



A AVIAÇÃO CIVIL E A INSERÇÃO DO BIOQUEROSENE NO BRASIL

Ronald Madsen¹

Jairo Afonso Henkes²

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a discussão sobre o uso dos biocombustíveis, em especial o bioquerosene, por empresas da área da aviação civil. Conceituou-se os tipos de combustíveis usados pela aviação brasileira, assim como as matérias-primas com potencial para a produção de bioquerosene em larga escala. A metodologia caracteriza-se como uma pesquisa exploratória com procedimento bibliográfico e documental, através de livros, artigos, reportagens, regulamentos e leis. A abordagem utilizada foi qualitativa e quantitativa. A análise dos dados foi realizada por meio de gráficos e quadros, analisados de acordo com a metodologia proposta. Ao finalizar a pesquisa, conclui-se que se faz necessário investimentos e incentivos dos órgãos federais para a promoção do bioquerosene no Brasil, ampliando as possibilidades de produção agrícola. Outra conclusão a ser considerada, são os impactos dessa produção em diferentes setores, contribuindo para o aquecimento do mercado de trabalho e conseqüentemente, promover um ambiente mais sustentável e adequado às necessidades dos brasileiros.

Palavras-chave: Aviação Civil. Bioquerosene. Matéria-prima. Novas possibilidades. Futuro sustentável.

¹ Bacharel em Ciências Aeronáuticas. Unisul. E-mail: ronald.madsen@hotmail.com

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

CIVIL AVIATION AND THE INSERTION OF BIOCHEROSENE IN BRAZIL

ABSTRACT

This paper aims to discuss the use of biofuels, especially biokerosene, by companies in the field of civil aviation. The types of fuels used by Brazilian aviation were conceptualized, as well as the raw materials with the potential for large-scale production of biokerosene. The methodology is characterized as an exploratory research with bibliographic and documentary procedure, through books, articles, reports, regulations and laws. The approach used was qualitative and quantitative. Data analysis was performed using graphs and charts, analyzed according to the proposed methodology. At the end of the research, it is concluded that investments and incentives from federal agencies are necessary for the promotion of biokerosene in Brazil, expanding the possibilities of agricultural production. Another conclusion to be considered are the impacts of this production in different sectors, contributing to the warming of the labor market and, consequently, promoting a more sustainable environment that is adequate to the needs of Brazilians.

Keywords: Civil Aviation. Biokerosene. Feedstock. New possibilities. Sustainable future.

1 INTRODUÇÃO

Os assuntos mais comentados na atualidade referem-se aos impactos ambientais causados pelo homem em nosso planeta. Desastres naturais e as consequências das intervenções humanas na natureza, costumam ser manchete nos principais canais de comunicação nacionais. Não se pode falar de impacto ambiental sem fazer referência às contribuições

diárias da humanidade para o agravamento das condições ambientais e consequências de nossos modos de vida atual, este problema que tem causado inúmeras preocupações em estudiosos da área. Dessa forma, este trabalho procurou descrever e discutir a questão da inserção de biocombustíveis aeronáuticos na aviação civil com destaque para o bioquerosene.

Entre as empresas do setor de transporte, a aviação é responsável por grandes emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. De acordo com a Agência Internacional de Energia – AIE (2019), a preocupação global com as mudanças climáticas, a elevação dos preços e a incerteza da oferta de derivados do petróleo, têm sido um gatilho para o desenvolvimento e aprimoramento de novas tecnologias para a obtenção de energias renováveis.

O Brasil é um país que possui boas condições para se tornar um fornecedor em potencial de matéria-prima e de novos combustíveis, com fontes de energia renovável. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2018), o bioquerosene e os hidrocarbonetos renováveis apresentam grande vantagem competitiva no caso brasileiro, devido à oferta descentralizada e uma consequente redução dos custos logísticos (BRASIL, 2018).

A Agência Nacional da Aviação Civil – ANAC, através da Resolução nº496, passou a acompanhar a emissão de dióxido de carbono proveniente do transporte aéreo internacional dos operadores brasileiros e fica estabelecido que com essa medida, o Brasil começou a preparar o caminho para a adoção do Mecanismo de Redução e Compensação das Emissões de Carbono da Aviação Internacional (CORSIA), que surgiu com a finalidade de garantir a neutralização das emissões de CO₂ na aviação internacional a partir do ano de 2020 (ANAC, 2018). Compreende-se que, por meio das ações, resoluções e políticas públicas criadas, que a preocupação com esse tema é real e neste sentido este estudo procurou descrever de que forma se dá a adoção e inserção de biocombustíveis no segmento da aviação civil, e em especial verificar como se processa a inclusão da Bioquerosene e outros potenciais

hidrocarbonetos renováveis como combustíveis alternativos que estão sendo desenvolvidos com novas tecnologias, contribuindo na melhoria efetiva das condições ambientais. De que forma o bioquerosene pode contribuir para a redução dos impactos causados pelas empresas aéreas ao meio ambiente?

Entre os objetivos deste trabalho está analisar estratégias para a inserção do bioquerosene na aviação civil brasileira, identificando os impactos na produção agrícola e os ganhos ambientais. Apresentar um breve cenário sobre as mudanças climáticas e o efeito estufa. Verificar estudos de adição de diferentes tipos e percentuais de biocombustíveis na QAV, na elaboração do bioquerosene. Descrever os biocombustíveis e o bioquerosene existentes no Brasil e apontar matérias-primas com potencial para a geração de bioquerosene e biocombustíveis. Ainda verificar de que forma a produção agrícola nacional poderia ser beneficiada ou não a partir da produção desse biocombustível e os impactos possíveis com a ampliação do uso do bioquerosene na aviação do Brasil.

Pensando nos custos elevados dessa produção em massa, esse trabalho tem como função, contribuir para o desenvolvimento de discussões relevantes que evidenciem as pesquisas e tecnologias criadas até o momento a favor dessa mudança de padrões em relação aos combustíveis usados pelas empresas de transporte aéreo.

Direciona-se as discussões às pessoas interessadas sobre os assuntos aqui mencionados e pretende-se de alguma forma, evidenciar os benefícios que a inserção de biocombustíveis e outras práticas sustentáveis na aviação civil pode proporcionar à nossa sociedade.

1.4 METODOLOGIA

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

Na Pesquisa Básica, o objetivo é o de gerar novas aprendizagens, necessárias para o avanço da ciência, sem a previsão de obter aplicação prática (RAUEN, 2002). Na Pesquisa Aplicada, o objetivo é produzir conhecimentos que solucionem problemas de caráter específico. Do ponto de vista da abordagem do problema a pesquisa poderá ser: Quantitativa ou Qualitativa. No caso da pesquisa ser Quantitativa ela considera que tudo pode ser quantificado, ou seja, informações e opiniões podem ser traduzidas em números. Sendo nela utilizados diversos recursos estatísticos (MENDONÇA, 2014).

A pesquisa Qualitativa, por sua vez propõe que “existe uma relação entre o sujeito e o mundo real, ou seja, visa examinar o ser humano como um todo, de maneira contextualizada e quantitativa, acaba por potencializar a comparação entre grupos e variáveis” (CASTRO et al., 2010, p. 343).

Já a pesquisa Exploratória visa proporcionar uma maior familiaridade com o problema, de forma que este problema se torne explícito ou que permita a construção de hipóteses, ampliando possibilidades da análise do problema ou questão. Para tal, envolve o levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas detentoras de experiência em relação ao problema em estudo. Geralmente está presente em Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso.

Realizou-se uma análise de diversos documentos relacionados às agências reguladoras da aviação; da utilização de combustíveis pelas empresas aéreas na atualidade; de legislações da aviação civil brasileira, que oferecem requisitos, padronizações e procedimentos específicos para a produção de bioquerosene; dos tipos de matérias-primas com potencial para produção de biomassa em larga escala.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E EFEITO ESTUFA

As mudanças climáticas têm sido um assunto bastante discutido há anos, devido às variações no aumento da temperatura da terra, essencialmente causadas pelas ações humanas. A emissão e concentração dos Gases do Efeito

Estufa (GEE) afetam diferentes áreas, desde a produção agrícola até o aumento do nível do mar, ocasionando graves problemas sociais

De acordo com Oliveira (2009):

Os cenários de aquecimento global indicam, para algumas regiões do globo, que poderá aumentar a frequência de fenômenos climáticos extremos, tais como secas, inundações, ondas de calor, tempestades severas etc. Adicionalmente, está ocorrendo o aumento do nível do mar devido à expansão térmica da água e ao derretimento das geleiras. Este aumento do nível do mar inundaria algumas regiões, com a consequente contaminação de aquíferos (OLIVEIRA, 2009, p. 51).

O efeito estufa é um fenômeno natural que possibilita a existência de vida na terra, porém em um histórico de mais de 150 anos de industrialização, desmatamento desenfreado, cultivo dos solos de maneira inapropriada, lançamento de dióxido de carbono pelas empresas de transportes, entre outras questões, contribuem para que o mundo se encontre em situação de alerta para grandes desastres ambientais.

Os gases responsáveis pelo efeito estufa, como vapor de água, clorofluorcarbono (CFC), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e o dióxido de carbono (CO₂), absorvem uma parte da radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra e refletem, por sua vez, uma parte desta energia de volta para a superfície terrestre que acaba recebendo quase o dobro de energia da atmosfera em comparação com a energia recebida pelo sol, resultando em um aquecimento da superfície terrestre em torno de 30°C (SILVA, 2009, p.42-43).

Será feito um breve histórico da última década, sobre ações mundialmente conhecidas para a diminuição das causas que provocam o efeito estufa.

Entre os dias 30 de novembro a 11 de dezembro de 2015 foi realizada a COP21 – 21ª Conferência das Partes – Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática, em Paris, na França, onde foi aprovado um acordo universal com medidas para redução dos efeitos das mudanças climáticas. O evento ficou popularmente conhecido como Acordo de Paris. O compromisso dos países foi de manter o aumento da temperatura média da terra em menos de 2°C e reunir esforços para que o aumento não ultrapasse 1,5°C entre os anos 2030 e 2052 (IPCC, 2018).

Em outubro de 2016, A Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO, na sigla em inglês), aprovou o CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction

Scheme for International Aviation), solicitando à indústria da aviação civil internacional a neutralização ou compensação de suas emissões de CO₂ (IDESAM, 2018).

Em dezembro deste mesmo ano, aderindo ao Acordo de Paris, o Brasil lançou o programa RenovaBio sob responsabilidade do Ministério de Minas e Energia, com o intuito de expandir a produção de biocombustíveis no Brasil (BRASIL, 2019).

Pensando nos impactos causados pelo CO₂, em outubro de 2018, o Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) publicou um relatório sobre os impactos do aquecimento global onde destaca que:



Em trajetórias modeladas sem overshoot ou com overshoot limitado a 1,5°C, as emissões antrópicas líquidas globais de CO₂ declinam em torno de 45% em relação aos níveis de 2010 até 2030 (intervalo interquartil entre 40–60%), atingindo o valor líquido zero em torno de 2050 (intervalo interquartil 2045–2055). Para limitar o aquecimento global a menos de 2°C₁₁, projeta-se que as emissões de CO₂ diminuam cerca de 20% até 2030 na maioria das trajetórias (intervalo interquartil entre 10–30%) e alcancem o valor líquido zero em torno de 2075 (intervalo interquartil 2065–2080) (IPCC, 2018, p. 15).

Dessa maneira, faz-se necessária a implementação, mesmo que gradual, do uso de biocombustíveis nos setores de transportes, para que as metas impostas por órgãos mundiais se tornem possíveis de serem alcançadas.

A seguir, será feita uma breve análise dos combustíveis utilizados atualmente pelo setor aéreo.

2.2 CONCEITO DE COMBUSTÍVEIS

De acordo com Plantier (2013), o combustível pode ser utilizado para alimentar qualquer coisa, de carros a aviões e é classificado como substâncias que ao entrarem em contato com o oxigênio sofrem uma reação química exotérmica. Toda queima de combustível libera calor, porém os produtos originados sempre variam, de acordo com o combustível utilizado.

Os combustíveis podem ser de origem fóssil ou renovável. Conforme afirma Rinkesh (2018), os combustíveis de origem fóssil, foram formados há milhões de anos, sendo classificados como restos de plantas e animais encontrados no subsolo terrestre. Esses combustíveis impulsionam o estilo de

vida da humanidade há mais de um século, fornecendo energia para iluminar e aquecer casas, alimentar veículos e contribuir para o desenvolvimento tecnológico, em vários aspectos. Os combustíveis fósseis podem ser encontrados na forma de carvão, petróleo ou gás natural. Estima-se que dada a tendência atual de consumo, dentro de 100 a 200 anos, não haverá mais combustíveis fósseis. Os combustíveis renováveis são os originados de recursos naturais ou biomassa oriunda de matéria orgânica, ou seja, de uma fonte de energia renovável. De acordo com Rosa (2011), todos os organismos que realizam fotossíntese ou seus derivados, podem ser usados como biomassa. De acordo com a ANP (2018), um biocombustível, produzido com biomassa, pode substituir parcial ou integralmente, compostos de origem fóssil em motores ou em outras formas de geração de energia.

Os combustíveis podem ser encontrados no estado sólido, líquido ou gasoso. Em estado sólido, destaca-se o carvão e a madeira. Dentre os líquidos, é possível citar os de origem animal, como o álcool e os óleos vegetais, além dos combustíveis fossilizados, como óleo diesel e gasolina. Entre os gasosos, há o gás natural ou GLP (Gases Liquefeitos de Petróleo) como o propano e o butano. Existem também, combustíveis originários da eletrólise da água e da decomposição do lixo. Os combustíveis em estado sólido são usados em motores de combustão externa, uma vez que estão em forma de pó fino. Os em estado líquido, são usados em motores de combustão interna (após destilação do petróleo). E os combustíveis em estado gasoso são utilizados em câmaras internas (sendo uma mistura de duas ou mais substâncias gasosas) (OLIVEIRA, 2018).

Pensando no setor aéreo, os combustíveis de origem fóssil continuam sendo os mais utilizados, havendo algumas iniciativas isoladas para o uso de biocombustíveis, como por exemplo, o bioquerosene.

2.3 PRINCIPAIS COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS PELAS EMPRESAS DE TRANSPORTE AÉREO

Durante muito tempo, o principal combustível de aviação foi a gasolina automotiva, depois veio a gasolina de aviação, a querosene “iluminante” (também

designado como petróleo iluminante ou óleo de parafina, resultante da destilação fracionada do petróleo, com temperatura de ebulição entre 150 e 290°C) e o querosene não iluminante, sendo até hoje, o combustível primário dos jatos que movem companhias aéreas e frotas militares (FIGUEIREDO, 2018).

Conforme a ANP (2019), no Brasil, os produtos especificados para uso são: o querosene de aviação (QAV), a gasolina de aviação e o querosene de aviação alternativo (QAV alternativo).

2.3.1 Querosene de aviação

O querosene de aviação, também conhecido como Jet A-1 ou QAV-1, é um derivado de petróleo obtido através do refino, como o fracionamento por destilação atmosférica, contendo 11 a 12 carbonos e é utilizado em aeronaves dotadas de motores à turbina, como jato-puro, turboélices e turbo-fans. A estabilidade térmica do querosene é o que mantém a qualidade no desempenho das aeronaves (ANP, 2019).

Um dos requisitos do querosene de aviação é permanecer líquido e homogêneo até a zona de combustão das aeronaves, apresentando resistência química e física decorrente das variações de temperatura e pressão, possuindo características lubrificantes, fundamental nas altas rotações dos motores (FIGUEIREDO, 2013).

De acordo com a ANP (2019), há diversos tipos de querosene comercializados pelo mundo, sendo que a diferença entre eles se dá em relação ao ponto de congelamento e fulgor. Devido ao número reduzido de fabricantes de aeronaves e turbinas, a qualidade deste produto é sistematicamente discutida entre órgãos internacionais. Novos parâmetros vêm sendo exigidos para o querosene de aviação, por conta da evolução dos motores. As exigências de segurança são fatores primordiais para a produção, controle e manuseio da QAV e da gasolina de aviação, pois a queda na qualidade desses produtos pode ocasionar acidentes aéreos.

2.3.2 Gasolina de aviação

Seguindo as especificações da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, “a gasolina de aviação é obtida a partir do refino de um derivado do petróleo. Possui de 5 a 8 carbonos. É usada em aviões de pequeno porte, com motores a pistão e ignição por centelha” (ANP, 2019). São aviões empregados na aviação agrícola, aviação comercial de pequeno porte, treinamento de pilotos, aeronaves experimentais, entre outras.

A gasolina de aviação regulamentada para o mercado brasileiro é do tipo GAV-100 LL (“low lead” / baixo teor de chumbo), identificada pela coloração azul, seguindo o que é praticado no exterior.

2.3.3 Querosene de aviação alternativo

“O QAV alternativo é obtido a partir de fontes alternativas, como biomassa, gases residuais, resíduos sólidos, carvão e gás natural, produzido por processos específicos e bem definidos” (ANP, 2019).

A produção de bioquerosene exige diferentes processos, sendo que até o ano de 2018, sete diferentes projetos de produção estavam aprovadas pela American Society for Testing and Materials, entretanto muitas outras continuam em processo de desenvolvimento para buscar a certificação. As diferentes bioquerosenes aprovadas serão detalhadas a seguir, com base no descrito pela Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative – CAAFI (2018):

1. Querosene parafínico sintetizado por Fischer-Tropsch (FT-SPK)

1.1 Ano de Certificação: 2009.

1.2 Necessita de mistura com combustível de aviação à base de petróleo em até 50%.

1.3 Matérias-primas: biomassas como resíduos sólidos urbanos, resíduos agrícolas e florestais e plantio de madeira e energia, além de matérias-primas não renováveis, como gás natural e carvão.

1.4 Processo produtivo: o processo de síntese por Fischer-Tropsch (FT) é uma reação química catalisada, na qual o gás de síntese é convertido em hidrocarbonetos líquidos de formas variadas, através de um reator com catalisador de cobalto ou ferro. A cera é quebrada e isomerizada para a

produção de combustíveis líquidos *drop-in* essencialmente similares às parafinas no combustível de aviação à base de petróleo.

1.5 Diferencial: O processo FT normalmente não produz as ciclo-parafinas e compostos aromáticos tipicamente encontrados em combustível de aviação à base de petróleo (CAAFI, 2018).

2. Querosene parafínico sintetizado por hidroprocessamento de ésteres e ácidos graxos (HEFA)

2.1 Ano de Certificação: 2011.

2.2 Necessita de mistura com combustível de aviação à base de petróleo em até 50%.

2.3 Matérias-primas: Ácidos graxos e ésteres de ácidos graxos ou gorduras vegetais e animais.

2.4 Processo produtivo: os óleos naturais são convertidos de lipídios a hidrocarbonetos utilizando-se o processo de hidrogenação para remover oxigênio e moléculas indesejáveis. Os hidrocarbonetos são quebrados e isomerizados, gerando um componente sintético de parafinas passível de ser misturado ao combustível de aviação (CAAFI, 2018).

3. Açúcares fermentados hidroprocessados para isoparafinas sintéticas (HFS-SIP)

3.1 Ano de Certificação: 2014.

3.2 Necessita de mistura com combustível de aviação à base de petróleo em até 10%.

3.3 Matérias-primas: açúcares.

3.4 Processo produtivo: leveduras geneticamente modificadas são utilizadas para fermentar açúcares em moléculas de hidrocarbonetos. O processo produz uma molécula de hidrocarboneto denominada farneseno, que, após ser hidroprocessada a farnesano, pode ser utilizada misturada ao combustível de aviação. Por ser um composto de iso-parafinas, a mistura do bioquerosene ao QAV é limitada a 10% em volume (CAAFI, 2018).

4. Querosene parafínico sintetizado por Fischer-Tropsch com aromáticos (FT-SPK/A)

4.1. Ano de Certificação: 2015.

4.2 Necessita de mistura com combustível de aviação à base de petróleo em até 50%.

4.3 Matérias-primas: biomassas como resíduos sólidos urbanos, resíduos agrícolas e florestais e culturas de madeira e energéticas; além de matérias-primas não renováveis, como gás natural e carvão.

4.4 Processo produtivo: utiliza o processo de síntese de FischerTropsch e, ainda, a alquilação de aromáticos leves (principalmente benzeno) para formar uma mistura de hidrocarbonetos que inclui compostos aromáticos necessários para a garantia da qualidade das vedações de elastômero nos componentes da aeronave, a fim de evitar vazamentos de combustível.

4.5 Diferencial: O combustível produzido por esse processo é composto por todos os tipos de moléculas encontradas no combustível de origem fóssil, e não apenas por parafinas, o que permitiria a substituição de 100% do QAV de origem fóssil (CAAFI, 2018).

5. Álcool para Querosene Parafínico Sintético (ATJ-SPK)

5.1 Ano de Certificação: 2016.

5.2 Necessita de mistura com combustível de aviação à base de petróleo em até 50%.

5.3 Matérias-primas: fermentação de amidos/ açúcares, originários para produção de amido/ açúcares, como milho, sorgo doce, cana, beterraba, sacarina, tubérculos ou derivados de biomassa celulósica via hidrólise de lignocelulose. Também pode ser originário da conversão bioquímica de outras formas de hidrogênio e carbono por meio de organismos que convertem CO, H₂ e CO₂ em álcool.

5.4 Descrição do processo produtivo: desidratação de matéria-prima contendo álcoois, seguida de oligomerização, hidrogenação e fracionamento para produção de um componente de mistura de hidrocarboneto para combustível de aviação (CAAFI, 2018).

6. Hidrotermólise catalítica querosene sintetizado (CH-SK, ou CHJ)

6.1 Ano de Certificação: 2020

6.2 Necessita de mistura com combustível de aviação à base de petróleo em até 50%.

6.3 Matérias-primas: ácidos graxos e ésteres de ácidos graxos, mais frequentemente lipídios que vem de gorduras, óleos e graxas animais e vegetais.

6.4 Descrição do processo produtivo: hidroprocessamento de querosene sintetizado contendo normal e iso-parafinas, cicloparafinas e aromáticos resultantes da conversão hidrotérmica de ésteres de ácidos graxos e ácidos graxos livres juntamente com a combinação de hidrotratamento, hidrocraqueamento ou hidroisomerização e outras etapas convencionais de refinaria, incluindo o fracionamento como fase final nesse processo (CAAFI, 2018).

7. Hidrocarbonetos hidroprocessados, ésteres e ácidos graxos querosene parafínico sintético (HHC-SPK ou HC-HEFA-SPK)

7.1 Ano de Certificação: 2020

7.2 Necessita de mistura com combustível de aviação à base de petróleo em até 10%.

7.3 Matérias-primas: Essencialmente hidrocarbonetos bi-derivados, ésteres de ácidos graxos e ácidos graxos livres. Na atualidade, as fontes reconhecidas de hidrocarbonetos bi-derivados referem-se à apenas os tri-terpenos produzidos pela espécie de algas *Botryococcus braunii*.

7.4 Descrição do processo produtivo: Hidrocarbonetos e lipídios bi-derivados são alterados em hidrocarbonetos tratando a matéria-prima com hidrogênio para retirar o oxigênio e outras moléculas indesejáveis. Os hidrocarbonetos são quebrados e isomerizados, formando um componente de mistura de combustível de aviação sintético composto de parafinas (CAAFI, 2018).

Existe um número significativo de ações em potencial para à obtenção de bioquerosene e biocombustíveis por todo mundo. O Quadro 1 abaixo, apresenta os combustíveis que estão em processo de qualificação:

Quadro 1: Combustíveis atuais no processo de qualificação

Progresso ASTM	Caminho	Matéria-prima	Chefe da Força Tarefa
Votação ASTM			
Revisão de OEM de Fase 2			
Teste de Fase 2	Querosene sintético de hidro-desoxigenação (HDO-SK)	Açúcares e celulósicos	Virente (inativo)
	Querosene aromático sintético de hidrodesoxigenação (HDO-SAK)	Açúcares e celulósicos	Virent
Revisão de OEM de Fase 1	Ésteres hidroprocessados de alto ponto de congelamento e querosene sintético de ácidos graxos (HFP HEFA-SK)	FOG renovável	Boeing
	Hidropirólise e hidroconversão integradas (IH ²)	Lignocelulósicos	Concha
Relatório de Pesquisa Fase 1			
Teste de Fase 1	Álcool-para-jato de querosene sintético com aromáticos (ATJ-SKA)	Açúcares e lignocelulósicos	Biocombustíveis Suecos, Byogia
	Álcool para Jato (ATJ)	Açúcares	Bioenergias Globais

Fonte: CAAFI (2020).

2.4 OS BIOCOMBUSTÍVEIS E O BIOQUEROSENE NO BRASIL

Os biocombustíveis são substâncias derivadas de biomassa renovável, como biodiesel e etanol. São biodegradáveis e livres de enxofre e compostos aromáticos, por isso não causam grandes impactos ao meio ambiente.

A Lei nº 12.490, em seu artigo 6º, inciso XXIV, de 16 de setembro de 2011, define:

Biocombustível: substância derivada de biomassa renovável, tal como biodiesel, etanol e outras substâncias estabelecidas em regulamento da ANP, que pode ser empregada diretamente ou mediante alterações em motores a combustão interna ou para outro tipo de geração de energia, podendo substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (BRASIL, 2011).

Segundo Bonotto e Godinho (2018), a bioenergia derivada da biomassa pode ser utilizada para a geração de eletricidade, aquecimento ou para combustíveis de transporte, ou seja, os biocombustíveis. Trata-se da principal fonte de energia renovável do mundo. Quando produzida, seguindo as normas e

regulamentações de modo sustentável, a bioenergia contribui para a transição energética e para a redução dos níveis de carbono na atmosfera.

Bonotto e Godinho (2018), ainda discorrem:

Um dos objetivos da política externa brasileira na área de energia é, portanto, a promoção dos biocombustíveis, e da bioenergia em geral, ressaltando tanto o seu valor ambiental quanto seu potencial de contribuição para a geração de emprego, renda e segurança energética, dentre outros benefícios. Destaca-se, nesse contexto, a importância da bioenergia para o setor de transportes, responsável por cerca de um quarto do consumo energético global, e que dispõe de poucas alternativas de baixo carbono disponíveis, especialmente no caso do transporte de cargas, do transporte marítimo e da aviação. Para esses, os biocombustíveis representam a principal opção viável existente para efetiva redução de emissões, se não a única (BONOTTO; GODINHO, 2018, p.15)

A partir da Resolução ANP nº 778 de 05/04/2019 foram realizadas especificações a cerca dos combustíveis a serem utilizados na aviação, como querosene de aviação, querosene de aviação alternativo e querosene de aviação C, bem como as obrigações relativas ao controle de qualidade a serem atendidas pelos agentes que comercializam o produto em território nacional. O artigo 3º define como querosene de aviação (QAV1) como sendo “*combustível de origem fóssil, denominado internacionalmente como JET A-1, destinado exclusivamente ao consumo em turbinas de aeronaves*” (inciso XIII). Já o querosene de aviação alternativo (QAV alternativo), é definido como “*combustível derivado de fontes alternativas, como biomassa, gases residuais, resíduos sólidos, carvão e gás natural*” (inciso XIV). O querosene de aviação C (QAV-C) conceitua-se como sendo “*combustível destinado exclusivamente ao consumo em turbinas de aeronaves, composto de um único tipo de QAV alternativo misturado ao QAV-1 nas proporções definidas nesta resolução*” (inciso XV).

Os querosenes de aviação alternativos, permitidos nacionalmente são:

o querosene parafínico hidroprocessado e sintetizado por Fischer-Tropsch (SPK-FT); o querosene parafínico sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (SPK-HEFA); o querosene parafínico sintetizado com aromáticos (SPK/A); o querosene parafínico sintetizado por álcool (SPK-ATJ); e as iso-parafinas sintetizadas de açúcares fermentados e hidroprocessados (SIP) (ANP, 2019, Artigo 1º, § 2º).

Em janeiro de 2018 o governo brasileiro deu início ao processo de adesão à IRENA, a sigla em inglês, significa Agência Internacional de Energia Renovável (BRASIL, 2018).

Pensando no bioquerosene, que é considerado como um novo biocombustível, no ano de 2010, a empresa aérea TAM, hoje LATAM fez um primeiro teste utilizando combustíveis sustentáveis. Em 2014, de maneira mais sistemática, a empresa Gol Linhas Aéreas Inteligentes realizou um voo da Flórida para São Paulo usando uma mistura de combustível comum com 10% de bioquerosene produzidos com algas, convertendo açúcares em óleos. A Azul, também realizou, no mesmo ano, teste com bioquerosene produzido por leveduras que convertem açúcar de cana-de-açúcar em farneseno.

Em 2017 foi criada a Rede Brasileira de Bioquerosene e Hidrocarbonetos Renováveis para a Aviação, durante o seminário “Biodiesel e Bioquerosene: Sustentabilidade Econômica e Ambiental, promovido pela UBRABIO (União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene). O objetivo principal da rede é a realização de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação para apoiar o desenvolvimento do setor de bioquerosene em âmbito nacional (UBRABIO, 2017).

2.4.1 Matérias-primas

Para a obtenção do bioquerosene existe uma extensa gama de matérias-primas e processos com potencial para serem aproveitados em sua produção. É relevante considerar que para que o bioquerosene seja economicamente competitivo, deve apresentar potencial para a redução de emissões de gases do efeito estufa e tenha outros indicadores socioambientais positivos, como por exemplo, não competir com alimentos, nem ameaçar a biodiversidade. Muito têm se falado sobre o uso de matérias-primas inovadoras destinadas ao uso em turbinas aeronáuticas, como pinhão manso, babaçu, falso linho ou camelina e algas (CGEE, 2010).

Biomassas presentes no Brasil, em suas diferentes fases de análise, domesticação, introdução, produção ou maturidade, que podem suprir a produção de bioquerosene de aviação (não limitado a este) (MME, 2017, p. 8):

- Camelina
- Cana de Açúcar
- Catolé
- Licuri
- Macaúba
- OGR

- Pinhão Manso
- Resíduos agrícolas e lixo urbano
- Soja

Detalhar-se-á algumas matérias-primas que tem potencial para a geração de bioquerosene/biocombustíveis:

a) Pinhão Manso

O pinhão manso, da família das Euforbiáceas, é considerada uma planta pouco exigente e de adaptação aos climas secos e solos fracos, podendo apresentar boa produtividade, com um teor de óleo entre 30 a 40%. O óleo de pinhão manso é composto basicamente por ácidos graxos insaturados com 18 átomos de carbono, como o ácido linoleico. Tais características conferem bom potencial para a produção de biocombustíveis e têm despertado um grande interesse nesse vegetal. Em países como Índia e Tailândia, o pinhão manso é utilizado de modo inicial para fabricação de biodiesel, e é demonstrado na figura 1, a seguir. A colheita do pinhão se dá apenas um ano após o cultivo e alcança, estabilidade no quarto ano de produção (CGEE, 2010).

Figura 1– Fruto e arbusto do Pinhão Manso



Fonte: Embrapa, 2010.

Pouco se conhece sobre o cultivo do pinhão manso, por isso ainda não há dados expressivos de produção em massa, todavia é uma cultura que deve ser estudada e analisada com cautela.

b) **Babaçu**

Outra possível matéria-prima para produção de bioquerosene é o babaçu, palmeira de grande porte da família das Arecaceae, nativa na região de transição entre a caatinga e a floresta amazônica. É uma planta, dotada de frutos drupáceos com sementes oleaginosas e comestíveis das quais se extrai um óleo empregado na alimentação e com potencial para a produção de biocombustíveis (CGEE, 2010).

Os principais componentes do óleo do babaçu são ácidos graxos saturados: 50% ácido láurico (12C), 20% ácido mirístico (14C) e 11% ácido palmítico (16C), sendo um óleo bastante mais leve que a maioria dos óleos vegetais e mais adequado à produção do bioquerosene. A safra do Babaçu, representado na figura 2 a seguir, vai de setembro a março e os principais produtos comerciais extraídos são o óleo e a torta, subproduto resultante do processo de extração do óleo (VIVACQUA, 1968).

Figura 2: Palmeira e cacho de frutos do babaçu.



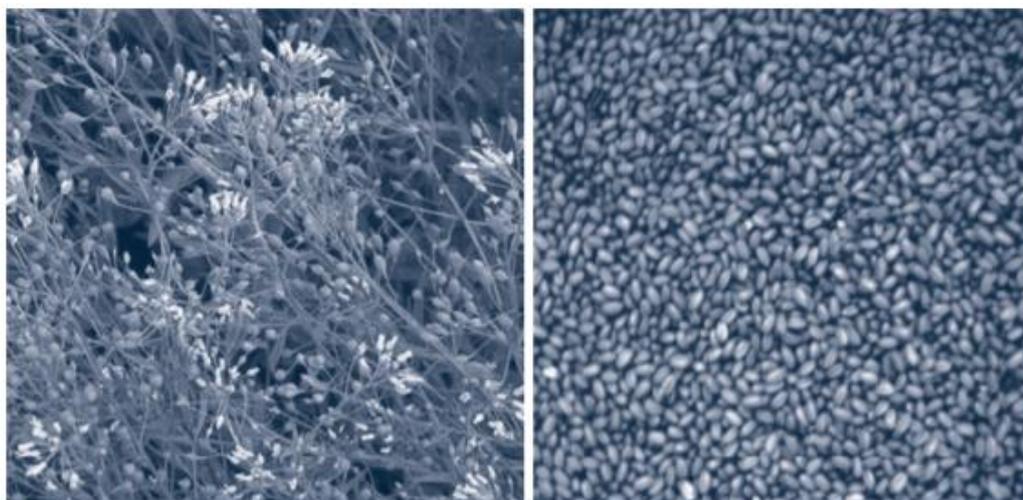
Fontes: INPA e Portal São Francisco, 2010.

Apesar de ser uma planta conhecida de muitos brasileiros, pouco se sabe sobre aspectos produtivos dessas palmeiras, informações que são fundamentais para seu cultivo e expansão comercial para seu cultivo e expansão comercial.

c) *Camelina*

Outro provável candidato a matéria-prima com potencial para utilização na produção de biocombustíveis é a *Camelina*, um arbusto da família da Brassicáceas, demonstrada na Figura 3 a seguir, vem sendo estudada desde 2002 por pesquisadores da Universidade Estadual de Montana (EUA), em busca de uma nova plataforma para produtos biotecnológicos avançados, incluindo biocombustíveis. Essa planta é considerada rústica, resistente à seca e tolerante aos solos fracos, produzindo frutos cujas sementes apresentam um elevado conteúdo oleaginoso, cerca de 35% (NETO, 2010).

Figura 3 – Arbusto e sementes de *Camelina*.



Fonte: CGEE, 2010.

Vale salientar que o conhecimento agrônômico brasileiro sobre esta espécie ainda é bastante restrito.

d) *Algas*

As algas também são fortes candidatas para cultivo e produção de bioquerosene, elas produzem energia necessária ao seu metabolismo por meio da fotossíntese e existem espécies que são ricas em lipídios. Estima-se que em uma superfície semeada com algas, equivalente a um hectare, pode se produzir até 100 mil litros de biodiesel (AGÊNCIA FAPESP, 2008).

Ainda existem muitos estudos relacionando a produção de algas em seus diferentes aspectos, considerando-se as microalgas, macroalgas, algas de água

doce e salgada, formas de cultivo, técnicas de reprodução e procedimentos de controle de produção, a colheita e extração do óleo (CGEE, 2010).

Apesar do grande potencial brasileiro para a produção de bioquerosene, existem muitos desafios nesse processo, como elevada densidade energética e atendimento a rígidos requisitos de qualidade; apresentar indicadores consistentes sobre a diminuição e controle dos gases do efeito estufa (GEE) em comparação aos combustíveis de origem fóssil; garantia de requisitos mínimos de competitividade econômica; redução do protecionismo existente no mercado de biocombustíveis sujeitos a altas barreiras tarifárias (CGEE, 2010).

Segundo a IATA (2015), os combustíveis designados como sustentáveis para a aviação, só podem ser considerados realmente sustentáveis, caso apresentem um balanço de gases do efeito estufa substancialmente melhor do que a alternativa fóssil, além de não prejudicarem o meio ambiente e não envolverem impactos socioeconômicos negativos.

2.4.2 A Produção Agrícola Nacional e o uso de biocombustíveis

Um biocombustível possui características para substituir parcial ou integralmente compostos de origem fóssil em motores ou em outros tipos de geração de energia. Se tratando da produção de biocombustíveis,

o Brasil se qualifica-se como fornecedor global de combustíveis limpos de aviação, considerando o potencial nacional em termos da diversidade e sustentabilidade das matérias primas (feedstock) que podem ser empregadas para a produção de bioquerosene, e do potencial de desenvolvimento de energias renováveis com utilização de processos ainda mais avançados (combustíveis sintéticos a base de biomassa, biocombustíveis ou biogás) (MME, 2017, p.1).

De acordo com PERES; JUNIOR; GAZZONI (2005):

O potencial brasileiro para a produção de biocombustíveis, que inclui o cultivo de oleaginosas e de cana-de-açúcar, no Brasil é imensurável. No Nordeste, além da cana-de-açúcar, é possível cultivar mamona, amendoim, gergelim, babaçu, entre outras oleaginosas. Somente para mamona existe uma área de mais de 3 milhões de hectares aptas ao seu cultivo.

Além dos aspectos econômico e ambiental, a agricultura de energia pode também se tornar uma grande alternativa para a agricultura familiar. Com fulcro nas oleaginosas para produção de óleo diesel vegetal, pode-se derivar inúmeras outras oportunidades nas cadeias produtivas, gerando emprego e renda para esse segmento de agricultores (PERES; JUNIOR; GAZZONI, 2005, p.31-32).

Estudos sugerem que ao se adotar o uso de bioquerosene na matriz energética brasileira a partir de 2020, seriam alcançados alguns benefícios:

- Agenda positiva para aceleração da economia brasileira, com inserção da Agricultura Familiar e do Agronegócio na bioeconomia dos biocombustíveis de aviação, e no movimento de descarbonização da economia global;
- Potencial de 60.000 empregos¹ por conta da implantação da cadeia de valor, ainda multiplicado se considerada a inclusão da Agricultura Familiar na produção de biomassa sustentável;
- Reduzirá a necessidade de importação de querosene fóssil, auxiliando a balança comercial Brasileira. A importação de querosene de aviação no Brasil em 2015 representou dispêndio aproximado de até USD \$1,8 bilhão²;
- Será evitada a emissão de aproximadamente 10 milhões de tCO₂e por ano, em 2030, o que corresponde a 73 milhões de árvores plantadas no mesmo período. Com isso, os combustíveis sustentáveis de aviação brasileiros participarão do esforço para evitar o aumento da temperatura global;
- Representará próximo de 2,6% da Matriz de Combustíveis Brasileira;
- Integração com a Plataforma para o Biofuturo para parcerias estratégicas multilaterais (MME, 2017, p.9).

Pensando nos biocombustíveis de maneira geral, estima-se que os atuais combustíveis produzidos a partir de biomassa (etanol e biodiesel) gerem mais de 1 milhão de empregos diretos e mais de 2 milhões de empregos indiretos. Por conta da mão de obra intensiva, a produção de biocombustíveis pode garantir emprego a um número bastante considerável de municípios e regiões brasileiras (NOVACANA, 2015).

Segundo os dados do levantamento feito pela equipe da IRENA, os biocombustíveis líquidos foram o segundo maior empregador dentro do setor de energias renováveis – atrás apenas da energia solar fotovoltaica com praticamente 2,5 milhões de empregos gerados. Aproximadamente 23,3% dos 7,66 milhões de empregos gerados pelo setor de energias renováveis como um todo dependem dos biocombustíveis (NOVACANA, 2015).

Em contrapartida aos benefícios do uso e produção de biocombustíveis no Brasil, Falsetti (2010), salienta que a utilização de biocombustíveis pode requerer grande quantidade de energia para a sua produção, além de causar o

¹ Dados apresentados pelo Agropolo (Unicamp) e TU-Delft University (Holanda) durante o 3º Workshop Bioeconomia "Biocombustíveis avançados para aviação e transporte de carga" em outubro de 2016 como projeção até o ano de 2050.

² Anuário estatístico Brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis ANP, ano 2016, página 131, tabela 2.55 e notas explicativas.

aumento do consumo de água para irrigação das culturas, o que pode ocasionar a redução da biodiversidade e a devastação de grandes áreas florestais.

2.4.3 O impacto do uso do bioquerosene na aviação brasileira

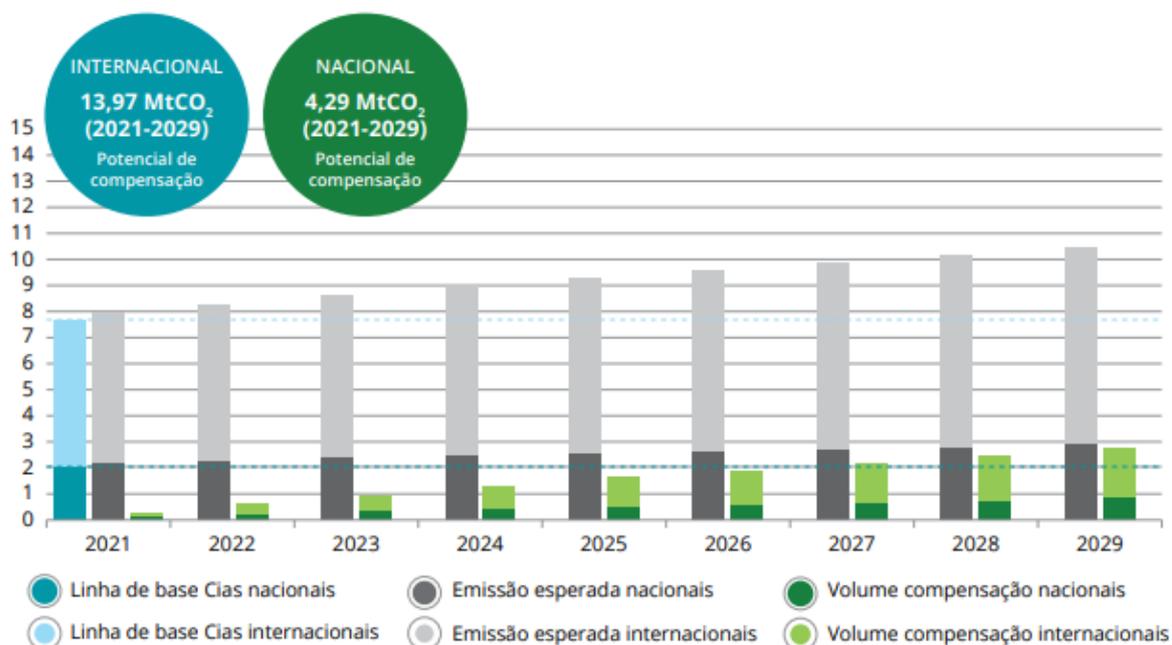
A perspectiva de introduzir os biocombustíveis na aviação brasileira, gera novas oportunidades para a criação da bioindústria, que surgirá para atender à demanda. A implementação do bioquerosene exigirá uma série de medidas, como o desenvolvimento de tecnologias, logística compatível com as novas necessidades, além de disponibilidade de recursos financeiros, incentivos do governo e pesquisas constantes de curto, médio e longo prazo a fim de garantir os níveis de qualidade desse biocombustível.

O uso do bioquerosene pela aviação civil brasileira, deve considerar, além das questões tecnológicas e de investimento relacionadas à sua produção, a seleção das matérias-primas, as questões econômico-sociais, a avaliação das políticas das empresas aéreas e os custos que serão repassados aos usuários do transporte aéreo.

O setor aéreo mundial está comprometido com as metas de redução dos gases do efeito estufa por meio do Acordo de Paris (COP 21), aprovado por 195 países no contexto do desenvolvimento sustentável.

Segundo IDESAM (2018), uma etapa fundamental para compreender de que forma se daria a participação das Companhias Aéreas Brasileiras no CORSIA na fase voluntária inicial, que inicia em 2021, é a projeção das emissões de CO₂ para o setor em 2020, ano no qual será fixado o valor de referência e qualquer aumento de emissões verificado, deverá ser compensado. A inclusão do Brasil no sistema do CORSIA evitaria cerca de 18,26 MtCO₂ entre 2021 a 2029, considerando que 23% deste total, ou 4,29 MtCO₂ seriam de responsabilidade das companhias aéreas nacionais e 77%, ou 13,97 MtCO₂ de responsabilidade de empresas internacionais que operam em voos para o Brasil, conforme ilustrado no gráfico da Figura 4.

Figura 4: Linha de base, projeção de emissões e volumes de compensação requeridos por cias aéreas brasileiras e estrangeiras



Fonte: IDESAM, 2018.

De acordo com a UBRABIO (2017), a produção e uso do bioquerosene na aviação brasileira:

- Contribui para o atendimento do compromisso brasileiro de redução de emissões (NDC-COP 21);
- Fomenta a criação de um novo setor;
- Contribui para diversificar a matriz energética sustentável;
- Pode favorecer a aviação regional;
- Impulsiona a geração de emprego e renda;
- Incrementa o desenvolvimento regional;
- Reduz as importações de querosene de aviação fóssil;
- Permite oferta de outros produtos de altíssimo valor; agregado para química verde (co-produtos da biorrefinaria);
- Confere maior segurança ao abastecimento (UBRABIO, 2017, p.21).

A substituição do petróleo na aviação civil representa uma nova etapa para o desenvolvimento de uma sociedade mais sustentável.

O uso do bioquerosene de aviação terá papel fundamental no alcance das metas de redução de emissões, contribuindo também para o desenvolvimento ambiental, econômico e social, a partir da redução das emissões de carbono e da geração de riquezas, empregos, renda e oportunidades para o Brasil (ANAC, 2018, p.14).

3 CONCLUSÃO

Pode-se considerar que a implementação de biocombustíveis no setor de transporte aéreo se faz necessário e inadiável, diante de todas as recomendações governamentais que visam a proteção ao meio ambiente e o incentivo à utilização de biocombustíveis.

As mudanças climáticas foram as principais responsáveis pela criação de movimentos e acordos mundiais para assegurar que a temperatura da terra não ultrapasse 2°C. As empresas de transporte aéreo contribuem para o aquecimento global, sendo que a cada ano, o lançamento de compostos como CO₂, tendem a aumentar, devido à alta demanda, sendo necessárias ações que visem a contenção e se possível, até a diminuição de gases do efeito estufa.

Muitas ações já foram realizadas no Brasil em relação aos biocombustíveis, porém ainda há a necessidade de aperfeiçoamento das pesquisas para assegurar as melhores e mais promissoras matérias-primas, capazes de atender empresas de transporte aéreo nacional e até internacional. O país também possui uma base institucional, capacidade instalada, um bom alicerce legal e conhecimento técnico para ampliação dos biocombustíveis na matriz energética do país.

Através deste estudo, pôde-se ponderar sobre a utilização de matérias-primas renováveis para a elaboração do bioquerosene. Existem inúmeras indicações de materiais a serem utilizados nesse processo, porém muitas questões devem ser observadas e levadas em consideração para garantir que a utilização desses e outros recursos, não cause mais danos e impactos ao meio ambiente, que o próprio combustível fóssil.

O Brasil continua com papel de destaque no cenário mundial de produção e consumo de biocombustíveis, porém muitos estudos precisam ser efetivados. Investimentos na área se fazem urgentes, assim como políticas públicas que incentivem a produção em alta escala.

O bioquerosene é um produto promissor, uma vez que faz a economia brasileira girar. A produção depende de matérias-primas que podem ser cultivadas por meio da agricultura familiar, por exemplo, gerando renda e

trabalho. Além disso, os produtos utilizados em sua produção, causam danos menores ao meio ambiente, capazes de contribuir para o novo cenário mundial que visa a contenção da emissão de CO₂ e outros gases do efeito estufa na atmosfera. A introdução do bioquerosene no Brasil pode contribuir para o desenvolvimento econômico sustentável, tanto das companhias aéreas, como de diferentes setores.

Nota-se que se faz urgente a implementação de incentivos advindos dos órgãos públicos para o estímulo à produção de biocombustíveis no Brasil. Incentivos como a diminuição das taxas tributárias ou isenção de impostos específicos, seriam interessantes e valiosos nesse processo inicial de implementação em larga escala.

REFERÊNCIAS

ANAC - **Resolução nº 496, de 28 de novembro de 2018**. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2018/resolucao-no-496-28-11-2018/@@display-file/arquivo_norma/RA2018-0496.pdf. Acesso em 05/08/2020.

_____. 2018. **Conexão Internacional: Combustíveis de Aviação**. v.2. n.2 (out. 2018) – 33 p. Disponível em: https://www.anac.gov.br/A_Anac/internacional/publicacoes/revista-conexao-internacional/revista-conexao-internacional-4ed. Acesso em: 24/10/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. 2016. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis/1856-combustiveis-de-aviacao>. Acesso em 29/08/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. 2016. **Biocombustíveis de Aviação**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biocombustiveis-de-aviacao>. Acesso em 29/08/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. 2016. **Produção e fornecimento de biocombustíveis**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis>. Acesso em 06/10/2020.

BIODIESELBR. **Biocombustíveis para aviação**. 2012. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/bioqav/biocombustiveis-para-aviacao-060912>. Acesso em 29/08/2020.

BONOTTO, Adriano e GODINHO, Renato Domith. Bioenergia, mudança do clima e os biocombustíveis de aviação no âmbito do CORSIA. **Conexão Internacional/ Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC)**. v. 2, n.2 (out. 2018) – 33 p. Brasília: ANAC 2018. Disponível em: https://www.anac.gov.br/A_Anac/internacional/publicacoes/revista-conexao-internacional/revista-conexao-internacional-4ed. Acesso em 06/10/2020.

BRASIL. Decreto nº 9.888, de 27 de junho de 2019. **Convenção de Aviação Civil Internacional**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9888.htm. Acesso em 01/09/2020.

BRASIL. Decreto nº 21.713, de 27 de Agosto de 1946. **Convenção de Aviação Civil Internacional**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D21713.htm. Acesso em 05/08/2020.

BRASIL. **Lei nº 12.490, de 16 de Setembro de 2011**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/L12490.htm. Acesso em 30/08/2020.

CAAFI. (2018). **Approved Fuels**. Disponível em: http://www.caafi.org/focus_areas/fuel_qualification.html#approved. Acesso em: 06 de outubro de 2020.

CASTRO, F. G. et al. **A Methodology for conducting integrative mixed methods research and data analyses**. Journal of Mixed Methods Research, v. 4, n. 4, p. 342–360, 2010.

CAVALCANTI, Marcelo e MOREIRA, Enzo. **Metodologia de estudo de caso: livro didático**. 3. ed. rev. e atual. Palhoça: UnisulVirtual, 2008. 170 p.

CGEE. **Biocombustíveis aeronáuticos: progressos e desafios** – Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/biocombustiveis_aeronauticos_24012011_9559.pdf/378f8f90-fa5c-4e0c-aad7-7adcbf607063?version=1.5. Acesso em 29/08/2020.

EMBRAPA. **Embrapa apresenta pesquisas com matérias-primas para a produção de bioquerosene no Brasil.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/soles/sibcs/busca-de-noticias/-/noticia/43857499/embrapa-apresenta-pesquisas-com-materias-primas-para-a-producao-de-bioquerosene-no-brasil>. Acesso em 31/08/2020.

FALSETTI, S. **Vantagens e desvantagens do uso de biocombustíveis.** São Paulo: USP, 2010, 43p.

FIGUEIREDO, Luiz Alberto Gomes. **Motores e combustíveis de aviação.** Disponível em: [https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/motores-e-combustiveis-de-aviacao_808.html#:~:text=A%20AVGAS%20Os%20combust%C3%ADveis%20aeron%C3%A1uticos,combust%C3%ADvel%20dos%20motores%20de%20avia%C3%A7%C3%A3o](https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/motores-e-combustiveis-de-aviacao_808.html#:~:text=A%20AVGAS%20Os%20combust%C3%ADveis%20aeron%C3%A1uticos,combust%C3%ADvel%20dos%20motores%20de%20avia%C3%A7%C3%A3o.). 29/01/2013. Acesso em: 06/10/2020.

IATA. (2015). **IATA 2015 Report on Alternative Fuels.** Disponível em: <https://www.iata.org/en/publications/alternative-fuels/>. Acesso em 24 de outubro de 2020.

IDESAM. **Esquema de Redução de Emissões da Aviação Civil Internacional (CORSA/ICAO): Desafios e oportunidades para o Brasil.** 2018. Disponível em: <https://idesam.org/publicacao/corsia-oportunidades-para-o-brasil-v2.pdf>. Acesso em: 01/09/2020.

IPCC. **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - Sumário para Formuladores de Políticas.** 2018. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_SPM_Portugues_e.pdf. Acesso em: 29/08/2020.

KLOTZEL, Ernesto. **O efeito da aviação no clima global.** 2018. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/o-efeito-da-aviacao-no-clima-global_3992.html. Acesso em 29/08/2020.

LOHN, Joel Irineu. **Metodologia para elaboração e aplicação de projetos: livro didático.** 2 ed. rev. e atual. Palhoça: UnisulVirtual, 2005. 100 p.

MARCONI, Marina de Andrade. **Cultura e sociedade.** In: LAKATOS, Eva Maria. Sociologia. 6. ed. São Paulo: Atlas, 199.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA – **Plano de Ação para a Redução das Emissões de CO₂ da Aviação Civil Brasileira.** Disponível em:

<https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/arquivos/PlanodeAo2019ptbr.pdf>. Acesso em 05/08/2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – **Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAFs) Bioquerosene**. 2017. Disponível em: http://www.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=d1d3c4e2-d562-f98a-70ca-3330ee3a540c&groupId=36224. Acesso em 05/08/2020.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES - **Brasil dá início a processo de adesão à IRENA**. 2018. Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/notas-a-imprensa/18187-brasil-da-inicio-a-processo-de-adesao-a-irena>. Acesso em 31/08/2020.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **A ONU e a mudança climática**. Disponível em: [https://nacoesunidas.org/acao/mudanca-climatica/#:~:text=O%20Painel%20Intergovernamental%20sobre%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20\(IPCC\)%20foi%20criado%20pela,cient%C3%ADficas%20sobre%20as%20mudan%C3%A7as%20clim%C3%A1ticas](https://nacoesunidas.org/acao/mudanca-climatica/#:~:text=O%20Painel%20Intergovernamental%20sobre%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20(IPCC)%20foi%20criado%20pela,cient%C3%ADficas%20sobre%20as%20mudan%C3%A7as%20clim%C3%A1ticas). Acesso em 29/08/2020.

NOVACANA. **Biocombustíveis geram 1,8 milhões de empregos no mundo, quase metade no Brasil**. 2015. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/cana/trabalhadores/biocombustiveis-empregos-mundo-metade-brasil-010615>. Acesso em 29/08/2020.

NETO, M. C., 2010, **“Biocombustíveis Brasil” (Biobras)**, UNB, Brasília.

OLIVEIRA, Andréa. **Combustíveis: origem, classificação e características**. 12/12/2018. Disponível em: <https://www.producaodebiodiesel.com.br/mercado-de-combustiveis/combustiveis-origem-classificacao-e-caracteristicas>. Acesso em: 06/10/2020.

OLIVEIRA, Gilvan Sampaio de. **Mudanças Climáticas**. Brasília, 2009. 348 p.

PERES, José Roberto Rodrigues; JUNIOR, Elias de Freitas; GAZZONI, Décio Luis. 2005. **Revista de Política Agrícola: Biocombustíveis Uma oportunidade para o agronegócio brasileiro**. Ano XIV – Nº1. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202346/1/Biocombustiveis-uma-oportunidade.pdf>. Acesso em 24/10/2020.

PLANTIER, Renato Duarte. **Principais Tipos de Combustíveis: Características Gerais**. 2013. Disponível em: <https://meioambiente.culturamix.com/recursos->

[naturais/principais-tipos-de-combustiveis-caracteristicas-gerais](#). Acesso em 06/10/2020.

PORTAL BLOSSISTEMAS. **Biocombustíveis para aviação**. 2013. Disponível em: <http://www.usp.br/portalblossistemas/?p=5286>. Acesso em 31/08/2020.

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

RBQAV. **Pirólise atálica de biomassa para obtenção de hidrocarbonetos renováveis**. Disponível em: <http://www.rbqav.com.br/>. Acesso em 30/08/2020.

RINKESH, Kukreja. **Fatos sobre combustíveis fósseis**. 2018. Disponível em: <https://www.conserve-energy-future.com/various-fossil-fuels-facts.php#sthash.3UUHwd4l.dpuf>. Acesso em 06/10/2020.

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

SILVA R.W.C., PAULA B.L. **Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural**. Terræ Didática, v.5, n.1, p.42-49, 2009. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/TED/article/view/8365/7636>. Acesso em: 01/09/2020.

UBRABIO. **Bioquerosene no Brasil**. 2017. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/wp-content/uploads/2018/03/BioquerosenenoBrasil.pdf>. Acesso em 01/09/2020.

_____. **Biomassas promissoras, investimento em pesquisa e potencial de produção comercial**. 2017. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/sites/1800/1891/PDFs/EXPANDMG/30Ago3UbrabloBiomassaspromissorasinvesti.pdf>. Acesso em 24/10/2020.

VIVACQUA, F, A., 1968, "**Babaçu, Aspectos Sócios - Econômicos e Tecnológicos**". Brasília: Universidade de Brasília, 217p.