



**UNISUL**

**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**GUSTAVO HENRIQUE DE OLIVEIRA SILVA**

**BIOCOMBUSTÍVEIS NA AVIAÇÃO**

Palhoça

2019

**GUSTAVO HENRIQUE DE OLIVEIRA SILVA**

**BIOCOMBUSTÍVEIS NA AVIAÇÃO**

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

Orientador: Prof. Marcos Fernando Severo de Oliveira, esp.

Palhoça  
2019

**GUSTAVO HENRIQUE DE OLIVEIRA SILVA**

**BIOCOMBUSTÍVEIS NA AVIAÇÃO**

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, 25 de novembro de 2019

---

Orientador: Prof. Marcos Fernando Severo de Oliveira, esp.

---

Prof. Antônio Carlos Vieira de Campos, esp.

Dedico à minha amada família e  
amigos, por todo apoio.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos os professores com os quais muito aprendi ao longo dessa jornada e com certeza levarei para vida. Quero agradecer também à minha família pela compreensão pelos momentos em que estive ausente e dedicação em enfrentar junto comigo os obstáculos durante o desenvolvimento desse estudo. Aos amigos que torceram por mim, deixo registrada minha gratidão. Por fim, a todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização dessa etapa só tenho a agradecer!

“Toda vitória ambiental é provisória e toda a derrota, permanente”. (MAISONNAVE, Fabiano, 2019)

## RESUMO

O presente estudo teve por objetivo identificar as principais possibilidades de biocombustíveis para a Aviação Civil. Para desenvolvimento foi feita pesquisa de revisão bibliográfica e documental, foram usados artigos científicos, documentos oficiais, entre outros. A análise dos dados foi qualitativa, sendo que após a leitura dos materiais, os dados foram consolidados no referencial teórico permitindo uma visão clara sobre o tema apresentado. Ao finalizar a pesquisa, concluiu-se que o bioquerosene é um substituto viável para aviação em termos de implementação, bem como por suas propriedades idênticas ao combustível fóssil. Este produto pode ser obtido através de matérias primas como óleo de cozinha usado, amido, algas, entre outros. Porém, apesar de ser ideal para o setor aeronáutico, especialmente no que tange à redução de emissões de gases, os investimentos públicos e privados para a franca produção e comercialização dos biocombustíveis pela aviação ainda são insuficientes.

**Palavras-chave:** Aviação. Emissões. Biocombustíveis.

## **ABSTRACT**

The present study aimed to identify as main possibilities of biofuels for Civil Aviation. For the development, it was made a research of bibliographic and documentary revision, where were used scientific articles, official documents, among others. The data analysis was qualitative, after reading the materials, the data were consolidated in the theoretical framework allowing a clear view on the theme presented. In concluding a survey, conclude that biokerosene is a viable replacement for aviation in terms of implementation as well as its fossil fuel identical characteristics. This product can be used through raw materials such as used cooking oil, starch, algae, among others. However, despite being ideal for the aviation industry, especially for reducing gas emissions, public and public investments for aviation biofuel production and marketing francs are still insufficient.

**Keywords:** Aviation. Emissions. Biofuels.



## SUMÁRIO

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA .....	10
1.2 OBJETIVOS .....	10
1.2.1 Objetivo Geral .....	10
1.2.2 Objetivos Específicos .....	10
1.3 JUSTIFICATIVA .....	10
1.4 METODOLOGIA .....	13
1.4.1 Natureza e tipo de pesquisa .....	13
1.4.2 Materiais e Métodos .....	14
1.4.3 Procedimentos para coleta de dados .....	14
1.4.4 Procedimentos de análise de dados .....	14
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1 IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS .....	15
2.2 BIOCOMBUSTÍVEIS PARA A AVIAÇÃO CIVIL .....	18
2.3 DESAFIOS PARA A UTILIZAÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS PELA AVIAÇÃO CIVIL .....	20
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A aviação civil passou por grande evolução nas últimas décadas, trazendo avanços socioeconômicos ao redor do mundo, mas por outro lado existem questões trazidas pela popularização desse modal de transporte que precisam atenção para que os prejuízos não sejam maiores que os benefícios.

De acordo com Garcia (2014), os impactos gerados pelo setor aéreo - se não tratados adequadamente – podem comprometer significativamente o meio ambiente ao longo prazo. Dentre os principais impactos estão aqueles relacionados à poluição do ar.

De acordo com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), até por volta da metade do século XX, para o funcionamento das aeronaves, a gasolina era o principal combustível utilizado até porque ainda não existiam tantas pesquisas para combustíveis alternativos. (CGEE, 2010).

Mas os impactos ambientais gerados pela queima da gasolina já levantavam a preocupação do setor aeronáutico para encontrar algum substituto. Em consequência da evolução ocorrida. (CGEE, 2010).

A gasolina foi basicamente substituída pelo querosene que possui as propriedades necessárias para fazer uma aeronave funcionar, é uma forma de energia mais limpa, mas que ainda não alcançou o nível necessário para a redução dos impactos ambientais. (CGEE, 2010).

Desse modo, de acordo com Garcia (2014), além dos impactos gerados ao meio ambiente como mudanças climáticas, desordem do ecossistema e outros, a poluição pela queima dos combustíveis na aviação pode impactar gravemente para a saúde humana como irritação nos olhos até problemas graves nos pulmões que podem levar a óbito.

Segundo Mattos (2012), as pesquisas sobre biocombustíveis estão focadas especialmente nos benefícios ambientais. No entanto, o autor ressalta que outros resultados são visados, como aqueles relacionados aos altos custos para a aquisição de combustíveis derivados do petróleo, o que geraria benefícios econômicos para o setor aéreo.

Nesse sentido, o presente trabalho abordará biocombustíveis de para o setor aeronáutico, com ênfase no bioquerosene que produz propriedades bastante

próximas do combustível fóssil utilizado largamente na atualidade. Assim, este estudo buscará entender como o combustível feito de querosene pode impactar para o meio ambiente e população, bem como levantar possíveis benefícios econômicos para o setor.

## 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Quais são as principais possibilidades de biocombustíveis para a Aviação Civil?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Apontar as principais possibilidades de biocombustíveis para a Aviação Civil.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Descrever os impactos ambientais gerados pelos combustíveis fósseis utilizados pela aviação civil.

Identificar possibilidades de biocombustíveis para a aviação civil.

Levantar as principais barreiras existentes para o uso de biocombustíveis pela aviação civil.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com Chaimovich *et. al.* (2013), o transporte aéreo no Brasil tem crescido acima da média global. No ano de 2010, por exemplo, foram transportados 71 milhões de passageiros e 870 mil toneladas de cargas para dentro e fora do país.

Com o aumento das operações aéreas em todo o mundo, a utilização da energia também é consideravelmente aumentada para gerar combustível. O fato é

que praticamente todo combustível utilizado pelo setor é o querosene que deriva do petróleo. (CHAIMOVICH *et. al.*, 2013).

No Brasil, em 2011, foram utilizados 7 milhões de metros cúbicos desse recurso, o que significa em torno de 2,8% em todo mundo. (CHAIMOVICH *et. al.*, 2013). Ou seja, o país é um importante emissor de poluentes, o combustível fóssil “polui o ar através de emissões gasosas, as quais reagem com o ar atmosférico formando compostos que potencializam o efeito estufa e prejudicam a camada de ozônio.” (MARTINS *et. al.*, 2015, p. 62). Ainda segundo os autores, isto necessariamente cria a necessidade de busca pelo desenvolvimento de combustíveis menos nocivos ao meio ambiente.

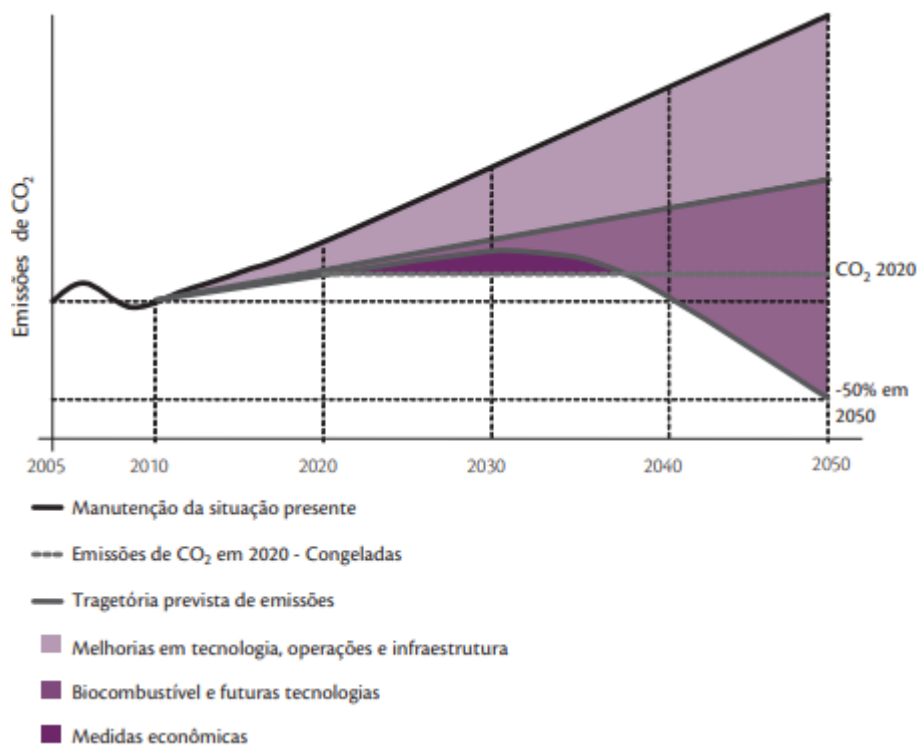
De acordo com a Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB) em todo o mundo a aviação civil vem sofrendo pressões de diversas entidades como a International Air Transport Association (IATA), que representa a indústria de transporte aéreo; International Coordinating Council of Aerospace Industries Associations (ICCAIA), que representa as associações de indústrias aeroespaciais; Airports Council International (ACI), que representa os aeroportos internacionais para que sejam realizadas mudanças capazes de reduzir os efeitos danosos ao meio ambiente pela queima de combustível por aeronaves. (AIAB, 2011).

Dentre os compromissos assumidos pela indústria da aviação civil mundial estão:

Melhoria média de 1,5% por ano em termos de eficiência energética até 2020;  
Obrigação de crescimento neutro de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir de 2020;  
Redução absoluta em 50% das emissões de CO<sub>2</sub> em 2050, em comparação com os níveis de 2005, do qual cabe destacar dois princípios fundamentais: a não existência de decisões unilaterais por países/regiões e a liderança da OACI no processo. (AIAB, p. 62, 2011).

Para que essas metas sejam alcançadas foram traçados alguns caminhos a serem trilhados, como mostra o gráfico 1.

Gráfico 1 – Caminhos a serem aplicados pela aviação civil para a redução de emissões



Fonte: AIAB (2011, p. 62).

A AIAB (2011) destaca duas questões imprescindíveis para confirmar as expectativas. A primeira é o desenvolvimento de tecnologias para a fabricação de aeronaves mais modernas e eficiência no lugar de aeronaves antigas. Outro ponto são as mudanças necessárias no tráfego aéreo e em operações de aeroportos. Isto já começou a ser feito em 2010.

O segundo aspecto de relevância é o uso de biocombustíveis, mais especificamente, o bioquerosene que é o querosene obtido de biomassas, de origem renovável. O bioquerosene deve ter as mesmas propriedades do combustível fóssil utilizado atualmente. Se isto for feito a partir de 2020, a previsão é de que até o ano de 2050 a redução de emissões de CO<sub>2</sub> seja aproximadamente 50% em relação ao ano de 2005. (AIAB, 2011).

Ainda sobre os biocombustíveis, eles podem ser classificados como *drop-in* e não *drop-in*. Os primeiros – onde se enquadra o bioquerosene – são equivalentes ao combustível tradicional e, por isso, não exigem mudanças nas estruturas e sistemas das aeronaves comuns, bem como dispensa outras mudanças no setor que exigiriam mudanças em toda a infraestrutura como, por exemplo, nas tubulações com ponto inicial nas refinarias. Já os biocombustíveis não *drop-in* exigiriam mudanças

mais rápidas nas aeronaves atuais e infraestrutura geral porque são diferentes do combustível tradicional. (VELÁZQUEZ; KUBOTANI; VELÁZQUEZ, 2011).

Embora no Brasil, o setor seja responsável por uma pequena porcentagem de emissões de gases de efeito estufa, é preciso levar em consideração seu acelerado crescimento, o que indica a importância de pesquisas que possam encontrar soluções para a reduzir os índices de combustíveis e as emissões de carbono. (GARBINS; HENKES, 2018).

Além dos impactos trazidos pelas emissões, estudos apontam para a escassez do petróleo no futuro. Ou seja, a fonte deste recurso para a produção de combustível está ameaçada, pressionando ainda mais a aviação a encontrar soluções viáveis, o que inclui o desenvolvimento de biocombustíveis. (SOARES, 2016).

Portanto, este trabalho se justifica pela importância com a qual o modal de transporte deve estar para o desenvolvimento de soluções que permitam o crescimento do setor aeronáutico de forma sustentável.

## 1.4 METODOLOGIA

### 1.4.1 Natureza e tipo de pesquisa

Esta é uma pesquisa exploratória, cujo procedimento de pesquisa é documental e bibliográfico.

A pesquisa exploratória permite ao pesquisador conhecer determinada questão com maior profundidade. Assim, os dados levantados são analisados e organizados para que o leitor compreenda com mais facilidade o tema abordado. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para o desenvolvimento deste tipo de pesquisa é imprescindível o procedimento bibliográfico para a coleta de dados e para o desenvolvimento do aporte teórico do estudo. A pesquisa bibliográfica é feita através de estudos já publicados por outros autores como livros, artigos científicos, dissertações, etc. Já a pesquisa documental é bastante similar, a diferença é que são utilizados dados disponíveis em jornais, documentos oficiais, entre outros. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

#### 1.4.2 Materiais e Métodos

Foram utilizados artigos, livros, estudos acadêmicos e documentos oficiais.

#### 1.4.3 Procedimentos para coleta de dados

Para encontrar os dados foram feitas pesquisas em base de dados na internet como Scielo, Google Acadêmico, Google Books, etc. Foram selecionados materiais publicados nos últimos 20 anos, dando-se preferência para a inclusão daqueles publicados mais recentemente.

#### 1.4.4 Procedimentos de análise de dados

Os procedimentos de análises dos dados incluíram a leitura do material selecionado, bem como a análise da correlação entre eles, a partir da abordagem qualitativa. A abordagem qualitativa preza por analisar determinado tema buscando sua compreensão, sem se atentar a dados estatísticos. É o meio pelo qual o pesquisador pode reunir e consolidar os dados literários e documentais encontrados para que o leitor seja capaz de entender melhor sobre o que é trazido. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

### 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O estudo está dividido em três capítulos. No capítulo I, o leitor poderá verificar a contextualização do tema, bem como o problema de pesquisa, objetivos norteadores, bem como a justificativa para seu desenvolvimento. No capítulo II, verifica-se o desenvolvimento do estudo de acordo com os objetivos propostos no capítulo I. Por fim, as considerações finais trazem uma síntese sobre os dados literários encontrados ao longo do trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Por muitos séculos o ser humano dependeu apenas dos recursos naturais para a sobrevivência, especialmente aqueles ligados à energia. No entanto, a descoberta de combustíveis fósseis alterou esse padrão, de modo que as sociedades podem viver com todos os comodismos mesmo distantes de grandes reservas naturais e potenciais energéticos. (BRASIL, 2012).

As grandes cidades são um exemplo disso, onde as necessidades humanas são majoritariamente substituídas pela energia elétrica, uma possibilidade criada pelo homem moderno através da descoberta de processo de transformação de um recurso natural em energia.

Nesse sentido, a descoberta e uso industrial do petróleo é o que melhor representa vida moderna, pois a geração de energia em grande escala ocorre a partir do petróleo pela queima de combustíveis em caldeiras, turbinas, motores de combustão interna, etc. (BRASIL, 2012).

Importante frisar que o petróleo é resultado do processo de decomposição de resíduos orgânicos presentes nos fundos dos oceanos e mares sendo uma fonte de energia não renovável. Ou seja, a constante exploração desse recurso pode levar à sua escassez, o que torna seu uso insustentável ao longo prazo. (HENKES, 2014).

Apesar da existência de outras fontes para a geração de energia e combustível, no setor de transportes, o petróleo ainda é a principal fonte utilizada. Apesar disso, a tendência é a redução no uso dessa fonte, sendo dentre as causas para isso, a preocupação ambiental e surgimento de fontes alternativas de energia. (BRASIL, 2012).

Sobre isto, Martins *et. al.* (2015) afirma que o petróleo é um combustível fóssil e não renovável, no processo de emissão de gases em interação com ar acaba por formar compostos potencializadores do efeito estufa prejudicando a camada de ozônio.

Segundo Mendes e Rodrigues Filho (2012, p. 203) “as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) oriundas do uso de combustíveis fósseis compõem a principal fonte das causas antrópicas que contribuem para o aquecimento global.”



Ou seja, é preciso levar em consideração que o petróleo é um recurso esgotável, além de trazer impactos ambientais como a poluição e agravamento do aquecimento global, além disso, existem hoje outras tecnologias sendo desenvolvidas para tornar possível a substituição do petróleo por fontes mais sustentáveis.

De acordo com Nascimento e Alves (2016) as fontes de energias mais sustentáveis são aquelas advindas de recursos naturais renováveis e causam menor impacto ambiental do que as matérias primas como o petróleo. Ainda segundo esses autores, a energia eólica, hidráulica, solar e biomassa estão entre os principais tipos de energias renováveis.

Em relação aos combustíveis fósseis, as alternativas renováveis são muito benéficas, pois é de caráter praticamente inesgotável e desempenham baixos impactos ambientais, assim não afetam tanto o balanço térmico ou a composição atmosférica do planeta. (NASCIMENTO; ALVES, 2016).

No entanto, na aviação civil a situação ainda não é mais ideal, pois utiliza 3% dos combustíveis fósseis em todo o mundo e representa importante potencial na emissão de gases pelo setor de transportes. (SANTINI, 2014).

Apesar de parecer um percentual irrisório, ressalta-se que é um valor muito significativo em relação a todas as outras atividades humanas que dependem de combustíveis fósseis para suprir as demandas por energia como, por exemplo, outros modais de transporte.

Além disso, de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), há muitas décadas o transporte aéreo é e continuará sendo “o principal meio de integração nacional por excelência em países com dimensões continentais e cenários geográficos extremamente variados.” (IPEA, 2010, p. 1).

O IPEA (2010) afirma ainda que no Brasil e no mundo o transporte de cargas tem aumentado em paralelo ao transporte de passageiros e a tendência é que continue a crescer. Este crescimento é fruto e suporte do processo de globalização. No Brasil, a expectativa é de que o transporte de passageiros se torne cada vez mais acessível e assim, mais pessoas viajarão, seja a lazer ou a trabalho. Ou seja, as perspectivas para o modal aéreo são de crescente aumento na demanda e suas atividades.

No Brasil, aproximadamente 2% das emissões advindas pela queima de combustíveis por modais de transporte resulta das operações aéreas. Importa frisar que os aviões são largamente utilizados em todo o mundo, seja para o transporte de

cargas ou pessoas, dentre os meios de locomoção é um dos mais utilizados. Consequentemente seus impactos para a emissão de gases de efeito estufa são intensos. (GORE, 2006).

E relação aos danos ambientais causados pela queima de combustível no setor de aviação civil além da emissão dos gases de efeito estufa, outra consequência impactante tem sido as mudanças climáticas. (SANQUETTA; SILVA, 2014).

Segundo d'Avignon (2014) o tráfego de aviões na área acima da estratosfera interfere para a ocorrência de inversão de temperaturas, ou seja, a alterações climáticas. Isto causa impactos para diversos problemas como:

(...) o aumento da temperatura média do planeta, a elevação do nível dos oceanos, o derretimento das geleiras e das calotas polares, a perda de biodiversidade, o aumento da incidência de doenças transmissíveis por mosquitos e outros vetores (malária, febre amarela e dengue, por exemplo), as mudanças no regime de chuvas, a intensificação de fenômenos extremos (secas, inundações, furacões e tempestades tropicais), a desertificação e a perda de áreas agriculturáveis, e, finalmente, o acirramento dos problemas relacionados ao abastecimento de água doce e ao aumento de fluxos migratórios. (D'AVIGNON, 2014, p. 2).

Nesse sentido, segundo Sanquetta e Silva (2014), para que soluções sustentáveis sejam alcançadas, alguns aspectos têm sido discutidos pelo setor aéreo. Dentre eles estão a tendência no aumento acelerado de uso de combustíveis fósseis pela aviação comercial e que só tende a evoluir pelas próximas décadas; o esgotamento inevitável das reservas de petróleo; mais pesquisas para o desenvolvimento de combustíveis alternativos e; a busca por mitigar os impactos da aviação para as mudanças climáticas e emissões de gases de efeito estufa. Ou seja, a reflexão sobre esses estudos e aspectos têm contribuído para possíveis e necessárias mudanças.

Portanto, vê-se que a queima de combustível fóssil é um problema a ser superado pela aviação, uma vez que seus efeitos são devastadores. Desse modo, será visto na próxima seção sobre as possibilidades de combustíveis alternativos para a aviação civil.

## 2.2 BIOCOMBUSTÍVEIS PARA A AVIAÇÃO CIVIL

No século XX, o combustível mais usado pela aviação civil era a gasolina, isto porque era o possível de acordo com as tecnologias existentes naquele período. Mas a busca por mudanças passou a ocorrer nessa época, quando se tornou comum o uso de aditivos a gasolina para conferir maior confiabilidade aos motores. Porém, mais à frente e com o advento dos motores a jato, esse combustível foi substituído pelo querosene que é largamente utilizado até hoje. (CGEE, 2010).

De fato, o querosene representou um avanço tanto para o setor como para o meio ambiente, pois além de sua queima ser mais limpa do que seus antecessores, apresenta outras características benéficas que garantem melhor desempenho da aeronave e vida mais longa à câmara de combustão, como colocado por Gonçalves, Borges e Fraga (2011, p. 16):

Além de ofertar ao mercado grandes quantidades de um corte menos volátil, com maior densidade de energia por volume, maiores quantidades de hidrogênio presentes nas parafinas e iso-parafinas de cadeias intermediárias, e também, nas cicloparafinas, o querosene contribuía também para a redução de fuligem por meio de uma queima mais limpa e aumento da vida útil da câmara de combustão dos motores, comparando-o à gasolina.

Embora os benefícios no uso do querosene sejam visíveis, esses mesmos autores ressaltam que não se trata de um meio sustentável de obtenção de combustíveis, pois a previsão é de que o recurso se torne totalmente escasso nas próximas décadas.

Isso faz com que seja necessário refletir acerca de novas tecnologias de combustíveis que promovam as características desejáveis para o setor aéreo e sejam sustentáveis, bem como menos nocivas ao meio ambiente. É nesse contexto que se insere o interesse do setor pelos biocombustíveis. Os biocombustíveis, segundo Luz Jr. *et. al.* (2009), são os combustíveis obtidos através da transformação de diferentes matérias orgânicas e renováveis como, resíduos industriais, algas e resíduos animais, entre outros.

A diversidade de matérias-primas e processos químicos possibilita o desenvolvimento de diferentes tipos de biocombustíveis, entre eles, o bioquerosene. No quadro 1, é possível verificar as principais matérias primas utilizadas para a produção do bioquerosene, bem como os processos empregados para sua fabricação.

Quadro 1 - Trajetórias Tecnológicas identificadas na produção de biocombustíveis aéreos tendo como base de produção o Brasil

	Matérias Primas	Pré-tratamento	Processo de Conversão	Processo de conversão específico de biocombustíveis para aviação	
Trajetórias Tecnológicas	1	Óleo de cozinha usado	Filtração e Neutralização	Conversão de Lipídios	HEFA – Ésteres e Ácidos Graxos Hidroprocessados (1)
	2	Sebo	Rendering	Conversão de Lipídios	HEFA – Ésteres e Ácidos Graxos Hidroprocessados (1)
	3	Plantas Oleaginosas	Extração de Óleo	Conversão de Lipídios	HEFA – Ésteres e Ácidos Graxos Hidroprocessados (1)
	4	Resíduo Sólido Urbano	Separação	Conversão Bioquímica	ATJ – Alcool para combustível de aviação (2)
	5	Gases de Combustão CO, CO <sub>2</sub>	—	Conversão Bioquímica	ATJ – Alcool para combustível de aviação (2)
	6	Plantas com Açúcares	Extração	Conversão Bioquímica	ATJ – Alcool para combustível de aviação (2)
	7	Amido	—	Conversão Bioquímica	ATJ – Alcool para combustível de aviação (2)
	8	Lignocelulose	Pré-tratamento	Conversão Bioquímica	ATJ – Alcool para combustível de aviação (2)
	9	Plantas com Açúcares	Extração	Conversão Bioquímica	DSHC – Fermentação direta de Açúcares para Hidrocarbonetos (3)
	10	Lignocelulose	Pré-tratamento	Conversão Termoquímica	FT – Querosene parafínico sintetizado hidroprocessado Fischer-Tropsch (4)
	11	Lignocelulose	Pré-tratamento	Conversão Termoquímica	HDCJ – Celulósico Despolimerizado Hidrotreatado para combustível de aviação (5)
	12	Algas	Extração de Óleo	Conversão de Lipídios	HEFA – Ésteres e Ácidos Graxos Hidroprocessados (1)
	13	Algas	Pré-tratamento	Conversão Termoquímica	FT – Querosene parafínico sintetizado hidroprocessado Fischer-Tropsch (4)

Fonte: Gamarra, Badejo e Gomes (2015, p. 9).

Além da possível extinção do combustível à base de querosene e urgência na redução de emissões de gás carbônico, os custos para a aquisição dos combustíveis utilizados pela aviação têm sido altíssimos. (RAYOL, 2010).

Para se ter uma ideia, 40% de todos os custos das companhias aéreas brasileiras chegam a ser utilizados para a manutenção das operações à base do querosene. A aquisição do querosene sozinho é quase a metade dos recursos financeiros necessários para o funcionamento desse serviço. (VELAZQUEZ; KUBOTANI; VELÁZQUEZ, 2012).

Nesse caso, a expectativa é de que os biocombustíveis sejam uma solução economicamente viável para as empresas, além de contribuírem para sanar ou reduzir os demais problemas apontados anteriormente. (RAYOL, 2010).

A tendência é que o bioquerosene seja utilizado como alternativa viável e sustentável para a substituição do atual combustível. Esse querosene é obtido através de biomassas, advindas de fontes renováveis e capazes de entregar as mesmas características oferecidas pelo querosene e necessárias para o funcionamento das aeronaves. As fontes de biomassas são diversas como massas (misturadas ou isoladas): babaçu, coco, pinhão manso (*jatropha*), algas e camelina. (AIAB, 2011).

Nesse contexto, biocombustíveis *drop in* têm sido a principal aposta da aviação civil para reduzir as emissões de gases. De acordo com Velazquez, Kubotani e Velazquez (2012) eles são quimicamente iguais ao combustível tradicional, a vantagem é que podem ser misturados ao querosene utilizado hoje oferecendo desempenho e segurança equivalente sem que seja necessário a reengenharia e fabricação de novos sistemas ou motores de aeronaves, além de não alterar os aspectos relacionados à distribuição e armazenamento dos combustíveis.

O bioetanol e biodiesel são outros combustíveis alternativos ao uso dos combustíveis fósseis. A produção do bioetanol é feita por de gás de síntese, não sendo necessário o uso de microorganismos para ser convertido em etanol, uma vez que a conversão é feita a partir de reatores químicos. O biodiesel também pode ser obtido através de diversas matérias primas como óleos naturais, gorduras animais, resíduos industriais, etc. Os processos de transesterificação do biodiesel podem ser realizados tanto com catalisadores químicos como enzimáticos. (LUZ JR. *et. al.*, 2009).

Todos esses biocombustíveis seriam satisfatórios para suprir as demandas da aviação civil, se não fossem as barreiras enfrentadas que por algumas razões inviabilizam a produção e utilização desses combustíveis alternativos e que serão conhecidos na próxima seção.

### 2.3 DESAFIOS PARA A UTILIZAÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS PELA AVIAÇÃO CIVIL

A necessidade do setor aéreo por biocombustíveis é uma questão de elevada urgência socioambiental. No entanto, é preciso encontrar soluções que viabilizem a produção e comercialização desses combustíveis em larga escala, especialmente porque o transporte aéreo é um modal em constante crescimento.

De acordo com Garbin e Henkes (2018), o Brasil já dispõe de várias soluções na produção e utilização de combustíveis alternativos. Entre os exemplos, estão o Programa PROÁLCOOL que foi criado na década de 1970, fazendo da cana-de-açúcar para a produção do etanol, e em 2005, a Embraer produziu o avião Ipanema, para uso agrícola, esta aeronave foi preparada e homologada para abastecimento em etanol hidratado.

Mas para a aviação comercial, ainda existem muitas barreiras. Como colocado por Luz Jr. (2009), no caso do bioetanol, sua produção depende essencialmente da disponibilidade de grãos de milho, da cana-de-açúcar e possivelmente da mandioca. No Brasil, o bioetanol está diretamente relacionada ao mercado internacional de açúcar, desse modo o aumento na demanda por açúcar no mundo reduz proporcionalmente a produção de bioetanol no país, e com isso, ocorre uma retração desse mercado. No caso do biodiesel ocorre o mesmo, pois as fontes renováveis utilizadas para sua produção são indissociáveis ao mercado mundial de commodities.

Ademais, Garbin e Henkes (2018), afirmam que esses combustíveis não atendem aos requisitos de desempenho e segurança necessários para a utilização dos motores de aeronaves a jatos. De acordo com Gamarra, Badejo e Oliveira (2015) as características técnicas ainda não alcançadas pelos biocombustíveis são:

alta densidade energética, boa atomização, evaporação rápida, viscosidade adequada, ponto de congelamento baixo, boa estabilidade química, ser não tóxico, além de ser amplamente disponível e capaz de competir com os combustíveis atuais em termos de custos e disponibilidade. (KALLIO, 2014 *apud* GAMARRA, BADEJO e OLIVEIRA, 2015, p. 5).

Nesse contexto, os biocombustíveis *drop-in* são os mais visados devido aos benefícios técnicos e ambientais que promove, porém do ponto de vista econômico ainda é inviável. (VELÁZQUEZ; KUBOTANI; VELÁZQUEZ, 2011).

É inviável porque dentre as barreiras estão as exigências quanto às propriedades necessárias para combustíveis na aviação como o fator energético ser maior ou igual ao do combustível tradicional, o cultivo das matérias primas para a produção de bioquerosene também deve atender a alguns aspectos a serem garantidos desde a lavoura até sua utilização final.

Em primeiro lugar, o cultivo dessas matérias primas não pode concorrer com o setor de alimentos, com isso, fica proibido o cultivo em terras utilizadas para a produção de alimentos. (VELÁZQUEZ; KUBOTANI; VELÁZQUEZ, 2012).

Outro requisito fundamental é que o cultivo não pode ecologicamente prejudicial, ou seja, não deve interferir nos ecossistemas naturais e nem representar uma ameaça à biodiversidade. Por fim, é importante que seu cultivo e produção contribua para o desenvolvimento e valor socioeconômico das comunidades locais. (VELÁZQUEZ; KUBOTANI; VELÁZQUEZ, 2012).

Uma vez que os biocombustíveis *drop-in* como bioquerosene estão entre os mais indicados para o uso futuro na aviação, o levantamento das principais barreiras para esse avanço é fundamental, de modo que seja possível a gestão dos pontos fracos e viabilização da concretização desse projeto.

Quanto aos custos agrícolas estão envolvidos todos os recursos utilizados na produção como os aspectos legais para o uso da terra, depreciação das máquinas, bem como a manutenção, remunerações do produtor e a necessidade do capital a ser investido. (BARROS *et. al.*, 2006).

Todos esses fatores interferem consideravelmente nos custos e preços dos biocombustíveis, impedindo a expansão e estabilização desse mercado. Essas questões inibem iniciativas de investimentos públicos e privados, isto porque apesar dos benefícios, as perspectivas desse mercado ainda são incertas devido às tantas dificuldades, o que torna investimentos nessa área como sendo de alto risco e, portanto, vistos com cautela por possíveis investidores. (GAMARRA; BADEJO; GOMES, 2015).

Ressalta-se que conseqüentemente estes pontos restringem o desenvolvimento de biocombustíveis para a aviação porque não existe uma cadeia de fornecimento consistente, o cultivo de insumos também é uma tarefa complexa. Logo, para tornar possível o uso de biocombustíveis em larga escala sem a contribuição de investidores, as companhias áreas deveriam se responsabilizar por cadeias de fornecimento e cultivo após a própria matéria prima, além de garantir as tecnologias necessárias de produção e logística. Ou seja, acaba se tornando inviável o uso dos biocombustíveis pelo setor. (TELKAMP, 2012).

De acordo com o CGEE (2010) a questão das matérias primas merecem atenção especial porque as mais visadas para os biocombustíveis aeronáuticos como pinhão-manso, camelina, algas, etc. que embora apresentem grande potencial para o setor têm aspectos agronômicos pouco conhecidos, além de limitada base de germoplasma. Para obter informações sobre tais questões é necessário o investimento de muito tempo e dinheiro, sem nenhuma garantia de que seus cultivos apresentem retornos positivos.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste estudo foi apontar as principais possibilidades de biocombustíveis para a Aviação Civil. Para atingir tal objetivo foi feita pesquisa exploratória com procedimento bibliográfico e documental para a coleta de dados. Os dados foram analisados de forma qualitativa, após a leitura dos materiais utilizados que resultaram na fundamentação teórica deste trabalho. O embasamento teórico revistas e artigos científicos, como livros e estudos setoriais acerca do biocombustível como aqueles desenvolvidos por CGEE, AIAB, entre outros.

No primeiro objetivo específico a) descrever os impactos ambientais gerados pelos combustíveis fósseis utilizados pela aviação civil, foi visto que o atual combustível utilizado advém do petróleo que é um recurso não renovável e que está se esgotando. Além disso, a queima do querosene é responsável por emissões de gases que afetam o efeito estufa e causam mudanças climáticas, ou seja, prejudica o equilíbrio de vida necessário à Terra. Como o setor aéreo está em constante expansão, os poluentes emitidos por aeronaves têm sido a causa de preocupação e busca por soluções sustentáveis.

Quanto ao segundo objetivo específico b) identificar possibilidades de biocombustíveis para a aviação civil. Verificou-se que o bioetanol, biodiesel e bioquerosene estão entre as principais alternativas. Destacando-se o bioquerosene como uma das principais alternativas para a promoção da sustentabilidade pela aviação. Dentre suas vantagens está o fato de que suas propriedades e características podem ser equiparadas ao querosene. Diferente do bioetanol e biodiesel que apresentam maiores limitações, ele é capaz de entregar a energia necessária para o funcionamento dos motores, sem que sejam necessárias mudanças nos sistemas e estruturas da aeronave ou em outros contextos como infraestrutura para abastecimento dos aviões. As matérias primas com possibilidade de uso são inúmeras como amido, algas e óleo de cozinha usado.

No terceiro objetivo específico c) buscou-se levantar as principais barreiras existentes para o uso de biocombustíveis pela aviação civil. Assim, foi encontrado que o bioetanol e o biodiesel ainda não atendem às propriedades necessárias para uso em motores a jato. Por outro lado, embora o bioquerosene possa ser uma alternativa viável do ponto de vista técnico, assim como demais barreiras para biocombustíveis, o estudo mostrou que os processos de cultivos e produção envolvem altos custos,



além dos aspectos legais, sociais e econômicos. Como os investimentos públicos ou privados são escassos, a tarefa de cultivar e produzir o biocombustível deveria ficar a encargo das companhias aéreas, o que exige mudanças em infraestrutura e alto investimento financeiro, inviabilizando por ora o uso de biocombustíveis como o bioquerosene em larga escala pela aviação civil.

Assim, respondendo ao problema de pesquisa determinado para esse trabalho, as principais possibilidades de biocombustíveis para a aviação civil são o bioetanol, biodiesel e o bioquerosene. Porém, em todos os casos existem barreiras que impedem a utilização desses combustíveis alternativos como apontado ao longo do estudo.

Dentre as limitações do estudo, percebe-se que a variedade de literatura pode tornar um tema bastante complexo de ser compreendido inteiramente, especialmente para o setor de aviação comercial que utiliza motores a jatos e depende de especificações e propriedades tão rigorosas. Por fim, deve-se ressaltar que o bioquerosene é uma alternativa muito vantajosa para o setor aéreo e redução da emissão de gases que afetam o equilíbrio do planeta, mas ainda é inviável do ponto de vista econômico. Com isso, sugere-se que em próximos estudos seja destacada a importância do governo e de empresas privadas no engajamento para tornar possível o uso comercial de biocombustíveis pelo setor aéreo.

## REFERÊNCIAS

AIAB. Inserção do Brasil nos biocombustíveis aeronáuticos. **Parc. Estrat. Ed. Esp. Brasília - DF**, v. 16, n. 32, p. 59-64, jan-jul, 2011.

BARROS, G. S. C. *et. al.* Custos de produção de biodiesel no Brasil. Ano XV, n. 3, **Revista de Política Agrícola**. Jul./Ago./Set. 2006.

BRASIL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. / Agência Nacional de Energia Elétrica. 2 ed. Brasília: ANEEL, 2012.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Biocombustíveis aeronáuticos: progressos e desafios** – Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

CHAIMOVICH, H. *et. al.* **Plano de voo para biocombustíveis de aviação no Brasil**: Plano de Voo. FAPESP, 2013.

D'AVIGNON, A. **Economia das mudanças climáticas**. In: Simpósio Internacional – Aviação e Mudanças Climáticas, 2009. Disponível em: [https://www.anac.gov.br/acesso-a-informacao/biblioteca/arquivos/relatorio\\_final\\_27jan09.pdf](https://www.anac.gov.br/acesso-a-informacao/biblioteca/arquivos/relatorio_final_27jan09.pdf)

GAMARRA, J. T.; BADEJO, S. M.; GOMES, J. **Novas trajetórias tecnológicas dos biocombustíveis para a Aviação**. ALTEC, 2015.

GARBIN, R. B.; HENKES, J. A. A Sustentabilidade na produção de biocombustíveis de aviação no Brasil. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 67-104, abr./jun. 2018.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GONÇALVES, F. dos R.; BORGES, L. E. P.; FRAGA, A M. Combustível de aviação: perspectivas e futuro. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, 3 trimestre – 2011.

GORE, A. **Uma verdade inconveniente**. Barueri: Manole, 2006.

HENKES, J. A. **Gestão ambiental e desenvolvimento sustentável**: livro didático / Jairo Afonso Henkes ; design instrucional Eliete de Oliveira Costa. – Palhoça: UnisulVirtual, 2014.

LUZ JR, L. F. L. *et. al.* Bioetanol, biodiesel e biocombustíveis: perspectivas para o futuro. **Rev. IPEA: regional, urbano e ambiental**. v. 3, dez, 2009.

MARTINS, S. S. S. *et. al.* Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. **Holos**, ano 31, v. 6. nov. 2015.

NASCIMENTO, R. S.; ALVES, G. M. **Fontes Alternativas e renováveis de energia no Brasil: Métodos e benefícios ambientais.** In: XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba. 2016.

RAYOL, C, A, Aviação Biocombustíveis como alternativa viável. **Agroenergia**. set. 2010, p. 44.

SANTINI, D. **Aviões, poluição aérea e os principais aeroportos do Brasil.** Eco, 2014.

SANQUETTA, C. R.; SILVA, R. W. Emissões de gases de efeito estufa geradas por aeronaves militares T-25 e T-27, na base aérea de Pirassununga - SP. **Holos Environment**, v. 14, n. 2, p. 175 - 184, 2015.

SOARES, D. C. **O futuro do combustível na aviação.** 2016. 38f. Monografia (Bacharel em Ciências Aeronáuticas). Universidade do Sul de Santa Catarina - Palhoça, 2016.

TELKAMP, R. How biofuels could take off. Sustainability Accounting. **Management and Policy Journal**. Germany, v. 3, p. 235-243, 2012.

VELÁZQUEZ, R. S. G.; KUBOTANI, R. T.; VELÁZQUEZ, S. M. S. G. Novos combustíveis para a aviação: um estudo de caso. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 12, n. 1, p. 77-93, 2012.