreo.

Assim, em 2010, na 66ª Reunião Anual Geral, a IATA (2010) em congruência com a ICAO, estabelece 3 objetivos ambientais estratégicos que são:

- Uma melhoria média na eficiência de combustível de 1,5% aa entre 2010 e 2020;
- Crescimento neutro em carbono a partir de 2020;
- Redução líquida das emissões de CO₂ da aviação em 50% para 2050 relativa aos níveis de 2005. (IATA, 2010).

Até agora, houve três fases importantes de desenvolvimento:

1. 2008 – 2011: a fase de teste de voo, começando com o primeiro voo alimentado por uma mistura de combustíveis de aviação sustentável pela Virgin Atlantic em 2008, seguido de uma série de outros voos usando uma variedade de combustíveis de diferentes matérias-primas.

2. 2011 – 2015: uma fase de mais de 2000 voos comerciais alimentados por misturas de combustíveis de aviação sustentável, operadas por 23 companhias aéreas em todo o mundo; isso começou imediatamente após a certificação dos combustíveis HEFA para voos comerciais em julho de 2011. Os voos foram realizados por aeronaves individuais que operavam rotas específicas, com abastecimento de combustível segregado e monitorado.

3. 2015 – Dias atuais: em janeiro de 2016, o aeroporto de Oslo iniciou o fornecimento regular de uma mistura de combustíveis de aviação sustentável através de um sistema comum de distribuição de combustível convencional. No mesmo ano, o produtor AltAir iniciou o fornecimento regular de combustíveis de aviação sustentável, para voos da United Airlines fora do Aeroporto Internacional de Los Angeles. Assim, o fornecimento regular de combustíveis de aviação sustentável, para voos comerciais tornou-se uma realidade. (IATA, 2016).

Várias outras companhias aéreas e aeroportos estão preparando toda a logística necessária, porém os combustíveis alternativos para jatos devem usar a infraestrutura de distribuição de combustível já existente, pois a construção de uma infraestrutura paralela seria proibitivamente dispendiosa. Consequentemente, apenas os combustíveis alternativos "drop-in" podem ser aceitos, ou seja, combustíveis que podem ser misturados com combustível de aviação convencional.

A organização ASTM criou o padrão D7566 para a certificação de combustíveis alternativos para aviação onde os requisitos físicos e técnicos são essencialmente os mesmos para o combustível de aviação convencional ASTM D1655 e pode ser usado sem restrições. Entretanto, para a implantação comercial ter sucesso dependerá principalmente da política energética favorável e da

legislação que incentive a produção e o uso destes combustíveis sustentáveis. (ICAO, 2016).

Fortalecendo as políticas de sustentabilidade para o meio ambiente, em outubro de 2013, a 38.^a sessão da Assembleia da OACI aprovou a Resolução A38-18, que exigiu dos Estados membros ações políticas para acelerar o desenvolvimento, a implantação e o uso de combustíveis alternativos sustentáveis para a aviação, como parte de uma cesta de medidas para limitar as emissões de carbono da aviação internacional com referências até 2050. (ICAO, 2014).

Segundo a ICAO 2016, a norma ASTM D7566, até o ano de 2014, certificou três rotas tecnológicas diferentes de produção de combustíveis de aviação para a mistura com derivados de petróleo Jet-A / A1.

- Combustíveis produzidos pelo processo Fischer-Tropsch a partir de qualquer tipo de biomassa ou outra matéria-prima contendo carbono (2009).
- Combustíveis a partir de óleos vegetais ou gorduras animais pelo processo HEFA (ésteres hidrogenados e ácidos graxos) (2011).
- Combustíveis iso-parafínicos sintetizados (SIP) de açúcares, também conhecidos como DSHC (açúcar direto para hidrocarboneto) (2014).

A Força-Tarefa de Combustíveis Alternativos da ICAO conduziu um estudo, liderado pelo MIT e IATA, para estimar o potencial de produção de combustíveis de aviação sustentável no curto prazo (até 2020) e a longo prazo (até 2050). Ela descobriu que até 6,5 Mt / ano de combustível alternativo (2% a 3% da demanda global de combustível para aviação) poderiam estar disponíveis até o ano 2020, assumindo que o diesel renovável esteja aprovado pela ASTM. (ICAO, 2016).

Hoje, existem cinco rotas que foram aprovados de acordo com a norma ASTM D7566 para a produção de combustível alternativo e dois aeroportos estão fornecendo quantidades significativas de biocombustíveis para seus clientes.

A "cesta" de medidas da ICAO inclui avanços na tecnologia de aeronaves, melhorias operacionais, combustíveis alternativos sustentáveis e medidas baseadas no mercado (MBM).

Embora espera-se que as melhorias tecnológicas e operacionais das aeronaves contribuam para reduzir as emissões, é esperado que as reduções profundos e necessários venham do uso de Combustíveis Sustentáveis de Baixo Carbono que proporcionam reduções líquidas significativas nas emissões de CO₂

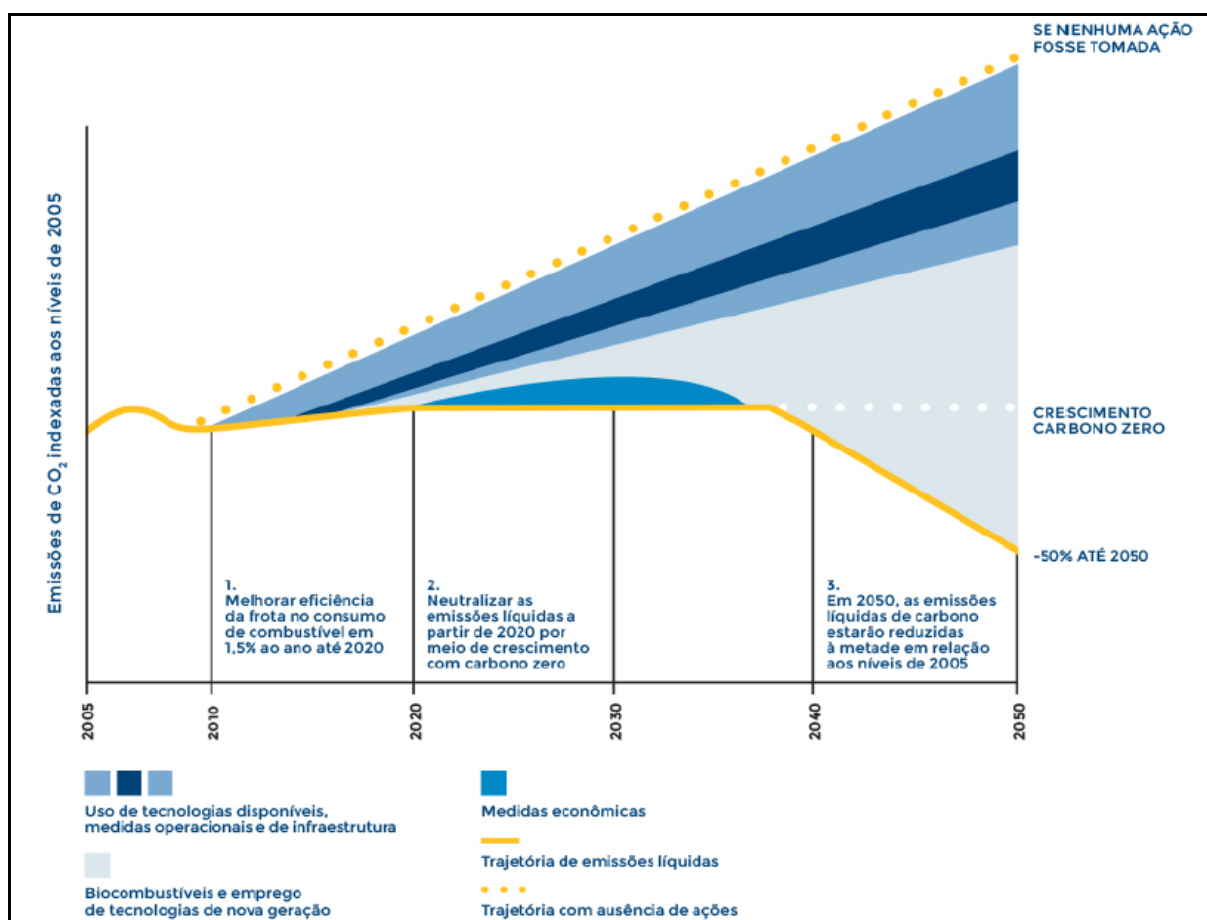
em relação ao combustível de aviação de base fóssil, apesar que as barreiras à implantação em larga escala de tais combustíveis permaneçam. (ICAO, 2016).

Discutir as emissões de CO₂ da aviação internacional através da cesta de medidas é uma abordagem abrangente de longo prazo da OACI e oferece flexibilidade aos Estados para misturar e combinar esses elementos à luz de suas circunstâncias.

O desafio mais significativo que afeta a demanda por combustíveis alternativos é a enorme diferença de preços entre combustíveis convencionais e biocombustíveis para a aviação. (ICAO, 2016).

O gráfico 1 a seguir trata a respeito dos possíveis níveis de emissão que poderão ser atingidos de acordo com as implementações e ações realizadas ou não realizadas, baseado nos níveis de 2005.

Gráfico 1 – Impactos das Ações nos gases do efeito estufa - GEE



Fonte: UBRABIO, 2017

No Brasil, desenvolveu-se através da Secretaria de Aviação Civil um documento denominado Plano de Ação para a redução das emissões de gases de efeito estufa da aviação civil brasileira. A primeira edição lançada em 2013 e a segunda edição em 2015 de referência atual. (SAC, 2016).

As medidas adotadas pelo Brasil para o setor aéreo seguiram o pacote de ações proposto pela ICAO que abrangem melhorias em infraestrutura de aeroportos, melhorias tecnológicas em aeronaves através da indústria aeronáutica, melhorias operacionais através das empresas aéreas, gestão do tráfego aéreo através do DECEA e o desenvolvimento de combustíveis sustentáveis de aviação através de vários parceiros nacionais e internacionais. (SAC, 2016).

Numerosas partes interessadas trabalham juntas para a realização da implantação do combustível de aviação sustentável. Além de companhias aéreas, produtores e fornecedores, existem inúmeros outros stakeholders incluindo: produtores de matérias-primas agrícolas e florestais, aeroportos, instituições de pesquisa, agências governamentais como ministérios dos transportes, energia, ambiente e agricultura. Foram originadas no mundo todo parcerias e iniciativas conjuntas para o desenvolvimento e implantação do combustível de aviação sustentável, reunindo todos os conhecimentos necessários em uma região ou país e criadas para a cooperação de longo prazo.

A existência de limitação às misturas de combustíveis ocorre devido a matéria prima e o processo de produção dos AAFs que não possuem as mesmas propriedades e a gama de moléculas que o CAF. Para garantir a compatibilidade drop-in e por razões de segurança e técnicas, os limites máximos de mistura são introduzidos para AAFs. A segurança de voo é protegida por padrões rígidos relacionados às qualidades dos combustíveis, por exemplo, densidade, viscosidade e comportamentos de congelamento. Em alguns casos, para existir uma dilatação suficiente para vedação no sistema de combustível, e consequentemente um sistema completamente selado, é necessário um conteúdo aromático alto (pelo menos 8%) nos combustíveis alternativos de aviação. (ICAO, 2016).

Os atuais desafios para os biocombustíveis em todo o seu ciclo de vida são a disponibilidade de matéria prima, as parcerias dos stakeholders dos vários setores de interesse, os altos custos envolvidos em toda a cadeia produtiva e de distribuição, a internacionalidade do produto e a garantia de sustentabilidade.

A ICAO apresenta um papel fundamental no campo dos combustíveis alternativos da aviação. Ela está ativamente envolvida em atividades para promover e facilitar o surgimento de combustíveis de aviação sustentáveis através da troca e divulgação de informações, promovendo o diálogo entre os Estados e as partes interessadas e realizando trabalhos dedicados conforme a necessidade dos Estados membros. O Quadro Global da ICAO para Combustíveis Alternativos de Aviação (GFAAF) foi criado e disponibilizado no site da ICAO como resultado da primeira Conferência da OACI sobre Aviação e Combustíveis Alternativos (CAAF/1) realizada em 2009. Esta plataforma global compartilha informações em iniciativas e ações mundiais em AAFs, onde a ICAO atualiza regularmente o GFAAF quando os Estados Membros, Organizações e Stakeholders fornecem novas informações. (ICAO, 2016).

Desde 2009, a ICAO realiza vários eventos relacionados aos AAFs. O mais recente foi realizado em outubro de 2017 - Conferência da ICAO sobre Aviação e Combustíveis Alternativos (CAAF/2).

Em agosto de 2017 ocorreu, em Belo Horizonte, o Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Descarbonização: Oportunidades de negócios e investimentos na cadeia de valor do Bioquerosene.

Em maio de 2017 a UBRABIO, em celebração aos seus 10 anos de trajetória, apresentou o Seminário “Biodiesel e Bioquerosene: sustentabilidade econômica e ambiental”. (UBRABIO, 2017).

2.3. ORGANIZAÇÕES NACIONAIS DA AVIAÇÃO PARA REGULAÇÃO, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

O Brasil não possui uma estrutura centralizada quando falamos em pesquisa, desenvolvimento e regulamentação de biocombustíveis. Em função do grande número de ministérios na estrutura governamental do país, as ações sobre este setor energético envolvem muitos atores que criam mecanismos, programas e acordos com objetivos, alguns pontuais e outros mais abrangentes, de expandir o desenvolvimento dos biocombustíveis, principalmente os de aviação. A atuação das entidades privadas se entrelaça com as públicas em vários níveis, onde surgem parcerias e investimentos com objetivos de acelerar as pesquisas, bem como a

criação de alianças e associações exclusivamente privadas com objetivos comerciais.

No setor público temos como exemplo o Ministério de Minas e Energia e o Ministério da Ciência e Tecnologia que possuem departamentos específicos para tratar de assuntos relativos aos biocombustíveis. No setor privado podemos destacar a Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (ABRABA); Plataforma Brasileira de Biocombustíveis (PBB) e União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (UBRABIO).

2.3.1. Estrutura das organizações públicas

Destacam-se aqui os principais atores públicos envolvidos - direta ou indiretamente - que apresentaram participação em algum nível no desenvolvimento dos Biocombustíveis no Brasil.

Ministérios

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA;

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações – MCTIC;

Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA;

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC;

Ministério do Meio Ambiente – MMA;

Ministério de Minas e Energia – MME;

Ministério das Relações Exteriores – MRE;

Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil – MTPAC.

Secretarias e Departamentos

Secretaria Nacional da Aviação Civil (SAC), vinculada ao MTPAC;

Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – SETEC, vinculado ao MCTIC;

Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – SPG e que coordena o Departamento de Combustíveis Renováveis (DCR) vinculados ao MME;

Subsecretaria Geral de Meio Ambiente, Energia, Ciência e Tecnologia e que coordena o Departamento de Energia vinculados ao MRE.

Órgãos e Agências

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, vinculada ao MDIC;
 Agência Nacional da Aviação Civil – ANAC e a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – INFRAERO, vinculados ao MTPAC;
 Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP vinculada ao MME;
 Agência Espacial Brasileira – AEB e as Organizações Sociais CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos e CNPEM – Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, todos vinculados ao MCTIC.

Institutos e Laboratórios

EMBRAPA Agroenergia – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, vinculada ao MAPA;
 EPE – Empresa de Pesquisa Energética, vinculada ao MME;
 Os INCT – Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia do Bioetanol e de Energia, Ambiente e Biodiversidade, vinculados ao MCTIC;
 O Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE, vinculado ao CNPEM / MCTIC;
 Instituto de Energia e Meio Ambiente – IEMA, com principal vínculo ao MTPAC.

2.3.2. Definições das principais entidades envolvidas, parcerias e programas nacionais, resoluções e leis sobre os biocombustíveis

Abaixo, as principais empresas públicas ou privadas engajadas em programas de desenvolvimento dos biocombustíveis para aviação com atuação nacional e / ou parcerias internacionais:

IEMA

O Instituto de Energia e Meio Ambiente – IEMA, criado em 2006, é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP) sem fins lucrativos, voltada a produzir e disseminar conhecimento técnico-científico em temas de impacto no ambiente urbano, com ênfase na mobilidade, na qualidade do ar, em energia e na redução de emissões de gases de efeito estufa (em especial no setor de transporte e energia). Disponível em: <<http://www.energiaeambiente.org.br/>>.

ABDI

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, foi criada pelo Governo Federal em 2004, com o objetivo de promover a execução da política industrial, em consonância com as políticas de ciência, tecnologia, inovação e de comércio exterior (Lei 11.080). Ligada ao Ministério do Desenvolvimento – MDIC, atua como elo entre o setor público e privado, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do País com flexibilidade, agilidade e capilaridade entre as entidades públicas e privadas. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/paginas/default.aspx>>.

EPE

A Empresa de Pesquisa Energética – EPE é uma empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia e foi criada pela Lei no 10.847/2004. No seu Artigo 2º: define sua finalidade que é prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>>.

DCR

Departamento de Combustíveis Renováveis – DCR foi regulamentado através do Decreto 7.798/2012. No seu Artigo 27º define as suas competências de monitorar e avaliar, as condições de produção e utilização, bem como promover e implementar ações preventivas e corretivas para garantir a evolução do abastecimento de combustíveis renováveis, além de coordenar e promover programas, incentivos e ações para atrair investimentos para o setor de combustíveis renováveis, bem como acompanhar e supervisionar a adequada utilização dos recursos, inserir novos combustíveis renováveis na matriz energética, estimular e apoiar atividades de pesquisa e desenvolvimento e articular-se com as instituições governamentais e stakeholders envolvidos com o setor. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/institucional/dcr>>.

CNPEM

Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM é uma organização social qualificada pelo MCTIC e possui quatro laboratórios referências mundiais, sendo que o Laboratório Nacional de Ciência e

Tecnologia de Bioetanol (CTBE) investiga novas tecnologias para a produção de etanol celulósico. Tem como missão integrar competências singulares em Laboratórios Nacionais para o desenvolvimento científico e tecnológico e apoio à inovação em energia, materiais e biociências. Disponível em: <<http://cnpem.br/cnpem/>>.

CTBE

O Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE foi inaugurado em 22 de janeiro de 2010. O CTBE atua junto à comunidade científico-tecnológica e ao setor produtivo brasileiros, com a missão de contribuir para o avanço do conhecimento científico e tecnológico na produção, uso e conversão de biomassas em energia e materiais, por meio de pesquisa, desenvolvimento, inovação e capacitação de pessoal. Disponível em: <<http://ctbe.cnpem.br/>>.

CGEE

O Centro de Estudos e Gestão Estratégica – CGEE tem como missão subsidiar processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, bem como promover e realizar estudos e pesquisas prospectivas de alto nível nas áreas de educação, ciência, tecnologia e inovação. Disponível em: <<https://www.cgee.org.br/home>>.

INCTB

O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – INCT do Bioetanol, une 31 laboratórios de cinco estados brasileiros para desenvolver as bases tecnológicas necessárias para viabilizar a produção de cana-de-açúcar no Brasil. Disponível em: <<http://www.inctdobioetanol.com.br/>>.

Embrapa Agroenergia

A Embrapa Agroenergia foi criada em maio de 2006, juntamente com o início do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) e o lançamento do Plano Nacional de Agroenergia (PNA), com objetivos para assegurar o aumento da participação de fontes renováveis no Balanço Energético Nacional. Em consonância com o que estabelecia o próprio PNA, foram estabelecidos projetos de pesquisa para a Embrapa Agroenergia dentro de quatro eixos: etanol, biodiesel, florestas energéticas e coprodutos e resíduos.

Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agroenergia/historia>>.

PNPB

Em julho de 2003 tiveram início os primeiros estudos concretos para a criação de uma política do biodiesel no Brasil. O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB foi instituído pelo Governo Federal em 2004 com o objetivo de fomentar com sustentabilidade a utilização e a produção de Biodiesel, com foco na inclusão social e no desenvolvimento regional.

O biodiesel no Brasil traz benefícios sociais, econômicos e ambientais, além de projetar o país no cenário internacional da bioenergia e da economia verde com a produção de soja, mamona, girassol, palma (dendê), canola, algodão e amendoim. O Programa chancela o compromisso, assumido em dezembro de 2014 pelo Estado brasileiro com as Nações Unidas desde o Protocolo de Kyoto em 1997 até a COP-20 em Lima, de reduzir a emissão de gases de efeito estufa.

De acordo com a EPA – Environmental Protection Agency (agência norte-americana de meio ambiente), o Biodiesel é reconhecidamente uma fonte limpa e renovável de energia, capaz de reduzir em até 57% as emissões de gás carbônico.

Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-biodiesel/o-que-%C3%A9-o-programa-nacional-de-produ%C3%A7%C3%A3o-e-uso-do-biodiesel-pnpb>>.

RBTB

A Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel – RBTB tem como objetivos principais a consolidação de um sistema gerencial de articulação dos diversos atores envolvidos na pesquisa, no desenvolvimento e na produção de biodiesel, permitindo assim a convergência de esforços e otimização de investimentos públicos; a identificação e eliminação de gargalos tecnológicos que venham a surgir durante a evolução do PNPB, o que será feito por meio de constante pesquisa e desenvolvimento tecnológico realizados no âmbito de parcerias entre instituições de P&D e o setor produtivo. Disponível em: <<http://oleo.ufla.br/rbtb/>>.

Plataforma Mineira de Bioquerosene & Renováveis

O Governo do Estado de Minas Gerais vem empregando esforços na estruturação da Plataforma Mineira de Bioquerosene & Renováveis, um conjunto de iniciativas que reúnem órgãos do Governo Estadual, Universidades e centros de pesquisas, empresas e stakeholders nacionais e internacionais, para que seja viabilizada em Minas Gerais uma cadeia de valor altamente integrada para produção de biocombustíveis, sobretudo bioquerosene para a aviação, e outros produtos renováveis. Secretaria de

Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. Subsecretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <<http://cnpem.br/relatorio-do-seminario-de-desenvolvimento-sustentavel-e-descarbonizacao/>>.

RenovaBio

O RenovaBio foi lançado em fevereiro de 2017 e é uma política de Estado que objetiva traçar uma estratégia conjunta para reconhecer o papel estratégico de todos os tipos de biocombustíveis na matriz energética brasileira, tanto para a segurança energética quanto para mitigação de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa. Tem como objetivos principais fornecer uma importante contribuição para o cumprimento dos Compromissos Nacionalmente Determinados pelo Brasil, no âmbito do Acordo de Paris; promover a adequada expansão dos biocombustíveis na matriz energética, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis e assegurar previsibilidade para o mercado de combustíveis.

Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principal>>.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME, 2017), dentre as Diretrizes do RenovaBio podemos destacar a Diretriz XII que traz em seu texto a seguinte competência:

XII - criar mecanismos para impulsionar o potencial do Brasil na produção comercial de bioquerosene de aviação e a produção competitiva de etanol celulósico, assim como acelerar o aproveitamento racional do biogás e do Biometano.

Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/diretrizes>>.

Plataforma Biofuture

A plataforma Biofuture foi proposta pelo governo do Brasil e vários países líderes nos cinco continentes. A iniciativa visa reunir um grupo relativamente limitado, mas forte, de países com ideias semelhantes e interesse no desenvolvimento da nova bioeconomia. A plataforma está vinculada ao Departamento de Energia da Subsecretaria-Geral de Meio Ambiente, Energia, Ciência e Tecnologia do Ministério das Relações Exteriores.

A Plataforma Biofuture é um mecanismo multi-stakeholder orientado a ação, para o diálogo político e a colaboração entre os principais países, organizações e setor privado, conscientes da necessidade de acelerar o desenvolvimento e ampliar a implantação de alternativas modernas sustentáveis e de baixo carbono, com objetivo final de ajudar na luta global contra as mudanças climáticas, nutrir soluções em transporte e ajudar os países a alcançar seus objetivos da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC).

A Declaração de lançamento ocorreu em novembro de 2016, no Marrocos com os seguintes países membros: Argentina, Brasil, Canadá, China, Dinamarca, Egito, Finlândia, França, Índia, Indonésia, Itália, Marrocos, Moçambique, Países Baixos, Paraguai, Filipinas, Suécia, Reino Unido, Estados Unidos da América e Uruguai.

Contou com o apoio das seguintes organizações intergovernamentais: FAO – Food and Agriculture Organization, UNCTAD, UNIDO – United Nations Industrial Development Organization, IEA, Sustainable Energy for All, IRENA – International Renewable Energy Agency. E com o apoio das seguintes Organizações do setor privado: Associação Brasileira de Biotecnologia Industrial – ABBi, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, ApexBrasil, Below, WBCSD e WCIB. Disponível em: <<http://biofutureplatform.org/>>.

Mission Innovation

A Mission Innovation foi anunciada novembro de 2015, quando 22 países e a União Europeia reuniram-se em Paris para realizar ambiciosos esforços para combater as mudanças climáticas e de acelerar a inovação global em energia limpa.

Como parte da iniciativa, os países participantes comprometem-se a duplicar os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de energia limpa (P & D) de seus governos ao longo de cinco anos, e ao mesmo tempo em que incentivam o aumento do investimento do setor privado em tecnologias transformadoras de energia limpa. Esses recursos adicionais irão acelerar a disponibilidade de tecnologias avançadas que definirão um futuro energético global, limpo, acessível e confiável. Disponível em: <<http://mission-innovation.net/>>.

Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil

A parceria técnica entre o IEMA e a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC resultou no Inventário Nacional De Emissões Atmosféricas Da Aviação Civil. O documento reúne dados de 2005 a 2013 sobre a emissão

de poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa, e serviu de base para negociações e estudos internacionais de monitoramento de emissões, além de fomentar programas de melhoria ambiental e de eficiência energética na aviação civil brasileira.

Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-da-aviacao-civil-2014>>.

APROBIO

Associação dos produtores de biodiesel do Brasil é uma entidade de representação corporativa e institucional dos produtores de biodiesel do país. Fundada em junho de 2011, a associação tem nove empresas associadas que, juntas, somam 11 usinas do parque industrial brasileiro de biocombustível.

Em outubro de 2011 a APROBIO trabalhou pela formação da Frente Parlamentar do Biodiesel, a maior do Congresso Nacional. Em maio de 2015 a Frente Parlamentar Mista do biodiesel foi relançada com a prioridade de aprofundar a discussão do novo marco regulatório para o setor.

Além disso, a APROBIO mantém relacionamento institucional com as demais entidades da cadeia produtiva da matriz energética veicular do país, bem como com a comunidade acadêmica e científica, na busca de trabalhos conjuntos para investimentos em P&D de novas tecnologias e diversificação de matérias primas.

Disponível em: <<http://aprobio.com.br/associacao/quem-somos/>>.

Ubrabio

União brasileira do biodiesel e bioquerosene é uma associação sem fins econômicos que representa nacionalmente toda a cadeia produtiva desses biocombustíveis. Desde sua criação, em 2007, a entidade lidera o segmento e atua como interlocutora entre sociedade e governo para mobilizar e unir esforços, recursos e conhecimentos na busca pelo desenvolvimento do setor.

Está focada em colaborar com o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e com o RenovaBio, além de atuar em prol da estruturação do Segmento de Combustíveis Renováveis de Aviação no Brasil. Dentre as suas 22 empresas associadas temos a GOL, RSB e Curcas. Ubrabio coopera com a execução de políticas socioeconômicas e contribui diretamente para a substituição gradual dos combustíveis fósseis na Matriz Energética Brasileira. Disponível em: <http://www.ubrablo.com.br/1891/textos/QuemSomos_29614/>.

Plataforma Brasileira de BioJetFuel

A Plataforma de Biojetfuel foi formalmente estruturada em 08 de agosto de 2013 como uma plataforma aberta e colaborativa, para reunir as principais partes interessadas em promover a implantação de uma rede altamente integrada de biocombustíveis e de valor renovável, de "P & D & I", para preencher as lacunas identificado pelo estudo Sustainable Alternative Biojetfuel patrocinado pela Boeing, Fapesp e Embraer. A plataforma de múltiplos processos integra as iniciativas existentes de P & D de matérias-primas, cadeias de valor, projetos e tecnologias de segmento de aviação da Boeing e da GE. Disponível em: <<http://cdieselbr.com.br/>>.

A figura 4 a seguir mostra de forma condensada os stakeholders envolvidos na plataforma Brasileira de BioJetFuel. As empresas que fazem parte do Conselho Consultivo e as do Comitê de Direção, bem como as empresas de P & D & I, as matérias primas usadas, as rotas tecnológicas de produção, a logística empregada e os usuários finais

Figura 4 – Plataforma Brasileira de BioJetFuel



FONTE: Plataforma Brasileira de Biojetfuel, 2016

CURCAS Diesel

A Curcas Diesel Brasil Ltda foi fundada em 2007 com a visão de promover o desenvolvimento de uma cadeia de valor altamente integrada e totalmente sustentável para oferecer produtos biorefinados no Brasil. Ela integra todos os módulos da cadeia de valor, desenvolvendo e controlando matérias-primas, capacidades de refino, venda e fornecimento de biocombustíveis para usuários finais com uma logística otimizada. Disponível em: <<http://cdieselbr.com.br/>>.

ABRABA

Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação foi criada em maio de 2010 como um fórum para discutir os vários aspectos do desenvolvimento de biocombustíveis aeronáuticos sustentáveis, impulsionados pela crescente demanda para atender aos requisitos para reduzir as emissões de gases de efeito estufa na aviação, bem como para apoiar a segurança energética do Brasil.

A Aliança tem como objetivo promover iniciativas públicas e privadas que busquem o desenvolvimento, a certificação e a produção comercial de biocombustíveis sustentáveis para a aviação, viabilizados por meio de parcerias com formuladores de políticas públicas e com os participantes envolvidos no segmento de biocombustíveis aeronáuticos. A sua meta é a obtenção de biocombustíveis com níveis equivalentes de qualidade, segurança de uso, custo e capacidade produtiva adequada, em relação aos combustíveis derivados de petróleo.

A ABRABA possui os seguintes parceiros: Algae Biotechnology, Amyris Brasil, Associação Brasileira dos Produtores de Pinhão Manso (Jatropha) - ABPPM, União da Indústria da Cana-de-Açúcar – UNICA, Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil - AIAB, Embraer e as empresas aéreas: Azul, GOL, TAM e TRIP. Disponível em: <<http://www.abraba.com.br/pt-br/paginas/home.aspx>>.

RBQAV

Rede brasileira de bioquerosene e hidrocarbonetos renováveis para aviação - RBQAV foi lançada em maio de 2017, a rede tem como objetivos a realização de pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor por meio de parcerias entre instituições de pesquisa, empresas privadas do setor produtivo e consumidor e instituições governamentais.

A sua linha de pesquisa abrange toda a cadeia produtiva com avaliação do ciclo de vida do processo e produto, e o levantamento dos indicadores de

sustentabilidade para cada processo, fornecendo a análise da viabilidade econômica na cadeia produtiva do bioquerosene de aviação.

Desenvolve pesquisas de biomassas que se enquadrem na produção de bioquerosene e hidrocarbonetos renováveis e em eficiência logística e integração regional com mercado consumidor ou exportador.

As matérias-primas utilizadas tem origem de resíduos sólidos urbanos, agrícolas e florestais, além da cana de açúcar e das oleaginosas como Macaúba, Dendê, Licuri e Soja. Trabalha com as rotas tecnológicas SPK-FT, SPK-HEFA e SIP e tem os outros projetos de pesquisa em andamento para obter o Bioquerosene de aviação como a Desoxigenação Catalítica de Munguba, e o processo de Hidrotratamento do óleo e biodiesel. Disponível em:<<http://ubrabio.com.br/sites/1800/1891/pdfs/expandmg/29Ago13ufprbqa.v.pdf>>.

Leis e Resoluções aplicáveis

Resolução ANP N° 45, de 25.8.2014 - Especificação do biodiesel (ANP, 2014).

Lei n° 13263 – 23 de março de 2016 - percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel. (BRASIL, 2016).

Resolução n° 11 de 14/12/2016 / CNPE – Conselho Nacional de Política Energética. Adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel. Dispõe sobre adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. (D.O.U. 01/03/2017). (MME, 2016).

Lei n° 12.187, de 2009, institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC. (BRASIL, 2009).

Lei n° 11.097, de 13 de janeiro de 2005, dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. (BRASIL, 2005). O marco legal da introdução do biodiesel conclui um ciclo de desenvolvimento de quase meio século, com a promoção de iniciativas para usos em testes, sendo o Brasil um dos pioneiros, ao registrar em 1980 a primeira patente sobre o processo de produção do biocombustível.

Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981, instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA. (BRASIL, 1981).

2.4 ORGANIZAÇÕES INTERNACIONAIS DA AVIAÇÃO PARA REGULAÇÃO, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Com uma atuação global, a ICAO – International Civil Aviation Organization é uma organização especializada das Nações Unidas – ONU e que cumpre o papel de definir e estabelecer normas e regras para a aviação civil mundial.

Dentro do seu âmbito de atuação a ICAO trata da Proteção Ambiental através de vários departamentos. Dentre eles temos o GFAAF - Global Framework for Aviation Alternative Fuels e o CAEP - Committee on Aviation Environmental Protection.

O Comitê – CAEP, através de grupos de trabalho estabelece as normas para a redução da emissão dos gases do efeito estufa (WG3 – Work Group 3) e do uso de biocombustíveis para o setor aeronáutico (AFTF – Alternative Fuels Task Force). (ICAO, 2017).

Trabalhando de uma forma independente, mas com apoio mútuo junto a ICAO/CAEP, existe a IATA – International Air Transport Association, que representa a grande maioria das empresas aéreas. Essa associação possui alguns braços de trabalho voltados para biocombustíveis, alguns deles são: Sustainable Alternative Jet Fuels (SAF); Carbom offSet Programan (CSP); Fuel Reporting e Emissions DBase (FRED). (IATA, 2017).

Dentre as várias medidas adotadas pelas organizações internacionais para controlar e reduzir a emissão de gases pelas aeronaves ao redor do mundo existem também as entidades e associações regionais que atendem as empresas e companhias aéreas em cada país ou continente. Com objetivos e estratégias locais, normatizam o uso dos combustíveis sustentáveis com leis e regras específicas, que atendam às normas internacionais, desenvolvem pesquisas e parcerias.

Do setor privado podemos citar ainda a Sustainable Aviation Fuel Users Group (SAFUG) e Comercial Aviation Alternative Fuel Initiative (CAAFI).

2.4.1. Órgãos e entidades internacionais de regulação com atuação mundial

International Civil Aviation Organization – ICAO

A Convenção sobre Aviação Civil Internacional - Doc. 7300 (também conhecida como Convenção de Chicago) foi assinada em 07 de dezembro de 1944 por 52 Estados. Na pendência da ratificação da Convenção por 26 Estados, foi criada a Organização Provisória de Aviação Civil Internacional (PICAO). Funcionou desde 06 de junho de 1945 até 04 de abril de 1947. Em 05 de março de 1947 foi recebida a 26ª ratificação.

A ICAO surgiu em 04 de abril de 1947. Em outubro do mesmo ano, tornou-se uma agência especializada das Nações Unidas, vinculada ao Conselho Econômico e Social. Na Convenção sobre Aviação Civil Internacional foi estabelecido os objetivos da ICAO. (ICAO, 2017). Disponível em: <<https://www.icao.int/about-icao/pages/foundation-of-icao.aspx>>.

A ICAO trabalha coordenada com seus Estados membros e a indústria através de resoluções e políticas internacionais visando uma operação segura em todo o mundo.

A ICAO com os 191 Estados-Membros e grupos industriais para chegar a um consenso sobre as normas e práticas recomendadas (SARPs) da aviação civil internacional e políticas em apoio a um setor de aviação civil seguro, eficiente, economicamente sustentável e ambientalmente responsável. Essas SARPs e políticas são usadas pelos Estados membros da ICAO para garantir que suas operações e regulamentos locais de aviação civil estejam de acordo com as normas globais, o que, por sua vez, permite que mais de 100 mil voos diários na rede global da aviação operem de forma segura e confiável em todas as regiões do mundo. (ICAO, 2016). Disponível em: <<https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>>.

Committee on Aviation Environmental Protection – CAEP

O Comitê de Proteção Ambiental da Aviação (CAEP) é um comitê técnico do Conselho da ICAO criado em 1983. O CAEP auxilia o conselho na formulação de novas políticas e na adoção de novas Normas e Práticas Recomendadas (SARPs) relacionadas ao ruído e emissões das aeronaves e, mais geralmente, a impacto ambiental da aviação. (ICAO, 2017). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/Caep.aspx>>.

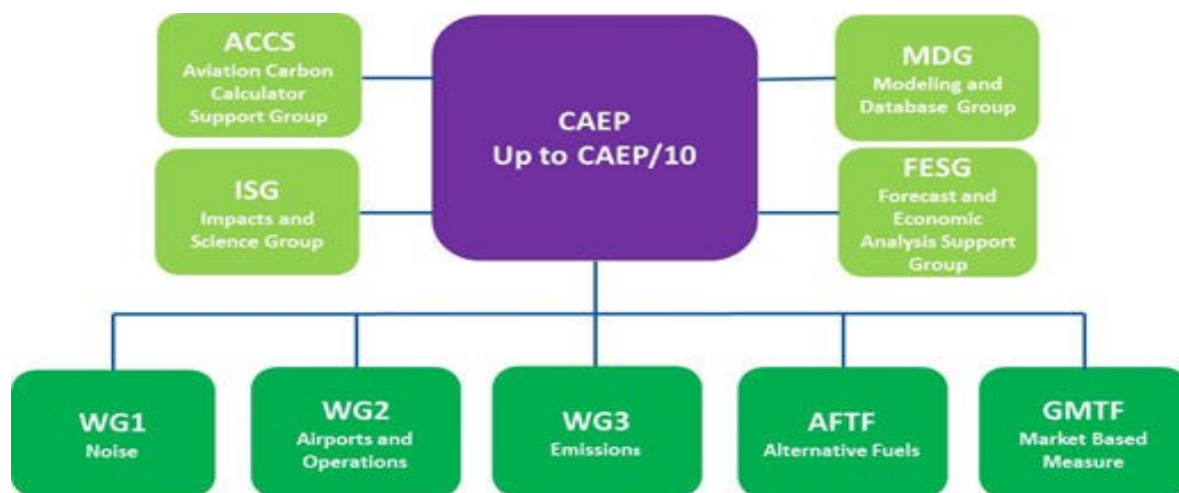
O CAEP realiza estudos específicos, conforme solicitado pelo Conselho.

O escopo das atividades abrange o ruído, a qualidade do ar e a cesta de medidas hoje consideradas para reduzir as emissões internacionais de CO₂ da aviação, incluindo tecnologia de aeronaves, melhoria de operações, medidas baseadas no mercado e combustíveis alternativos. O CAEP informa a tomada de decisão do Conselho e da Assembleia, fornecendo avaliações de tendências ambientais da aviação, incluindo futuras projeções de tráfego aéreo e avaliação de impacto das políticas e desenvolvimentos propostos.

O Conselho analisa e adota recomendações do CAEP, incluindo emendas aos SARPs e, por sua vez, relatórios para a Assembleia da ICAO onde as principais políticas de proteção ambiental são definidas em última instância. (ICAO, 2017). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/CAEP/Images/CAEPDescription.jpg>>.

Abaixo, a Figura 5 traz o organograma do Committee on Aviation Environmental Protection e seus vários grupos de trabalho dos quais podemos destacar o WG3 – Emissions e o AFTF – Alternative Fuels Task Force.

Figura 5 – Organograma do CAEP



Fonte: ICAO / CAEP

Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation – CORSIA

De acordo com a Resolução A39-3 da Assembleia da ICAO, parágrafo 4, o papel de um esquema global de MBM (Market-based Measure) é complementar a

cesta de medidas de uma forma mais ampla para alcançar o objetivo global esperado que é de carbono neutro a partir de 2020.

O Parágrafo 5 da Resolução da Assembleia decide implementar um esquema global de MBM sob a forma de um Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Internacional (CORSIA) para abordar qualquer aumento anual das emissões totais de CO₂ da aviação civil internacional acima dos níveis de 2020. (ICAO, 2016).

As medidas de mercado preveem a compensação (*offset*) do crescimento das emissões no período de 2021-2035, em relação aos níveis de 2020, assegurando crescimento neutro de emissões de CO₂ a partir de 2021. A implantação ocorre em três fases:

- Duas fases de adesão voluntária dos países, entre 2021 e 2023 e outra entre 2024 e 2026 e
- Fase de adesão obrigatória, entre 2027 e 2035.

Desde 23 de agosto de 2017, 72 Estados, representando 87,7% da atividade de aviação internacional, vão participar voluntariamente do CORSIA, desde o início. O Brasil declarou que não irá participar das fases voluntárias até 2026. (ICAO, 2017). Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/A39_corsia_FAQ1.aspx>

2.4.2. Associações e entidades internacionais não governamentais

International Air Transport Association – IATA

IATA, fundada em abril de 1945, é a associação comercial que representa hoje cerca de 270 das companhias aéreas mundiais ou 83% do tráfego aéreo total. É o principal veículo para a cooperação entre as companhias aéreas na promoção de segurança, confiabilidade e serviços aéreos seguros e econômicos em prol dos consumidores mundiais. (IATA/2016).

A IATA estabeleceu ambiciosos objetivos ambientais em 2010, na 66ª Reunião Anual Geral que são:

- Uma melhoria média na eficiência de combustível de 1,5% aa entre 2010 e 2020;
- Crescimento neutro em carbono a partir de 2020; e

- Redução líquida das emissões de CO₂ da aviação em 50% para 2050, relativa aos níveis de 2005.

As medidas adotadas pela IATA de eficiência de combustível através de melhorias na tecnologia, operações e infraestrutura de aeronaves não são suficientes para alcançar os dois últimos objetivos. Portanto são necessárias medidas baseadas no mercado e o uso de combustíveis com baixas emissões de carbono. (IATA, 2016). Disponível em: <<http://www.iata.org/whatwedo/environment/Pages/index.aspx>>.

Para alcançar estes objetivos ambientais a IATA possui o comitê do meio ambiente que assessora as companhias aéreas para as questões ambientais. O ENCOM – Environment Committee desenvolve três programas, entre outros, que são relacionados a combustíveis alternativos e controle das emissões dos GEE. (IATA, 2016). São eles:

- SAF – Sustainable Alternative Jet Fuels – Os combustíveis sustentáveis derivados de culturas oleaginosas como jatropha, camelina e algas ou de biomassa de madeira e resíduos, podem reduzir a pegada global de carbono em cerca de 80% ao longo do ciclo de vida completo. O programa da IATA de combustíveis de aviação alternativos já foi realizado por mais de vinte companhias aéreas que fizeram voos de testes e demonstraram a conformidade técnica com o combustível convencional.
- IATA Carbon Offset Program – Programa de Compensação de Carbono da IATA.

FRED – Fuel Reporting & Emissions DataBase – O sistema do Banco de Dados de Emissões e Relatórios de Combustíveis segue padrões e protocolos de relatórios, estabelecidos para rastrear a eficiência de combustível da indústria de aviação em relação aos seus objetivos ambientais. (IATA, 2016). Disponível em: <<http://www.iata.org/whatwedo/environment/Pages/index.aspx>>.

SkyNRG

O SkyNRG foi fundado em 2010 e lançado oficialmente após a realização do primeiro voo comercial de biocombustíveis, operado pela KLM em 2011. Foi criado para desenvolver um mercado de combustível sustentável para aviões e acumulou um histórico nos últimos anos, fornecendo a maioria dos voos de biocombustíveis até o momento. Ela tem suas operações certificadas pela RSB e é orientada por um Conselho de Sustentabilidade

independente no qual o World Wide Fund for Nature (WWFNL), Solidaridad e The Energy Academy ocupam lugar. (ICAO, 2016). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ENV2016.aspx>>.

Corporate Biofuel Program – CBP

O Programa Corporativo de Biocombustíveis (CBP) da KLM foi lançado em 2012 com uma série de voos de biocombustíveis para a RIO + 20 - Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável. Os parceiros corporativos atuais do programa são ABN AMRO, Accenture, CBRE Global Investors, FMO, FrieslandCampina, City of Amsterdam, Heineken, Loyens & Loeff, Nike, Perfetti van Melle e Schiphol Group. (ICAO, 2016). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ENV2016.aspx>>.

The Fly Green Fund

The Fly Green Fund é um dos primeiros do gênero no mundo e permite que organizações e indivíduos reduzam suas pegadas de carbono, voando em aeronaves com combustível sustentável. O Fly Green Fund é diferente dos esquemas de compensação de carbono administrados por companhias aéreas ao redor do mundo. Em vez de compensar as emissões de CO₂, o Fundo Fly Green ajuda a tornar a própria indústria da aviação mais sustentável. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ENV2016.aspx>>.

BioPort Holland

A BioPort Holland é uma iniciativa voltada para a criação de um abastecimento local de biocombustível sustentável na Holanda. As partes interessadas visam criar um núcleo estrutural de oferta e demanda de combustível biológico para a Europa Ocidental. Os parceiros atuais são: KLM, Aeroporto de Schiphol, SkyNRG, Porto de Roterdã, Neste, Ministério da Economia (EZ) e Ministério da Infraestrutura e Meio Ambiente (I & M) da Holanda. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ENV2016.aspx>>.

Gardermoen Airport

Desde janeiro de 2016, todas as companhias aéreas que reabastecem no aeroporto de Oslo têm combustível de aviação sustentável fornecido pela principal usina de combustível do aeroporto, através do sistema de

abastecimento existente. O combustível foi disponibilizado pela SkyNRG, Air BP e Avinor, operador do aeroporto norueguês. O biocombustível sustentável é produzido pela Neste no projeto de demonstração ITAKA e é o primeiro projeto em todo o mundo que demonstra toda a cadeia de valor para a produção de biocombustível e o primeiro apoiado pela UE neste escopo. Em cooperação com a Embraer, a eficiência dos biocombustíveis será avaliada em comparação com o querosene fóssil. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ENV2016.aspx>>.

Solaris Project

A Sunchem SA e a SkyNRG juntaram-se na criação da "Solaris" baseada na cultura do tabaco na África do Sul, apoiada pela South African Airways e pela Boeing. Desde setembro de 2015, o cultivo da Solaris foi certificado pela "RSB" garantindo o cumprimento de rigorosos padrões ambientais e sociais. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ENV2016.aspx>>.

Renjet Project

O projeto RENJET acelera o desenvolvimento de cadeias sustentáveis de abastecimento de biocombustíveis que podem representar até 20% da demanda de combustível para aviões na União Europeia em 2025.

O projeto desenvolve conhecimento, práticas, procedimentos e ferramentas, testes e pilotos, em direção ao objetivo geral de uma rede autossustentável de redes regionais de abastecimento de combustível para jatos renováveis em toda a Europa e além. (ICAO, 2016). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ENV2016.aspx>>.

Carbon War Room

O Carbon War Room desenvolveu um modelo de negócio único para entregar um programa SAF de aeroporto. O Carbon War Room (CWR) é uma unidade de negócios do Rocky Mountain Institute, um instituto independente sem fins lucrativos, que oferece soluções baseadas no mercado para uma economia descarbonizada. (ICAO, 2016). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ENV2016.aspx>>.

SABR_TCR Platform

A plataforma SABR-TCR® baseia-se na inovadora tecnologia de refinação SABR da Green Fuels Research Ltd. (UK) e da tecnologia de conversão

de biomassa TCR® da Susteen Technologies GmbH e Fraunhofer UMSICHT (Alemanha).

SABR - Sustainable Aviation Through Biofuel Refining - Aviação Sustentável através do Refinamento de Biocombustíveis.

Green Fuels Research (GFR) desenvolveu e patenteou o SABR, um novo processo para obter combustível de aviação renovável a partir de resíduos de óleo de cozinha, resíduos de gordura animal ou outros bio-óleos de resíduos, o que é ideal para atender ao pedido de mercado da indústria da aviação (usuários finais) e fabricantes de biodiesel.

TCR® - Thermo-Catalytic Reforming - Revisão Termocatalítica é um processo termoquímico de três estágios que combina a pirólise catalítica, a fissuração e a reforma para decompor os materiais orgânicos em gás, óleo e carvão ao atualizar esses produtos ao longo do processo. Disponível em: <https://www.icao.int/Meetings/CAAF2/Pages/Documentation.aspx>

Para atender a visão 2050 da ICAO, a Plataforma Brasileira de Biojet e Renewables está estruturando parcerias estratégicas e projetos regionais altamente integrados com o Combustível de Aviação Sustentável.

Assim, para atender a essas necessidades, a parceria estratégica formada por Curcas Diesel Brasil Ltda. (CURCAS), Green Fuels Research Ltd. (Reino Unido), Susteen Technologies GmbH (Alemanha) e RenewCo Ltda. (Brasil) estabeleceu um consórcio internacional de instituições de pesquisa líderes, o instituto de pesquisa Fraunhofer UMSICHT (Alemanha), a Embrapa Agroenergia (Brasil) e a Universidade de Birmingham (Reino Unido) para apoiar a implementação da plataforma de combustível flexível SABR-TCR®. A plataforma integrada é projetada para utilizar uma ampla gama de materiais de resíduos para produzir uma gama de combustíveis sustentáveis. (ICAO, 2017).

2.5.PRINCIPAIS MATRIZES ENERGÉTICAS E ROTAS TECNOLÓGICAS ATUALMENTE UTILIZADAS PARA A OBTENÇÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO

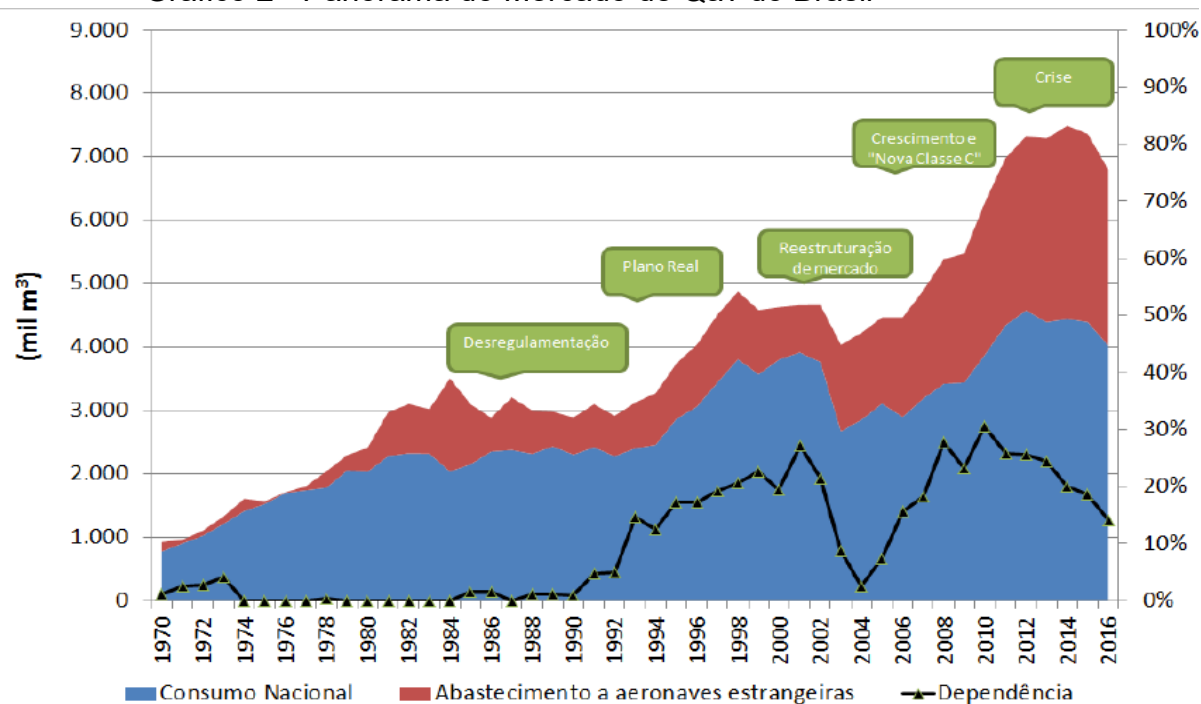
A indústria de aviação mundial tem realizado esforços para encontrar no mercado um combustível renovável, na busca pela redução das emissões de gases.

O BioQAV, produzido de maneira sustentável e com propriedades similares ao querosene de aviação – QAV (em particular, o ponto de congelamento e a estabilidade térmica). O BioQAV se enquadra como biocombustível Drop-in, que não exige adaptação especial dos motores de avião (podendo ser utilizados em diversas misturas com o querosene de aviação) e cuja rota pode ser a termoquímica ou a bioquímica. Logo, investimentos em P&D são necessários para o desenvolvimento de rotas tecnológicas que busquem aliar aspectos importantes relacionados à agricultura. Além disso, é necessária atenção especial à logística, comercialização e adoção de políticas de forma a tornar este biocombustível adequado à indústria da aviação, fazendo com que o mesmo atenda aos requisitos técnicos, ambientais e de sustentabilidade. (MME/RenovaBio/2017).

Segundo a ANP o Brasil é o maior consumidor de combustíveis de aviação da América Latina. Os produtos especificados para uso em aeronaves no país são o querosene de aviação (QAV), a gasolina de aviação e o biocombustível de aviação.

No gráfico 2 observa-se o panorama do mercado brasileiro de consumo de QAV entre o consumo nacional e o estrangeiro desde 1970 e é possível identificar o forte crescimento que ocorreu após o ano 2002 do consumo estrangeiro em relação ao nacional.

Gráfico 2 - Panorama do Mercado de Qav do Brasil



Fonte: EPE, 2017. Balanço Energético Nacional

2.5.1. Combustíveis e biocombustíveis: definições

Destaca-se abaixo as principais nomenclaturas utilizadas nas definições dos combustíveis alternativos pelos órgãos oficiais de regulação nacionais e internacionais:

Biometano

É um biocombustível gasoso oriundo do biogás. Por sua vez, o biogás é produzido a partir da decomposição da matéria orgânica (resíduos orgânicos) por ação de bactérias. Tal processo denomina-se biodigestão anaeróbica. O biogás pode ser também produzido a partir de resíduos sólidos urbanos contidos em aterros sanitários ou do esgoto sanitário em estações de tratamento de esgoto, sendo, em ambos os casos, também sob a ação de bactérias por biodigestão anaeróbica. (ANP, 2017). Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biometano>>.

Biodiesel

É um combustível renovável obtido a partir de um processo químico denominado transesterificação. Por meio desse processo, os triglicerídeos presentes nos óleos e gordura animal reagem com um álcool primário, metanol ou etanol, gerando dois produtos: o éster e a glicerina. O primeiro somente pode ser comercializado como biodiesel após passar por processos de purificação para adequação à especificação da qualidade, sendo destinado, principalmente, à aplicação em motores a combustão interna com ignição por compressão (ciclo Diesel), podendo substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil (MP 214 de 13/09/04). (ANP, 2017).

Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel>>.

Etanol

É uma substância química com fórmula molecular C_2H_6O , produzida especialmente via fermentação de açúcares. É um biocombustível utilizado em motores de combustão interna com ignição por centelha (Ciclo Otto) em substituição especialmente à gasolina e em contraponto a outros combustíveis fósseis.

São duas as formas de utilização do produto: na forma de etanol anidro, como componente de mistura na formação da gasolina C ou como etanol

hidratado, comercializado em todo o país como um combustível acabado. (ANP, 2017).

Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/etanol>>.

CAF – Conventional aviation fuel

Combustível Convencional de Aviação é um combustível de aviação que é derivado inteiramente de fontes de petróleo, incluindo petróleo bruto, condensados líquidos de gás natural, petróleo pesado, xelins de petróleo e areias de petróleo. Inclui querosene de aviação (Jet-A, Jet-A1, Jet-B) e gasolina de aviação. (ICAO, 2017). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/gfaaf/pages/definitions.aspx>>

Gasolina de aviação

Assim como o QAV, a gasolina de aviação também é um derivado de petróleo, mas que possui cadeias de 5 a 8 carbonos, obtidas a partir de processos de refino. Este produto é usado exclusivamente em aviões de pequeno porte, que possuem motores com ignição por centelha. A especificação da gasolina de aviação no Brasil é dada pela Resolução ANP nº 5/2009. (ANP, 2017). Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-derivados/155-combustiveis/1856-combustiveis-de-aviacao>>.

Querosene de aviação

O querosene de aviação, também conhecido como Jet-A1 ou QAV, é um derivado de petróleo obtido por processos de refino como o fracionamento por destilação atmosférica, contendo cadeias de 11 a 12 carbonos e utilizado em motores movidos a turbina. Há diversos tipos de querosene de aviação comercializados no mundo. A especificação do querosene de aviação no Brasil é determinada pela Resolução ANP nº 37/2009. (ANP, 2017). Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-derivados/155-combustiveis/1856-combustiveis-de-aviacao>>.

Biocombustível de aviação

Pode ser utilizado voluntariamente no Brasil em mistura com o QAV fóssil desde que seguindo parâmetros e percentuais estabelecidos em resolução pela ANP e atendendo às regras internacionais de uso do produto determinado pela American Society for Testing and Materials – ASTM. (ANP, 2017). Disponível em:

<<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biocombustiveis-de-aviacao>>.

Bioquerosene de aviação

Substância derivada de biomassa renovável que pode ser usada em turborreatores e turbopropulsores aeronáuticos ou, conforme regulamento, em outro tipo de aplicação que possa substituir parcial ou totalmente combustível de origem fóssil (ANP, 2017).

Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/WWWANP/glossario#gloss-B>>.

AAF – Alternative aviation fuel

O combustível alternativo para aviação é um combustível extraído de diferentes fontes como o carvão, gás natural, biomassa, gorduras e óleos hidrogenados. Possui um potencial para ser produzido de forma sustentável e para gerar emissões de carbono mais baixas que um CAF considerando como base o ciclo de vida. (ICAO, 2017).

Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/gfaaf/pages/definitions.aspx>>

SAF – Sustainable aviation fuel

O Combustível Sustentável de Aviação é um AAF que atende aos critérios de sustentabilidade. Uma definição da ICAO desses critérios de sustentabilidade está em curso no processo de desenvolvimento da CORSIA - Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (Plano de compensação e redução de carbono para a aviação internacional), que leva em consideração a Resolução da Assembleia Geral A39-2 da ICAO. Uma vez definidos, esses critérios serão parte do pacote de normas e práticas recomendadas (SARPs - Standards and Recommended Practices) da CORSIA. Portanto, dois tipos de certificação estão associados à AAFs:

1. Certificação técnica, que garanta que o combustível atenda às características exigidas para uso em aeronaves existentes; e
 2. Certificação de sustentabilidade, que garante que um determinado AAF cumpra critérios de sustentabilidade definidos e, portanto, seja um SAF. (ICAO, 2017).
- Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/gfaaf/pages/definitions.aspx>>

Definição de um combustível drop-in

Os biocombustíveis *Drop-in* são misturas de biohidrocarbonetos, similares aos derivados fósseis, que atendem à especificação de um combustível

convencional de petróleo (CAFs) (elevado poder calorífico, não higroscópico devido a ausência de oxigênio). Podem compartilhar a infraestrutura de distribuição usada pelos derivados fósseis. Não exigem mudanças em motores. Destacam-se o diesel verde (substituto do biodiesel e QAv em baixos teores) e o bioquerosene (substituto do querosene para aviação - QAv). Um combustível Drop-in pode ser uma mistura ou puro. (ICAO, 2017). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/gfaaf/pages/definitions.aspx>>.

Drop-in fuel blend

Combustível drop-in misturado é um substituto para uma CAF, que é completamente intercambiável e compatível com combustíveis convencionais. Um combustível drop-in misturado não requer adaptação do sistema de combustível da aeronave / motor ou da rede de distribuição de combustível aeroportuário. (ICAO, 2017). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/gfaaf/pages/definitions.aspx>>

Drop-in fuel neat

Combustível drop-in puro é um substituto para uma CAF, que é completamente intercambiável e compatível com combustíveis convencionais. Um combustível drop-in puro não exige a adaptação do sistema de combustível da aeronave / motor ou da rede de distribuição de combustível aeroportuário e pode ser usado em aeronaves de forma pura ou misturado, em qualquer quantidade, com outros Drop-in puro, Drop-in misturado ou CAFs. (ICAO, 2017). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/gfaaf/pages/definitions.aspx>>

Feedstock

Matéria prima é um tipo de material cru não processado usado para produção de AAFs, exemplo: grãos, resíduos agrícolas, biomassa lenhosa e resíduos. (ICAO, 2017). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/gfaaf/pages/definitions.aspx>>.

Conversion process

Processo de conversão é um tipo de tecnologia usada para converter uma matéria-prima em AAF. (ICAO, 2017). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/gfaaf/pages/definitions.aspx>>

Pathway

Rota é uma combinação específica de matéria-prima e processos de conversão utilizados para a produção de AAF. (ICAO, 2017). Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/gfaaf/pages/definitions.aspx>>

2.5.2. Biocombustíveis de aviação – produção e matrizes energéticas

Para fins de um entendimento simplificado, SAF – Sustainable Aviation Fuel (Combustível Sustentável de Aviação) é definido como combustível a jato derivado de resíduos de biomassa ou não biomassa e usado como componente de mistura para atender às especificações relevantes para uso em aeronaves, como ASTM D1655 / 7566 ou Defense Standard 91-91 (Def Stan 91-91). (IATA, 2016).

Há diversos tipos de querosene de aviação comercializados no mundo.

As diferenças dos tipos de querosene de aviação se dão principalmente pela região de utilização, ponto de fulgor e ponto de congelamento - havendo adequações do produto às questões de segurança e necessidades específicas, como por exemplo, uso militar. A expressiva evolução da indústria aeronáutica determina atualizações sistemáticas nas especificações dos combustíveis de aviação, caracterizando-as como as mais dinâmicas em relação a todos os produtos derivados de petróleo. As exigências de segurança são fatores importantes para a produção, controle e manuseio do QAV, uma vez que desvios de qualidade podem resultar em acidentes aéreos. (ANP, 2017). Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-derivados/155-combustiveis/1856-combustiveis-de-aviacao>>.

Devido ao número reduzido de fabricantes de aeronaves e turbinas e às condições similares de utilização, a qualidade deste produto é sistematicamente discutida internacionalmente. Ao longo do tempo, novos parâmetros vêm sendo exigidos para o querosene de aviação, de modo a adequá-lo à evolução dos motores. A padronização mundial destas especificações é interessante para todos os países consumidores, de forma a garantir a segurança e facilitar as negociações de mercado.

Os combustíveis alternativos de aviação (AAFs) podem ser produzidos a partir de uma variedade de matérias-primas, incluindo biomassa, resíduos ou

matérias-primas fósseis, como o carvão e o gás natural. O foco está em combustíveis de aviação sustentáveis (SAFs) produzidos a partir de biomassa.

Existem principalmente três famílias de bio-matéria-prima que podem ser usadas para produzir SAFs: a família de óleos e gorduras (triglicerídeos), a família de açúcares e a família de matéria-prima lignocelulósica.

Combustíveis feitos a partir de óleos e gorduras

As culturas de oleaginosas, gorduras animais e o óleo de cozinha usado podem ser transformados em triglicerídeos. A produção de microalgas é uma via promissora adicional que está atualmente em fase de pesquisa e desenvolvimento. Os triglicerídeos contêm oxigênio que precisam ser removidos para produzir componentes do combustível de aviação, pois esses são hidrocarbonetos puros. Diferentes processos são propostos para isso, mas o método atualmente aprovado é o processo hidroprocessado de Ácidos Graxos (HEFA). (ICAO, 2017).

Combustíveis feitos de açúcares e amido

Açúcares provêm de culturas de açúcar e amido de cereais. Eles estão principalmente associados a rotas de fermentação que geralmente produzem álcoois, que são atualizados para hidrocarbonetos. Esta é a rota "alcohol to jet" (ATJ). Também foi desenvolvida uma fermentação avançada que produz diretamente hidrocarbonetos, que podem ser convertidos em componentes de combustível de aviação. Deve notar-se que a fermentação também foi desenvolvida a partir de gases residuais industriais sob a forma de monóxido de carbono. O cultivo de algas é outra maneira de usar gás residual para produzir matérias-primas. Os métodos atualmente aprovados que seguem esses processos são o Iso-parafina sintética (SIP) (anteriormente designado por "Direct-Sugar-to-Hydrocarbon (DSHC)" e "Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene" (ATJ-SPK). (ICAO, 2017).

Combustíveis a base de lignocelulose

Lignocelulose é encontrada em plantas e em madeira, e pode vir de várias culturas energéticas, bem como de resíduos agrícolas ou florestais e de macroalgas. A lignocelulose pode ser convertida diretamente em hidrocarbonetos usando processos termoquímicos, como Fischer-Tropsch (FT), pirólise ou cracking catalítico. Os processos de Fischer-Tropsch – Kerosene Parafínico Sintético (FT-

SPK) e Querosene Sintético com Aromatics (SPK / A) também podem ser usados para converter resíduos sólidos urbanos, carvão ou gás natural. Também pode ser transformada em açúcar e pode assim ser utilizada para as rotas de fermentação acima mencionadas. De forma semelhante, os açúcares podem ser transformados em óleo por levedura ou microalgas e, portanto, processados em combustível de aviação através da desoxigenação. (ICAO, 2017).

ANP – critérios das rotas tecnológicas aprovadas

American Society for Testing and Materials – ASTM adota critérios rigorosos para a aceitação de misturas de biocombustíveis com o querosene de aviação (QAV) de origem fóssil.

Estes critérios procuram garantir a qualidade do combustível antes e depois da mistura com o QAV, para que não haja necessidade de nenhuma alteração nos equipamentos e sejam atendidos os mesmos parâmetros de segurança na utilização em aeronaves comerciais de grande porte. Assim, foram estabelecidos três tipos de biocombustíveis de aviação regulamentados pela ANP e de uso voluntário: SPK por Fischer-Tropsch, SPK-HEFA e SIP nos respectivos percentuais determinados pela norma americana (ASTM) através da Resolução ANP nº 63/2014. (ANP, 2017).

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

- SPK (synthesized paraffinic Kerosene), chamado de querosene parafínico sintético;
- SPK hidroprocessado por Fischer-Tropsch); e
- SPK de ésteres e ácidos graxos hidroprocessados (HEFA - hydroprocessed esters and fatty acids);

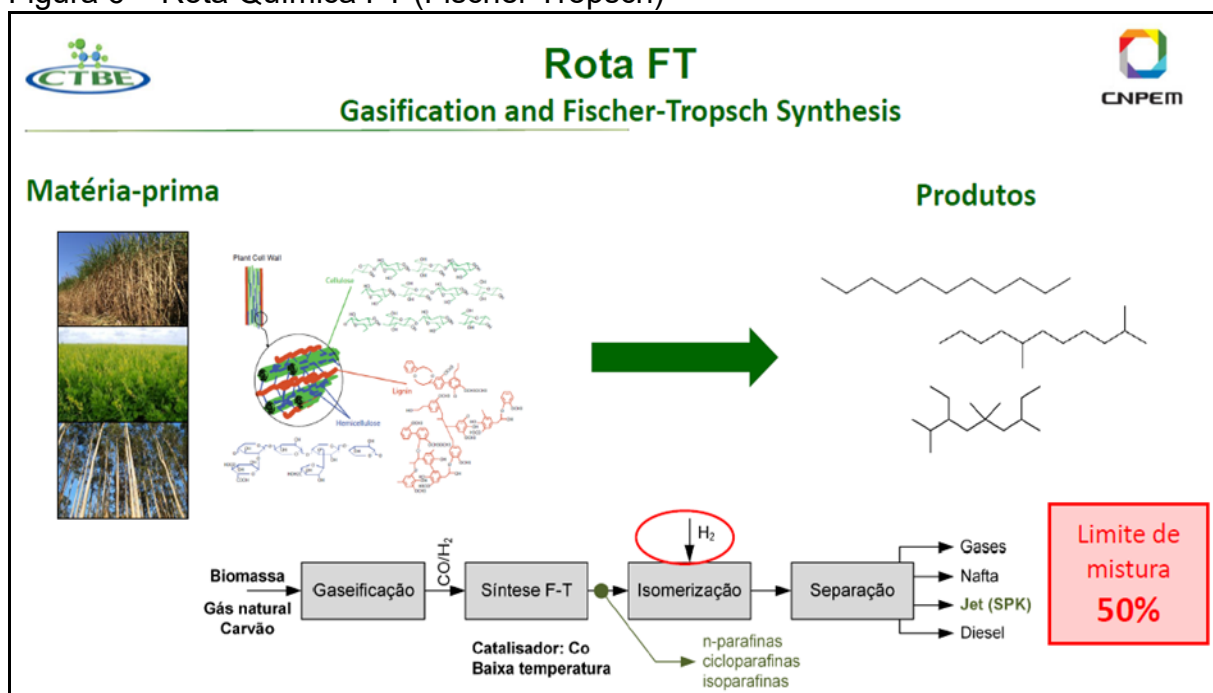
Pode ser misturado ao querosene de aviação até 10% em volume:

- SIP (synthesized iso paraffinic), chamado de querosene isoparafina: é obtido da fermentação dos açúcares utilizando micro-organismos geneticamente modificados.

Processo químico simplificado das rotas tecnológicas

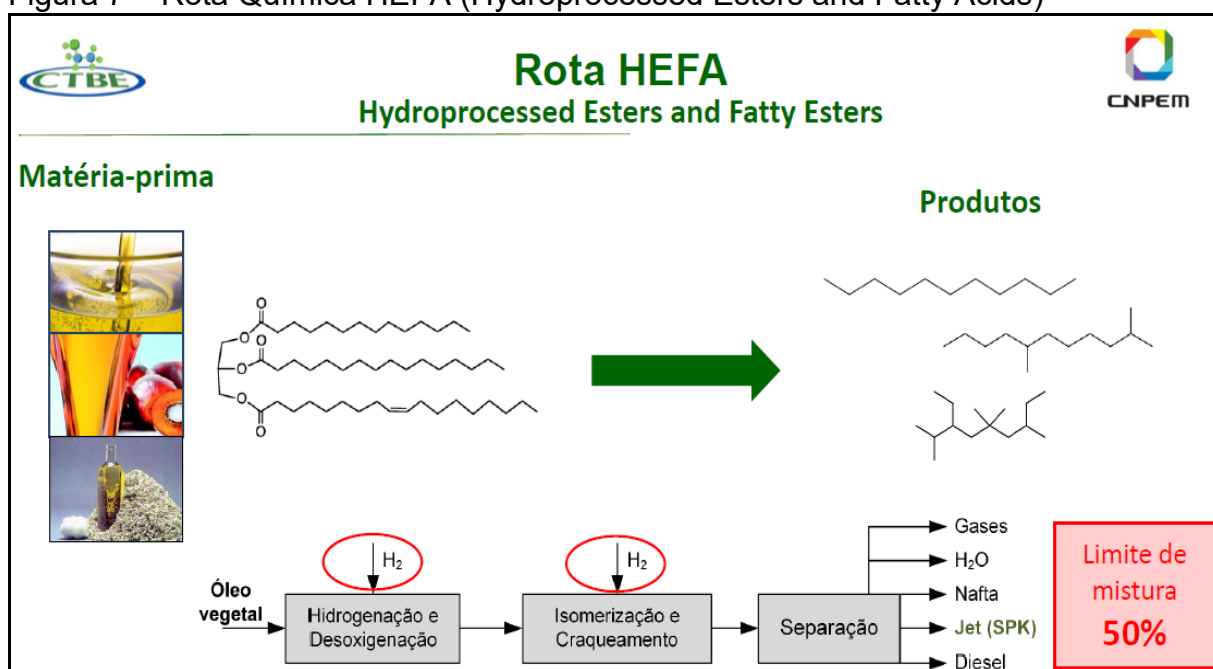
Nas figuras seguintes (6, 7 e 8), são apresentadas as principais Rotas Tecnológicas utilizadas e aprovadas para a obtenção dos biocombustíveis Drop-in para aviação.

Figura 6 – Rota Química FT (Fischer Tropsch)



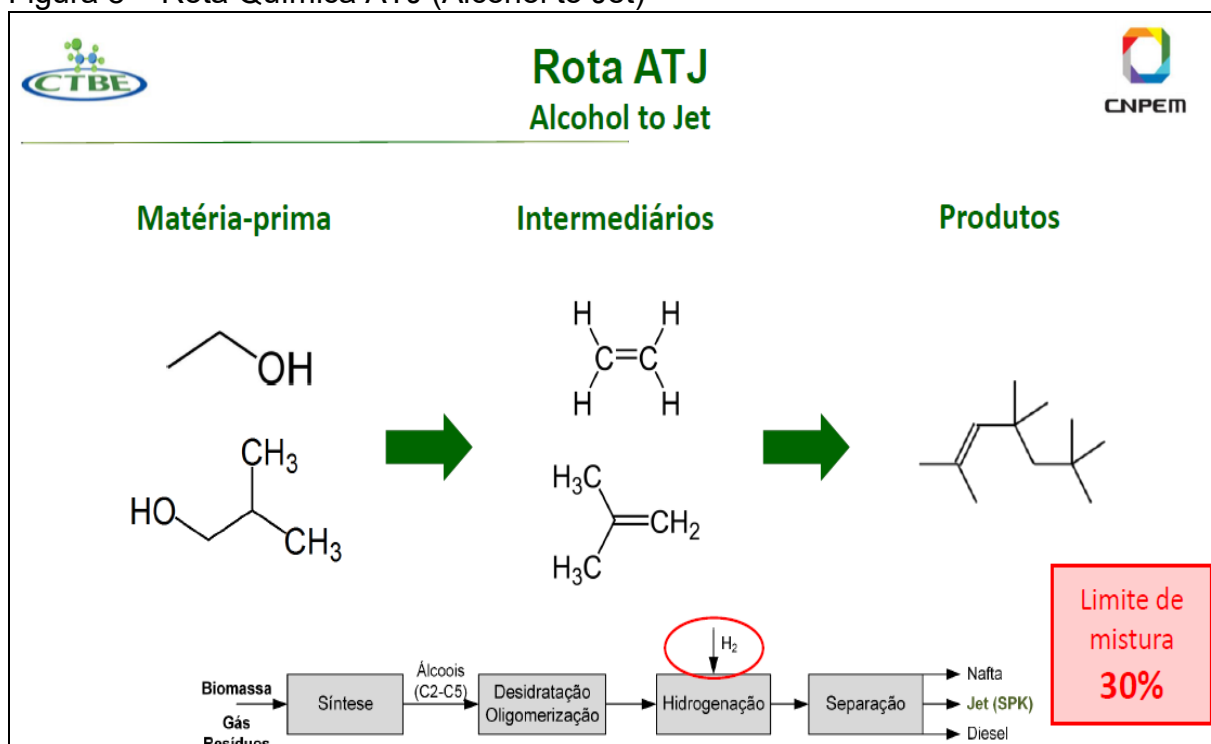
Fonte: CNPEM/CTBE/2017

Figura 7 – Rota Química HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids)



Fonte: CNPEM/CTBE/2017

Figura 8 – Rota Química ATJ (Alcohol to Jet)



Fonte: CNPEM/CTBE/2017

Rotas avançadas adicionais

São também estudadas “rotas adicionais” para produzir combustíveis alternativos diretamente do CO_2 , incluindo o CO_2 capturado da atmosfera, sem usar biomassa. A conversão, em seguida, usa energia renovável para quebrar CO_2 em CO e O_2 , e água em H_2 e O_2 , e depois recombina CO e H_2 em hidrocarbonetos líquidos usando a síntese de Fischer-Tropsch. Esses processos (por exemplo, combustíveis solares) estão atualmente em fase de pesquisa.

Assim, há um grande número de processos em desenvolvimento que permitem o processamento de quase todos os tipos de matéria-prima nos componentes do combustível de aviação, o que oferece flexibilidade para a adaptação e otimização regionais.

A maioria das rotas não produz diretamente um combustível alternativo para aviação. Eles produzem componentes que precisam ser misturados com combustível convencional (CAF) para obter o combustível final. Também deve ser observado que, embora não sejam os processos atualmente implantados para o transporte rodoviário, esses processos coproduzem combustíveis que poderiam ser utilizados para o modal rodoviário. (ICAO, 2017).

Rotas avançadas pesquisadas no Brasil

Os desafios na área de desenvolvimento tecnológico do setor de Biocombustíveis são as tecnologias que envolvem alta complexidade e os requisitos de qualidade rígidos e difíceis de serem alcançados.

As atividades desenvolvidas com Biocombustíveis Drop-in no LEC-UFMG (Laboratório de Ensaio de Combustíveis da Universidade Federal de Minas Gerais) em parceria com a Boeing visam a implantação do primeiro laboratório brasileiro de Certificação de Bioquerosene de Aviação. A certificação atende às normas e resoluções da ANP, bem como as normas ASTM. Disponível em: <<http://ubr.bio.com.br/sites/1800/1891/pdfs/expandmg/29ago17lecufmgbiocombustaveisdropinpara.pdf>>.

Na Figura 9 podemos observar que a ANP possui a resolução nº 37 para querosene fóssil e que está de acordo com as normas da ASTM D1655. Da mesma forma ocorre com a resolução ANP nº 63 para querosene alternativo que está de acordo com a norma ASTM D7566.

Figura 9 – Resoluções ANP e as Normas ASTM equivalentes



Fonte: LEC-UFMG.

As Rotas Tecnológicas pesquisadas no LEC-UFMG para produção de Querosene Alternativo – BioQAv são:

- Alcohol-to-Jet (ATJ);
- Oil-to-Jet (OTJ) – Processo HEFA ou HVO;
- Gas-to-Jet (GTJ) – Processo BTL;
- Sugar-to-Jet (STJ) – Processo DSH

Outra alternativa em pesquisa é o Diesel Verde, que em relação ao Biodiesel possui as vantagens de ter hidrocarbonetos similares aos do diesel de petróleo, não têm oxigênio, não absorve água, logo não causa a degradação microbiológica do combustível, não ocorrendo a formação de borra nem bolsões de água. Não causa corrosão e danos aos motores, pode ser usado em qualquer teor, inclusive acima de 20%, sem ajustes de motores e pode ser produzido pelas mesmas rotas de síntese que o bioquerosene para aviação, porém com menor número de etapas.

Disponível em:

<<http://ubrabio.com.br/sites/1800/1891/pdfs/expandmg/29ago17lecufmgbiocombustaveisdropinparaa.pdf>>.

Matérias Primas por Rotas Tecnológicas

Rota FT:

- Bagaço e palha de cana de açúcar;
- Recursos florestais (eucalipto);

Rota HEFA (com oleaginosas):

- Óleo de Soja;
- Óleo de Palma;
- Óleo de Macaúba;
- Óleo de Pinhão Manso;

Rota ATJ (Rota SIP)

- Etanol 1G & 1G2G;
- Isobutanol 1G;

3 APRESENTAÇÃO E DISCUÇÃO DOS RESULTADOS

Este trabalho procurou descrever os cenários nacional e internacional que levaram ao desenvolvimento de iniciativas para a diminuição das emissões dos gases do efeito estufa pelos Estados membros da ONU e consequentemente pelas iniciativas da ICAO, com relação ao grau de participação da aviação civil mundial nas emissões.

Foi feito um levantamento cronológico que mostrou a atuação do Brasil no setor de biocombustíveis e sua relevância no mercado mundial em virtude do pioneirismo e experiência adquirida ao longo dos anos com uma forte atuação em PD&I.

A pesquisa teve como principais objetivos: Apresentar as empresas, grupos e organizações nacionais e internacionais envolvidos nos processos de pesquisa, desenvolvimento e testes de biocombustíveis; identificar as agências, órgãos e entidades públicas de regulação nacionais e internacionais que apresentam iniciativas e projetos para o setor de biocombustíveis; e apontar as principais matrizes energéticas e rotas tecnológicas usadas em alternativa aos combustíveis fósseis.

3.1 EMPRESAS, GRUPOS E ORGANIZAÇÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS ENVOLVIDOS NOS PROCESSOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E TESTES DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Foram identificadas uma grande gama de empresas envolvidas a nível nacional nos processos de pesquisa, desenvolvimento e testes dos biocombustíveis desde o setor produtivo até ao usuário final, as empresas aéreas. Estas empresas criaram parcerias para pesquisa e desenvolvimento de rotas tecnológicas cada uma baseada em uma determinada matriz energética específica. Estas parcerias envolveram tanto aquelas do setor público como do setor privado nacional e internacional.

Neste contexto, podemos destacar a APROBIO e UBRABIO, duas entidades nacionais que representam toda a cadeia produtiva dos biocombustíveis e

atuam como interlocutoras entre o setor privado e as esferas governamentais. O trabalho destas entidades está em cooperar na criação, execução e desenvolvimento de políticas socioeconômicas, bem como fomentar investimentos em P&D de novas tecnologias e matérias-primas.

Outras entidades possuem um papel fundamental para o desenvolvimento destas iniciativas como o Instituto de Energia e Meio Ambiente, a Empresa de Pesquisa Energética, o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais e, principalmente, o Laboratório de Ensaios de Combustíveis da UFMG que se prepara para ser o primeiro laboratório brasileiro de Certificação de Bioquerosene de Aviação cumprindo as normas ASTM.

Com uma atuação mais pontual no setor aéreo, a ABRABA busca promover as iniciativas entre os setores públicos e privados para o desenvolvimento, certificação e produção comercial dos biocombustíveis para aviação. Mais recentemente criada, a rede RBQAV tem como objetivo fomentar a PD&I por meio de parcerias entre instituições para pesquisas em toda a cadeia produtiva e principalmente levantar os indicadores de sustentabilidade e viabilidade econômica dos biocombustíveis de aviação.

Outra iniciativa para o setor aéreo temos a Plataforma Brasileira de BioJetFuel – PBB, uma plataforma que integra múltiplos setores tanto a nível nacional como internacional com objetivos de eliminar lacunas nos processos de desenvolvimento dos biocombustíveis sustentáveis de aviação.

No âmbito internacional foram identificadas uma variedade de entidades privadas que promovem as iniciativas em prol dos biocombustíveis de aviação. A principal delas a IATA, com atuação mundial, desenvolve trabalhos em parceria com várias empresas e se mantém alinhada com as decisões da ICAO. Outras entidades como a SAFUG – Grupo de Usuários de Combustível Sustentável de Aviação tem como papel principal promover o desenvolvimento e comercialização dos biocombustíveis.

Constatou-se, portanto, que no setor privado a nível nacional e internacional, os objetivos se entrelaçam, e as entidades fazem parcerias em vários níveis dentro de todo o ciclo produtivo. Estas parcerias demonstraram o grau de interesse em alavancar as pesquisas de forma sustentável e acelerar as iniciativas frente aos órgãos reguladores regionais e internacionais. As empresas aéreas sabem da importância da internacionalidade do produto para que este tenha

mercado e desta forma diminuem os custos de produção. Somente com uma cadeia produtiva socioeconomicamente sustentável e diversificada estes patamares poderão ser atingidos.

3.2 AGÊNCIAS, ÓRGÃOS E ENTIDADES PÚBLICAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS COM INICIATIVAS E PROJETOS PARA O SETOR DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Foram destacadas as principais entidades públicas brasileiras que atualmente fomentam iniciativas no setor de biocombustíveis, trabalhando em prol de criar legislações específicas e de viabilizar as parcerias internacionais tanto de pesquisas quanto de uso e testes destes combustíveis alternativos.

Dentre as entidades públicas, uma variedade de ministérios atua diretamente ou através de agências, secretarias ou departamentos para a regulação e políticas para o desenvolvimento do setor. Outras entidades como Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol e o laboratório CTBE atuam em pesquisas e inovações para os biocombustíveis de aviação.

O governo brasileiro regula o setor de biocombustíveis de acordo com os interesses nacionais a nível mercadológico e de acordo com critérios internacionais a nível técnico, amparado nacionalmente pelas resoluções da ANP.

A nível internacional, foi mostrado a importância da atuação da ICAO na comunidade aérea bem como as entidades subordinadas a ela como a CAEP, AFTF e GFAAF, sendo que estas duas últimas com propósitos nos combustíveis alternativos. Outras iniciativas internacionais atuam no setor de mercado com esquemas de compensação como o CORSIA da ICAO e o Carbom OffSet Program da IATA. Estes esquemas de compensação trabalham com objetivos de redução das emissões da aviação internacional em fases voluntárias e fase obrigatória.

A grande maioria destas entidades internacionais estão presentes nas ações das empresas privadas do Brasil e influenciam as decisões a nível governamental, pois toda a estrutura do setor de biocombustíveis para aviação

ultrapassa barreira territoriais e se apoiam em questões técnicas, socioambientais, de custo e disponibilidade de matéria-prima.

Apesar da participação do Brasil nas entidades internacionais de forma permanente, como na ICAO, as ações junto as entidades públicas brasileiras nem sempre se desenvolvem de acordo com as necessidades e anseios da comunidade aeronáutica brasileira.

3.3 PRINCIPAIS MATRIZES ENERGÉTICAS E ROTAS TECNOLÓGICAS USADAS EM ALTERNATIVA AOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Foram identificadas uma vasta quantidade de matrizes energéticas usadas para a produção dos biocombustíveis oriundas de três famílias de bio-matéria-primas, a família de óleos e gorduras (triglicerídeos), a família de açúcares e a família de matéria-prima lignocelulósica. A primeira família utiliza a gordura animal e óleo de cozinha usado além de uma vasta variedade de oleaginosas como soja, palma, macaúba e pinhão manso entre outras. Na segunda família, a origem é da cultura de açúcar e de amido de cereais e a terceira família através de resíduos agrícolas ou florestais e de macroalgas. Concluiu-se que a diversificação da pesquisa destes produtos atende uma condição natural da região de produção e consequentemente agregando mais sustentabilidade ao produto final.

Dentro de cada família de bio-matéria-prima, desenvolveu-se rotas químicas específicas para a obtenção do biocombustível para aviação. Estas rotas atendem critérios internacionais para que o produto final tenha características específicas como por exemplo ser um combustível Drop-in. Cada rota química é aprovada pela ASTM internacional e aqui no Brasil são certificadas pela ANP. Além das rotas já aprovadas pela ASTM, várias outras rotas químicas estão atualmente em pesquisa ou em fase de aprovação. No Brasil, o Laboratório LEC da UFMG possui vários trabalhos de pesquisa em andamento junto a entidades internacionais para aprovação e certificação.

Desta forma ficou claro que o Brasil possui um leque considerável de opções em todas as famílias de matrizes energéticas e condições de desenvolver uma produção de biocombustível que atenda os anseios internacionais de um produto sustentável em todo o seu ciclo de produção e de vida.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, os dados que foram aqui apresentados acerca do conjunto de peças envolvidas para a pesquisa, produção e comercialização dos biocombustíveis aeronáuticos esbarram por vezes num arcabouço regulatório, tanto brasileiro como internacional, em função do objetivo de internacionalização do produto. Outro ponto é a pulverização mundial das ações de PD&I que dificulta, por um lado, a regulamentação dos novos produtos desenvolvidos, mas por outro, mostra o potencial que o setor tem de crescimento com um vasto leque de opções.

Neste aspecto, podemos destacar que o Brasil possui condições de assumir um papel de liderança neste mercado, pois possui uma grande capacidade de matéria-prima disponível. Essa variedade de matrizes energéticas divide-se regionalmente pelo país, colocando praticamente todos os estados com capacidade de produção de ao menos uma matriz que se adeque as características regionais e nativas.

Entretanto, este papel somente pode ser assumido se as Agências e Ministérios criarem regras e marcos regulatórios claros que deem sustentação para a produção em grande escala e estrutura para o mercado consumidor.

Em conjunto a esta variável positiva do Brasil foi mostrado também a grande capacidade de PD&I das nossas instituições tanto públicas como privadas para assumir posições de destaque a nível mundial para desenvolver e certificar biocombustíveis de produção nacional.

Apesar que ainda os custos para produção do biocombustível de aviação estejam em muitos casos com valores proibitivos, a demanda do produto em face das necessidades de atender os limites impostos a comunidade aérea internacional com relação a emissão de gases, tornará cada vez mais barato a sua produção e comercialização.

As dificuldades do setor vão além dos custos de produção e enfrentam outras barreiras a nível de sustentabilidade com argumentos da possibilidade de desmatamento para o aumento de áreas produtoras destas matrizes energéticas ou o emprego das produções existentes exclusivamente para a produção de biocombustíveis em detrimento a produção de alimentos. Estas questões esbarram em entraves mercadológicos e de interesses de grandes conglomerados produtores que alcançam níveis internacionais.

Desta forma, este trabalho mostrou a grande quantidade de setores envolvidos no desenvolvimento dos combustíveis alternativos para aviação e as possibilidades de futuras pesquisas em determinada matriz energética, eixo tecnológico ou políticas de regulação, tanto a nível nacional como internacional.

REFERÊNCIAS

ABRABA, 2011. Disponível em: <<http://www.abraba.com.br/pt-BR/Paginas/home.aspx>>. Acesso em 3 out. 2017.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em 2 out. 2017.

ANP – Resolução ANP Nº 45, de 25.8.2014 - Especificações do biodiesel e as obrigações quanto ao controle da qualidade. Disponível em: <<http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu>>. Acesso em 2 out. 2017.

ATAG – Air Transport Action Group. Disponível em: <<http://www.atag.org>>. Acesso em 3 out. 2017.

Boeing, Embraer, Fapesp, Unicamp. PLANO DE VOO PARA BIOCOMBUSTÍVEIS de AVIAÇÃO NO BRASIL: PLANO DE AÇÃO. Junho de 2013.

Boeing, Embraer, Fapesp, Unicamp. Roadmap for sustainable aviation biofuels for Brazil — A Flightpath to Aviation Biofuels in Brazil, et al, 2014.

BRASIL, ANAC, disponível em: <<http://www.anac.gov.br>>. Acesso em 2 out. 2017.

BRASIL. Decreto Nº 7.798, de 12 de setembro de 2012. Dispõe sobre a estrutura regimental do Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/D7798.htm>. Acesso em 30 set. 2017.

BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em 30 set. 2017.

BRASIL. Lei Nº 10.847, de 15 de março de 2004. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.847.htm>. Acesso em 30 set. 2017.

BRASIL. Lei N° 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11097.htm>. Acesso em 30 set. 2017.

BRASIL. Lei N° 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>. Acesso em 30 set. 2017.

BRASIL. Lei N° 13.263, de 23 de março de 2016. Dispõe sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13263.htm>. Acesso em 30 set. 2017.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Biocombustíveis aeronáuticos: Progressos e desafios. Brasília, n. 8, 2010.

CNPEM - Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Descarbonização - FIEMG - UBRABIO - AGO2017. Disponível em: <<http://cnpem.br/relatorio-do-seminario-de-desenvolvimento-sustentavel-e-descarbonizacao/>>. Acesso em 03 out. 2017.

CNPEM / CTBE – Processo Químico das Rotas Tecnológicas. Disponível em: <<http://ubrabio.com.br/sites/1800/1891/PDFs/EXPANDMG/29Ago14CTBELaboratAri oNacionaldeRenovAve.pdf>>. Acesso em 03 out. 2017.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em 02 out. 2017.

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Artigo: Plano de voo para biocombustíveis de aviação no brasil - plano de ação. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/publicacoes/plano-de-voo-biocombustiveis-brasil-pt.pdf>>. Acesso em 03 out. 2017.

IATA – International Air Transport Association. Disponível em: <<http://www.iata.org/whatwedo/environment/Pages/index.aspx>>. Acesso em 02 out. 2017.

ICAO – International Civil Aviation Organization. Disponível em: <<https://www.icao.int/ENVIRONMENTAL-PROTECTION/Pages/CAEP.aspx>>. Acesso em 03 out. 2017.

ICAO Environmental Report 2016. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/env2016.aspx>>. Acesso em 02 out. 2017.

ICAO – International Civil Aviation Organization. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Definitions.aspx>>. Acesso em 03 out. 2017.

ICAO – International Civil Aviation Organization. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/FAQs.aspx>>. Acesso em 03 out. 2017.

ICAO – International Civil Aviation Organization. Disponível em: <https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/WP/wp_056_en.pdf>. Acesso em 03 out. 2017.

ICAO – International Civil Aviation Organization. Disponível em: <<https://www.icao.int/Meetings/CAAF2/Pages/Documentation.aspx>>. Acesso em 03 out. 2017.

ICAO. Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). International Civil Aviation Organization, 2017. Disponível em: <<http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/CORSIA>>. Acesso em 02 out. 2017.

ICAO. On Board: A Sustainable Future. 2016 Environmental Report. Environmental Report. International Civil Aviation Organization, 2016a. Disponível em:

<<http://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO%20Environmental%20Report%202016.pdf>>. Acesso em 02 out. 2017.

ICAO. Resolution A39-3. Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection – Global Market-based Measure (MBM) scheme. Disponível em: <http://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Resolution_A39_3.pdf>. Acesso em 02 out. 2017.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <http://agencia.ipea.gov.br/>. Acesso em: 03 out. 2017

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 03 out. 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/ndc-do-brasil>>. Acesso em 01 out. 2017.

MMA – Uso do bioquerosene em aviões ajudará a combater os gases do efeito estufa. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/10180-uso-do-bioquerosene-em-avi%C3%B5es-ajudar%C3%A1-a-combater-o-efeito-estufa/>>. Acesso em 03 out. 2017.

MME – Resolução N° 11 de 14/12/2016 do CNPE. Dispõe sobre adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cnpe/cnpe-2016>>. Acesso em 03 out. 2017.

PARENTE, S. 2003 Entrevista: Expedito Parente. **Biocombustíveis no Brasil – realidades e perspectivas**. Ministério das Relações Exteriores, Brasília.

Portal do Ministério do Meio Ambiente. Nações Unidas, Protocolo de Quioto. 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto>>. Acesso em 3 out. 2017.

RMCT – Revista Militar de Ciência e Tecnologia. Artigo: Combustíveis De Aviação: Perspectivas E Futuro, 2011. Disponível em:

<http://www.rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_3_tri_2011/RMCT_059_E5A_11.pdf>.

Acesso em 1 out. 2017.

SAC – Secretaria Nacional de Aviação Civil. Disponível em:

<<http://www.aviacao.gov.br/paginas-tematicas/efeito-estufa>>. Acesso em 02 out.

2017.

SECIMA – Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Disponível em:

<[http://www.secima.gov.br/post/ver/206655/conheca-a-historia-das-convencoes-](http://www.secima.gov.br/post/ver/206655/conheca-a-historia-das-convencoes-mundiais-sobre-o-clima)

[mundiais-sobre-o-clima](http://www.secima.gov.br/post/ver/206655/conheca-a-historia-das-convencoes-mundiais-sobre-o-clima)>. Acesso em 01 out. 2017.

TÁVORA, L. 2011 **História e Economia dos Biocombustíveis no Brasil**. Centro de Estudos da Consultoria do Senado.

UBRABIO – União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene. Disponível em:

<<http://ubrabio.com.br/sites/1800/1891/PDFs/EXPANDMG/29Ago3ABEARPerspecti>

[vasdeMercadoparaBioq.pdf](http://ubrabio.com.br/sites/1800/1891/PDFs/EXPANDMG/29Ago3ABEARPerspecti)>. Acesso em 30 set. 2017.

UBRABIO – Seminário de Desenvolvimento Sustentável Disponível em:

<<http://www.ubrabio.com.br/1891/Noticias/RelatorioDoSeminarioDeDesenvolvimento>

[SustentavelEDescarbonizacao_270034/](http://www.ubrabio.com.br/1891/Noticias/RelatorioDoSeminarioDeDesenvolvimento)>. Acesso em 30 set. 2017.

UBRABIO – Seminário de Biodiesel e Bioquerosene. Disponível em:

<<http://www.ubrabio.com.br/1891/Noticias/VejaAsApresentacoesDoSeminarioBiodies>

[elEBioquerosene_268239/](http://www.ubrabio.com.br/1891/Noticias/VejaAsApresentacoesDoSeminarioBiodies)>. Acesso em 30 set. 2017.