

**UTILIZAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS NO T-27M: UMA ANÁLISE  
SOBRE CENÁRIO ATUAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO NO BRASIL.<sup>1</sup>**

***THE USE OF ALTERNATIVE FUELS IN THE T-27M: AN ANALYSIS OF THE CURRENT  
SCENARIO OF AVIATION BIOFUELS IN BRAZIL***

**Thiago Felipe Bombardieri Ferreira<sup>2</sup>**  
Marina Pelegrini\*

**RESUMO**

É crescente a visibilidade que o tema sustentabilidade vem tendo nos últimos anos devido aos constantes impactos causados pela emissão de gases poluentes. Além disso, outra discussão que também apresenta uma grande importância no cenário Internacional trata-se principalmente da redução do uso de matérias primas de origem fóssil para produção de combustíveis. Com base nisso, a FAB, como um órgão Público Federal, deve possuir uma atenção especial com seus métodos de utilização de combustível já que, dentro da instituição, a principal fonte de emissão desses gases se trata da queima de combustíveis fósseis por parte das aeronaves. Com isso, buscou-se, através de análises bibliográficas de artigos e livros, combustíveis renováveis que possuem potencial para serem utilizados especificamente na aeronave T-27M, ou seja, que possuem características químicas similares ao Querosene de aviação (QAV) e aos demais combustíveis que se enquadrem dentro das especificações da aeronave. Por fim, após tal análise, é observado que, no Brasil, essa utilização de combustíveis alternativos puros dentro da aviação ainda se encontra distante, haja vista que somente são autorizadas pela ANP, misturas de biocombustíveis junto a combustíveis fósseis, além disso, a maioria das pesquisas nessa área ainda não possuem resultados concretos que possam ser explorados de maneira comercial tanto na aviação civil quanto na aviação militar.

**Palavras-chave:** Combustível de aviação; Bioquerosene; EMB-312; Força Aérea Brasileira;

---

<sup>1</sup> Artigo apresentado para a Avaliação final do Trabalho de Conclusão de Curso, como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV) da Academia da Força Aérea em Pirassununga/SP

<sup>2</sup> Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Árion, 2024).

\* Professora. Doutora em Química. Academia da Força Aérea.  
E-mail: marinapelegrini101@gmail.com

## ABSTRACT

The visibility of the sustainability theme has been increasing in recent years due to the constant impacts caused by the emission of polluting gases. Additionally, another discussion of great importance on the international stage concerns primarily the reduction in the use of fossil-origin raw materials for fuel production. Based on this, the Brazilian Air Force (FAB), as a Federal Public Agency, must pay special attention to its fuel usage methods since, within the institution, the primary source of these emissions comes from the burning of fossil fuels by aircraft. Therefore, through bibliographical analyses of articles and books, renewable fuels were sought that have the potential to be used specifically in the T-27M aircraft—fuels that possess chemical characteristics similar to Aviation Jet Fuel (AJF) and other fuels that meet the aircraft's specifications. Finally, after such analysis, it is observed that in Brazil, the use of pure alternative fuels in aviation remains distant, considering that only blends of biofuels with fossil fuels are authorized by the National Petroleum Agency (ANP). Furthermore, most research in this area still lacks concrete results that can be commercially exploited in both civilian and military aviation.

**Keywords:** Aviation Fuel; Biokerosene; EMB-312; Brazilian Air Force.

## INTRODUÇÃO

Hoje em dia está se tornando bastante comum os assuntos relacionados à sustentabilidade e desenvolvimento com energia “limpa”, visto que é verídico que os combustíveis fósseis contribuem imensamente para a emissão de gases poluentes e conseqüentemente para problemas ambientais graves (De Oliveira e Junger, 2020). Com isso, vêm se tornando cada vez mais importante tratar de temas que possam contribuir com o desenvolvimento sustentável da humanidade, buscando alternativas viáveis ao uso desses combustíveis.

Ora, cada vez mais a população se mostra interessada em assuntos relacionados à sustentabilidade e com isso esperam ações contínuas das partes do Estado para que certas metas de emissão de gases poluentes sejam cumpridas. Devido ao fato da Força Aérea Brasileira se tratar de um órgão do Ministério da Defesa, é importante que a própria procure alcançar o máximo cumprimento dessas metas, bem como empenhar-se no contínuo desenvolvimento para a redução da emissão de gases do efeito estufa por parte da sua frota.

Baseado nisso, várias vertentes de estudo surgiram, sendo uma delas específica para a aviação, na qual algumas pesquisas têm sido realizadas, principalmente com matérias primas de origem vegetal como o Pinhão Manso, para buscar soluções na tentativa de reduzir as emissões de gases

poluentes pelos motores das aeronaves, e isso a um custo razoável, de modo que seja algo viável para se implementar de maneira comercial, sendo um exemplo disso a utilização de SAF (*Sustainable Aviation Fuels*), que são produzidos a partir de fontes renováveis e são regulados no Brasil pela Resolução ANP nº 778/2019.

Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo apresentar um levantamento dos biocombustíveis de aviação disponíveis ou em estudo, bem como se estes combustíveis alternativos como o Bioquerosene de aviação, pode ser uma alternativa a ser utilizada na aeronave EMB-312 Tucano, fabricada pela Empresa Brasileira de Aeronáutica S/A (EMBRAER), e que atualmente é utilizado para ministrar o curso de instrução básica para os Cadetes do 4º ano da Academia da Força Aérea, com o nome de T-27M.

A escolha dessa aeronave como base desta pesquisa ocorre por se tratar de uma das aeronaves que possui o maior esforço aéreo dentro da Força Aérea, sendo que, anualmente, tal modelo de aeronave realiza cerca de 14 mil horas de voo, divididas em instrução aérea para cadetes, formação de instrutores e missões administrativas.

Desse modo, foi feita uma revisão bibliográfica em artigos e livros para compreender se os diversos tipos de biocombustíveis possuem características semelhantes aos já utilizados JET A, JET A-1, JET B, JP-4, JP-5, tipos esses que são compatíveis com o motor PT6A-25C, da fabricante Pratt & Whitney Canada, e que está atualmente instalado na aeronave T-27M. Tais informações de compatibilidade dos combustíveis foram retiradas da Ordem Técnica da aeronave EMB-312 Tucano, feito pela Embraer e atualizado anualmente pelo Parque de Material Aeronáutico de Lagoa Santa.

Outrossim, a pesquisa buscou junto às informações oficiais da Agência Nacional de Petróleo, as devidas compatibilidades técnicas dos biocombustíveis estudados com aqueles já homologados para utilização no motor PT6A-25C.

O levantamento dos dados de compatibilidade dos biocombustíveis de aviação com a aeronave T-27M, e do desenvolvimento atual destes biocombustíveis no Brasil se mostra relevante tanto para a Força Aérea Brasileira quanto para os demais operadores dessas aeronaves no mundo, em países como Honduras, Argentina, Colômbia e entre outros, visto que a pauta ambiental de energias alternativas é discutida em Congressos por todo o globo. Ademais, a Air Transport Action Group, uma coalizão formada por especialistas que discutem a questão ambiental na aviação, afirmam que as aeronaves são uma grande fonte de queima de combustíveis fósseis ao mesmo passo que não existe um número expressivo de estudos os quais abordam temas que contribuam para o desenvolvimento de alternativas viáveis para implementação de fontes consideradas “limpas” para as

aeronaves no geral. Logo, esse trabalho tem como objetivos específicos mostrar se é possível haver mudanças na utilização de combustíveis aeronáuticos, em especial no T-27M da FAB; como humanidade se encontra no que tange às pesquisas e testes de combustíveis renováveis e eficientes que possam mitigar a enorme dependência que se possui em relação ao Petróleo, demonstrar o potencial natural brasileiro para a produção de bioquerosene e por fim, tenta-se responder a seguinte pergunta: “Qual é o cenário atual de desenvolvimento para uma futura utilização de combustíveis alternativos ou em desenvolvimento na Aeronave T-27M Tucano?”

## 1.1 Referencial teórico

A poluição, em geral relacionada com a queima de combustíveis fósseis, trata-se de um dos principais problemas modernos, Rodrigues, Miranda e Costa (2013) apresentaram um estudo intitulado “Avaliação do impacto da poluição atmosférica sob a visão da saúde no Estado de São Paulo” do Instituto de Saúde e Sustentabilidade junto de professores da Universidade de São Paulo, a pesquisa revela que o número de mortes relacionadas à Poluição, ou seja, por problemas respiratórios devido às partículas de gases tóxicos presentes no ar, chega a ultrapassar o número de mortes por acidentes automobilísticos, já totalizando cerca de 15 mil mortes ao ano somente no Estado de São Paulo, sendo visível a notória importância das discussões desse tema para a atualidade.

Visando mitigar os problemas relacionados à poluição, foi criada a Lei nº 12.187, de 29 de Dezembro de 2009, (Brasil, 2009) que institui o Política Nacional sobre a Mudança no Clima (PNMC), que afirma que o Estado Brasileiro se compromete a cumprir os diversos Acordos Internacionais relativos ao crescimento sustentável, focalizando sobre as ações e incentivos que o Governo promete disponibilizar para que haja a pesquisa e o desenvolvimento de métodos alternativos de obtenção de energia, além da constante fiscalização de níveis de emissão de gases poluentes por parte de indústrias por exemplo.

Com isso, a União Brasileira de Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio), que se trata de uma organização sem fins lucrativos e que representa as mais diversas produtoras desses tipos de combustíveis, tem como objetivo justamente buscar o incentivo mútuo da cadeia produtiva do Biodiesel e Bioquerosene do setor privado, de modo a instigar o uso desses combustíveis em detrimento dos derivados do petróleo.

A Air Transport Action Group (ATAG) é uma associação internacional sem fins lucrativos que trabalha em meios comerciais e tem como membros Companhias Aéreas, Aeroportos,

Controladores de Tráfego Aéreo, Fabricantes de motores e peças, sendo uma delas a Pratt & Whitney (Fabricante do PT6A-25C) e que tem como objetivo principal buscar alternativas viáveis para utilização de combustíveis aeronáuticos eficientes e que tenham menores índices de poluição atmosférica do que o querosene de aviação convencional.

Para Yoshigawa, Santos, Moura e Bertoleto (2020), a utilização de bioquerosene é uma das alternativas mais atrativas para o Brasil no que tange à eficiência em relação aos derivados do Petróleo, visto que o país possui uma matriz energética de biomassa favorável à produção de bioquerosene de aviação. Defendem ainda que no futuro tende-se a aumentar a utilização desse tipo de combustível, porém o seu aprimoramento depende de investimentos tanto públicos como privados, bem como interesse político a favor de haver mais sustentabilidade no âmbito aéreo. Além disso, Stahlhoefer e Monteiro (2021) afirmam que é imprescindível a pesquisa e o desenvolvimento de novos combustíveis de aviação, visto que, além da alta poluição, os combustíveis fósseis possuem matérias-primas finitas, que podem causar crises no futuro. Para isso, são apresentados como alternativas o bioquerosene e outros biocombustíveis, bem como baterias elétricas e hidrogênio e, embora existam essas alternativas para o Querosene comum, Costa e Henkes (2021) demonstraram, através de uma pesquisa exploratória e qualitativa, como que mesmo havendo uma quantidade razoável de pesquisas na aviação relacionados à métodos alternativos ao Combustível fóssil, o progresso, a regularização e principalmente a implantação de novos recursos são lentos, se tornando de certa forma ainda pouco atrativos para a comunidade no geral.

Visto que a aeronave envolvida nessa pesquisa se trata do EMB-312, é observada uma pesquisa tendo como base a Aeronave EMB-202 (Ipanema), em que são vistas comparações em relação a utilização de combustíveis fósseis convencionais com alguns de origem vegetal, tais como os derivados do Pinhão Manso, Babaçu, Camélia e algas (Ferreira, 2018).

Trazendo como foco as fontes do bioquerosene, Pereira e Oliveira (2019) focam na possibilidade de se utilizar o bioquerosene de Pinhão manso, visto que tal fruto não serve de alimento e seu produto apresenta características semelhantes ao do querosene convencional, concluindo que esse tipo de combustível se torna um forte concorrente no que tange ao desenvolvimento de combustíveis variáveis, sendo cada vez mais pesquisado e incentivado a sua pesquisa.

Além de utilizar o Pinhão Manso como matéria-prima, Azevedo (2021) apresenta como alternativa ao querosene convencional o combustível vindo da planta Macaúba, que também possui características similares, embora possua um potencial menor no que tange à possível potência produzida pelo motor bem como na necessidade de grandes áreas de plantio e seu custo seja

relativamente mais alto. Porém, tal flora é originária do Brasil, o que é algo positivo para o fortalecimento da indústria nacional.

Trazendo para o âmbito comercial, Zampar (2019) mostra as vantagens gerais dos biocombustíveis em relação ao querosene derivado do petróleo. Segundo ela, as duas principais vantagens provêm da redução de emissão de poluentes por parte deste combustível, bem como a redução da dependência energética em relação à matéria prima não renovável. Porém, como desvantagem, a autora aborda os assuntos relativos aos custos de produção do mesmo, que são cerca de 20% mais elevados que os métodos convencionais já estabelecidos. A autora também aborda a possível demanda desse produto tanto no mercado interno quanto no exterior, que se mostra bastante sensível aos gastos e despesas sobre os combustíveis. Ademais, também aborda de maneira quantitativa como que é o desempenho real do bioquerosene em relação ao querosene de aviação (QAV), que, de acordo com a autora, apresenta rendimento igual ou próximo ao querosene de origem fóssil.

Com foco na atividade militar, Gonçalves, Borges e Fraga (2011) relatam a história do desenvolvimento do querosene de aviação, dando ênfase nas pesquisas militares realizadas na área. Além disso, apresentam duas possíveis soluções para o Querosene tradicional. Uma que em parte o querosene é misturado com outros aditivos químicos e outra que mostra a viabilidade de produção de bioquerosne com base nos coprodutos do biodiesel. Além disso, apresentam diretrizes do Governo Federal de modo a incentivar que esses combustíveis sejam ainda mais estudados tanto nas esferas civis quanto militares.

Como o cenário atual do mundo se mostra bastante diferente daquele conhecido antes da crise sanitária mundial, Mendes e Almeida (2020) apresentam o contexto de pós-pandemia no quesito de implementações de combustíveis alternativos na aviação civil, um dos setores mais afetados pela Pandemia do novo Coronavírus, visto que o número de voos de passageiros reduziu drasticamente. Embora essa queda tenha trazido consequências desastrosas no âmbito econômico, dentro da esfera do meio ambiente houve uma certa redução de emissão de poluentes por parte das aeronaves, visto que sua utilização foi diminuída. Com isso, foi reativada a discussão sobre tal tema bem como projeções de aumento da implantação desses métodos alternativos de energia gerando uma consciência de necessidade de trazer esse progresso para dentro da aviação militar.

Por fim, devido ao fato da Força Aérea Brasileira se tratar de um órgão público, é de suma importância que sejam satisfeitas as requisições da população em geral. Com isso, Santos e Pegorin (2015) trazem uma abordagem em relação aos aspectos humanos sobre a utilização de

biocombustíveis renováveis. Utilizando como base uma pesquisa de perguntas e respostas, os pesquisadores concluíram que a utilização de biocombustíveis impacta positivamente no ponto de vista da sociedade, mostrando que as pessoas no geral se importam em como a instituição lida com assuntos relacionados com a sustentabilidade.

## **1.2 Metodologia**

O trabalho como um todo se ampara fundamentalmente em pesquisa bibliográfica, deste modo, foi realizada uma revisão bibliográfica com base em uma análise de livros, artigos científicos, manuais técnicos e legislações vigentes relacionados a biocombustíveis em desenvolvimento ou já utilizados. Essa revisão foi feita baseada em análise qualitativa, de modo a se possuir uma base ampla de opções de combustíveis alternativos, bem como algumas alternativas de fontes para produção de bioquerosene, trazendo posteriormente uma análise de compatibilidade com o T-27M, verificando, para isso, tanto a própria Ordem Técnica da Aeronave, que prevê os combustíveis já homologados para uso, quanto o rendimento desses combustíveis em aeronaves semelhantes já testadas.

Além disso, foram feitas análises das regulamentações desses combustíveis por parte da Agência Nacional do Petróleo, se as legislações vigentes apresentam restrições quanto ao seu uso. Ademais, foi discutida a viabilidade ecológica dessas alternativas, ou seja, se de fato sua utilização poderá trazer efeitos positivos no que tange à sustentabilidade, apresentando dados quantitativos que relacionam os índices de poluição e rendimento dos combustíveis alternativos com aqueles de origem fóssil. Por fim, foi discutida brevemente a viabilidade, tanto na questão de produção e compra, de se utilizar alguns desses combustíveis dentro da Academia da Força Aérea, em especial para o uso no T-27M.

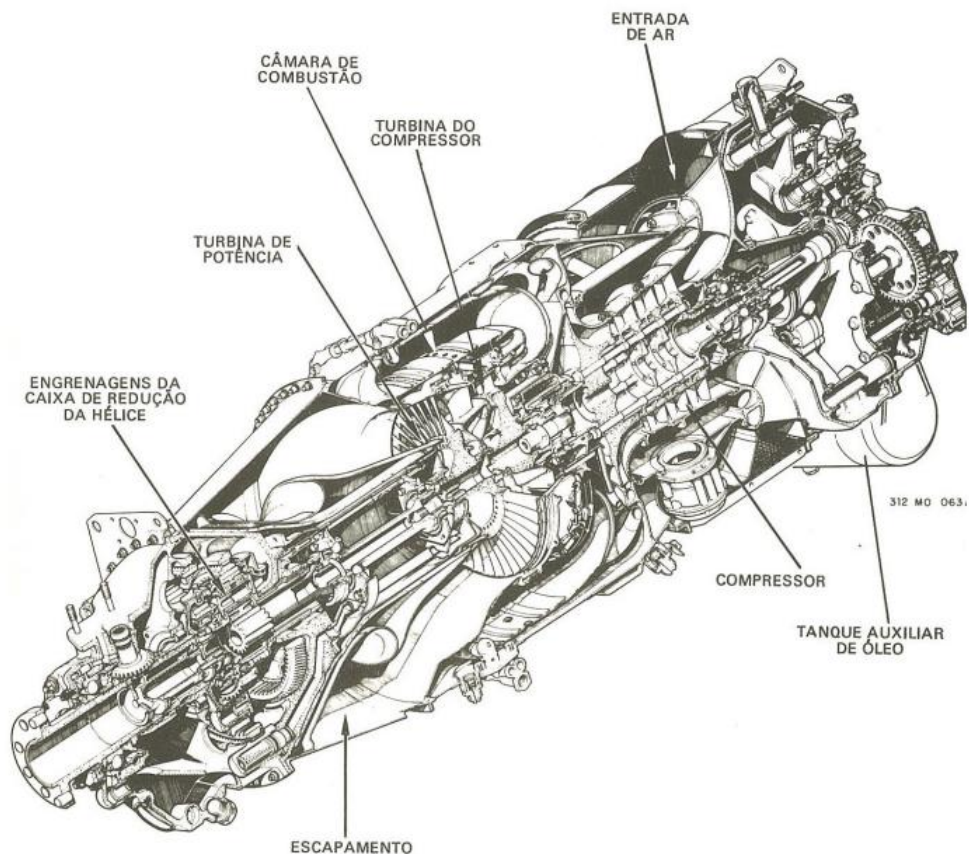
### **1.2.1 Desenvolvimento**

O Brasil se mostra um país de importância significativa no que tange a produção e exploração de petróleo e, com isso, é necessário entender que o Petróleo é capaz de produzir diversos compostos diferentes, utilizados para as mais diversas finalidades.

Para se compreender esse estudo, é necessário entender qual é a aeronave que está sendo pesquisada. A Ordem Técnica da Aeronave EMB-312 Tucano (PAMA-LS, 2021) é um documento criado pela própria empresa produtora do respectivo avião (nesse caso a Embraer) e que tem o

objetivo de apresentar parâmetros técnicos gerais para a operação segura da máquina, apresentando restrições e limites que não devem ser ultrapassados. Como foco do trabalho, será observado especificamente o item “Combustível”, que apresenta as características do sistema de combustível do T-27 bem como o item “Grupo motopropulsor”, que apresenta as características do motor PT6A-25C e como é feita a sua operação.

Partindo disso, é necessário observar que, conforme a Ordem Técnica 01 do PAMA-LS, o T-27M é equipado com um motor Turboélice (ou turboprop) PT6A-25C que é de fluxo reverso, tipo turbina livre, com duas turbinas de um estágio independentes: uma aciona um compressor de 4 estágios (3 estágios axiais e um centrífugo) e outra, girando em sentido oposto à primeira, aciona a hélice de passo variável, através de uma caixa de redução. O ar externo é admitido pela entrada da capota inferior e chega ao interior do motor por meio de uma câmara anular protegida por uma tela metálica. O fluxo de ar é, então, encaminhado para o compressor axial de três estágios e para o compressor centrífugo e, daí, para uma câmara de combustão anular. O combustível é pulverizado na câmara de combustão, através de 14 bicos injetores, distribuídos ao redor da carcaça do gerador de gases. Uma unidade de ignição, com duas velas do tipo centelha, é usada para iniciar a combustão. Uma unidade hidropneumática de controle de combustível regula o fluxo de combustível para manter a potência necessária, conforme a ajustagem da manete. Os gases da combustão expandem-se e são descarregados através da turbina do compressor e da turbina de potência. Após a passagem pelas turbinas, os gases são expelidos através de dois tubos de escape, situados nas laterais do motor (O.T. 01-PAMA-LS, 2019). Para ilustração, pode-se observar a figura 1.



**Figura 1** Estrutura do motor PT6A-25C

Fonte: O.T. - 01 (2019, p. 22).

A Ordem Técnica da aeronave prevê as seguintes designações de combustível para utilização: QAV-1, JET A, JET A-1, JET B, JP-4, JP-5 e AVGAS (sendo esse último restrito a utilização em emergência em um período máximo de 150 horas). Observando essas possibilidades de combustíveis, é observado que todos se tratam da especificidade de “Querosene de aviação”, (com exceção do AVGAS, que não será contemplado nesse trabalho por sua utilização ser restrita a emergências) pois todos se encaixam na seguinte definição da legislação vigente:

O combustível querosene de aviação é um derivado de petróleo obtido por destilação direta com faixa de temperatura de 150 °C a 300 °C, com predominância de hidrocarbonetos parafínicos de 9 a 15 átomos de carbono, utilizado em turbinas aeronáuticas. Para que esse derivado de petróleo apresente características adequadas à geração de energia para motores de turbina a gás, diversos critérios físico-químicos são requeridos durante a sua produção, que incluem desde fluidez (escoamento), estabilidade (estocagem) até a adequada combustão para esses motores. (Petrobrás, 2021)

Além disso, conforme a figura 2, é possível observar que tal manual também prevê os fornecedores de cada combustível, não sendo possível, de acordo com esse manual, obter combustíveis que não sejam dos fornecedores já especificados. Outrossim, a Academia da Força Aérea faz uso exclusivo do QAV-1, fornecido pela Petrobrás através da sua subsidiária privada “BR Aviation”, que, conforme informações de seu administrador, fornece os seguintes combustíveis: QAV-1, QAV-PLUS (Querosene aditivado) e AVGAS 100LL (fornecido através de revendedores vinculados à “BR Aviation”). (VIBRA Energia, 2024)

COMBUSTÍVEL			
DESIGNAÇÃO	ESPECIFICAÇÃO	PROD. COMERCIAL	FORNECEDOR
QAV-1	CNP-03		PETROBRAS
JET A-1	-DERD 2494 ( AVTUR ) -ASTM DI 1655 ( JET A1 ) -PWA 522 -NATO F-35 -NATO F-34 -AIR 3405 C	AV JET A-1 TURBO FUEL A-1 JET A-1	TEXACO ESSO SHELL
JET A	-ASTM D 1655 ( JET A ) -PWA 522 -AIR 3406 C	TURBO FUEL A	ESSO
JET B	-ASTM D 1655 ( JET B ) -DERD 2486 ( AV TAG ) -AIR 3407 B -PWA 522 -NATO F-45	JET B TURBO FUEL B	SHELL ESSO
JP-4	-DERD 2454 ( AVTAG/FSII ) -MIL 5624 G ( GRADE JP4 ) -NATO F-40 -PWA 522 -AIR 3407 B	AV JET JP-4 TURBO FUEL 5 SHELL JP-4	TEXACO ESSO SHELL
JP-5	-DERD 2498 ( AVCAT 48 ) -MIL 5624 G ( GRADE JP5 ) -AIR 3404 -NATO F-44	AV JET JP-5 SHELL JP-5	TEXACO SHELL
* AVGAS	-MIL 5572 -DERD 2485 -NATO F-12 -NATO F-18 -NATO F-22	GASOLINA DE AVIAÇÃO	PETROBRAS SHELL ESSO TEXACO

**NOTA**

\* USO EM EMERGÊNCIA ATÉ  
O LIMITE DE 150 HORAS.

**Figura 2** Combustíveis homologados para utilização no T-27M

Fonte: O.T.-01 (2019, p. 165).

Partindo dessa base, observa-se que todos os combustíveis já autorizados para utilização no T-27M, são unicamente provenientes de fontes fósseis, sendo nesse caso, o petróleo. O objetivo deste trabalho é analisar se as propriedades dos combustíveis alternativos já existentes e aprovados pela ANP, bem como aqueles que ainda estão em desenvolvimento, porém com alto potencial de utilização em larga escala no futuro, são compatíveis com os critérios de uso da aeronave T-27M.

Primeiramente, no Brasil, todas as regulamentações de combustíveis para utilização em motores a combustão, de qualquer origem, são feitas diretamente pelo Governo Federal através da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e, especificamente para o tratamento neste trabalho, foi utilizada como base a Resolução ANP Nº 856 de 22/10/2021, que apresenta as especificidades do JET A e do JET A-1 bem como as possíveis misturas de combustíveis alternativos para a criação de JET C (que é uma mistura de JET A ou JET A-1 com algum biocombustível autorizado em determinada escala). Ressalta-se que a única diferença entre o JET A e o JET A-1 é o ponto de congelamento.

Nessa mesma Resolução, são apresentados querosenes alternativos, que são apresentados como querosene parafínico sintético (SPK em inglês) que são obtidos pelos processos de: hidrotreamento de óleos vegetais, fermentação de açúcares, Fisher-Tropsch de carvão ou biomassa, e oligomerização de álcoois. Todos esses processos quando utilizam matéria-prima puramente renovável, os querosenes obtidos são denominados bioquerosene de aviação (ANP, 2019).

Atualmente, a American Society for Testing and Materials - ASTM adota critérios rigorosos para a aceitação de misturas de biocombustíveis com o querosene de aviação (QAV) de origem fóssil. Estes critérios procuram garantir a qualidade do combustível antes e depois da mistura com o QAV, para que não haja necessidade de nenhuma alteração nos equipamentos e sejam atendidos os mesmos parâmetros de segurança na utilização em aeronaves comerciais de grande porte (ANP, 2019). Quando necessário, as normas de controle incluem parâmetros diferentes dos comumente analisados no QAV derivado de petróleo. São considerados na resolução da ANP os seguintes bioquerosenes:

- Querosene parafínico hidrotreamado e sintetizado por Fischer-Tropsch (SPK-FT) – De acordo com Macedo (2023), no processo de Fischer-Tropsch o gás natural é convertido em hidrocarbonetos e água com a utilização de catalisadores. O processo ocorre em três etapas: geração do gás de síntese, síntese de Fischer-Tropsch e hidrotreamento. Os catalisadores clássicos para a hidrogenação de CO são feitos de metais como Fe, Co, Ni, Ru ou Rh

suportados em vários óxidos. Entretanto, outros metais como cobre, por exemplo, e outros suportes também são utilizados. Os catalisadores mais utilizados na indústria atualmente são os de ferro e de cobalto. O processo de Fischer-Tropsch gera produtos como o diesel, nafta, óleos lubrificantes, querosene e outros, combustíveis estes que são considerados ultra limpos, devido à redução de enxofre (Santana, 2006). Esse combustível pode ser misturado em até 50% do volume juntamente com JET A ou JET A-1 (ANP, 2019).

- Querosene parafínico sintético de ésteres e ácidos graxos hidroprocessados (HEFA - hydroprocessed esters and fatty acids) - O querosene parafínico sintetizado a partir de ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (SPK-HEFA) é também conhecido como combustível de aviação renovável hidroprocessado (HJR). O processo de obtenção do SPK - HEFA é através da hidrodessoxigenação de óleos vegetais, gordura animal, resíduos graxos, óleo de alga e bio-óleo, tendo como principais coprodutos água e propano (Hari; Yaakob; Binitha, 2015). Esse combustível também pode ser misturado em até 50% do volume.
- Querosene parafínico sintético por álcool (SPK-ATJ) - É obtido através do processo de oligomerização do álcool. É processo de conversão de um álcool (metanol, etanol, butanol e álcoois de cadeia longa) a querosene de aviação através da modificação da molécula por via biológica ou química (Gonçalves; Borgesa e Fraga 2019). Também é autorizado pela ANP o uso em até 50% do volume total.
- Isoparafina Sintetizada (SIP) - É obtido através de fermentação de açúcares e substitui o querosene e pode ser utilizado até mesmo de maneira pura (Gonçalves, 2019), porém, de acordo com a ANP, seu uso é restrito a uma mistura máxima de 10% do volume total (ANP, 2021).

Partindo desses combustíveis autorizados e, baseado nas leituras tanto das resoluções que regulamentam a utilização desses combustíveis, bem como na Ordem técnica da aeronave, que relaciona as fontes possíveis de utilização no T-27M, é visível que a utilização de JET C, que é a combinação de JET A ou JET A-1 com algum combustível alternativo seguindo os parâmetros estabelecidos pela ANP, é teoricamente possível para a aeronave citada, haja visto que uma das principais premissas consideradas pela ANP é a de que os combustíveis alternativos, sejam eles puros ou em mistura com algum proveniente de petróleo, devem atender de maneira satisfatória, sem que haja prejuízo aos motores ou qualquer peça da aeronave, assegurando uma operação segura sem que seja necessário a realização de qualquer alteração de algum componente da aeronave. (ANP, 2019).

Porém, outra observação que deve ser feita é que, de acordo com a legislação vigente, somente Distribuidoras e Refinarias podem criar esse tipo de inovações, seguindo criteriosamente as normas solicitadas pelo órgão regulador, devendo sempre prestar contas e apresentar documentos que assegurem a correta produção de qualquer combustível (ANP, 2019). Desta forma, a utilização de qualquer mistura de combustíveis com biocombustíveis não pode ser realizada diretamente nos pontos de abastecimento, ou seja, pela AFA, BR Aviation ou seus operadores.

Visto que o tema citado ainda se trata de uma preocupação relativamente recente, é observado que, a utilização de combustíveis aeronáuticos alternativos puros, sejam eles provenientes de qualquer fonte, ainda não é regulamentada e autorizada no Brasil, visto que a grande maioria ainda se encontra em desenvolvimento, fase de testes ou até mesmo exigem que haja mudanças nos motores aeronáuticos utilizados. Com isso, a seguir são apresentados alguns combustíveis que podem vir a ser utilizados no futuro da aviação brasileira, porém que ainda não possuem a homologação exigida.

Uma das alternativas mais comuns trata-se da utilização de bioquerosene, que, por definição baseada na Lei nº 12.490 de 16 de setembro de 2011, Art. 6º, XXXI, é uma “substância derivada de biomassa renovável que pode ser usada em turborreatores e turbopropulsores aeronáuticos ou, conforme regulamento, em outro tipo de aplicação que possa substituir parcial ou totalmente o combustível de origem fóssil”. Com isso, um dos estudos mais viáveis apresentados para sua produção dentro do território nacional, trata-se do óleo derivado do Pinhão Manso, que possui alto teor de ácidos graxos que se assemelha ao querosene comercial em sua cadeia carbônica (entre 8 e 16 átomos de carbono) (Rannuci, 2015), visto que a sua produção já existe em território nacional, principalmente para o controle de pulgões em outras culturas (EMBRAPA, 2020), além disso, sua produção é relativamente simples, necessitando de pouca água, capacidade de produção durante o ano inteiro bem como a baixa necessidade de fertilidade de solo para ao seu crescimento (Teixeira, 2005).

Embora não tenha legislação específica para sua utilização, a TAM Linhas Aéreas (Atual LATAM) realizou, em 2010, um voo de teste utilizando um Airbus A320 (aeronave equipada com 2 motores do tipo turbofan) no aeroporto do Galeão, no Rio de Janeiro. A aeronave foi abastecida com uma mistura de querosene de aviação com bioquerosene de Pinhão-Manso (em proporção de 50% de cada combustível), reduzindo a produção de carbono de 65% a 80% em relação à utilização de QAV puro (TAM, 2010). Além disso, embora possua diferenças químicas em relação ao QAV convencional, essas podem ser consideradas insignificantes, porém os altos pontos de fulgor obtidos indicam que é necessário fornecer mais energia para que a combustão se inicie (Kibuge; Kariuki;

Njue, 2015). Ou seja, é necessário que se tenha uma certa alteração nos motores aeronáuticos para que esse óleo possa produzir a potência necessária para o voo no T-27M, considerando que a aeronave é consideravelmente diferente e com menos potência daquela utilizada pela TAM no ano de 2010.

Outro fator impeditivo para sua utilização é o custo de sua produção, que pode dobrar o preço final desse combustível em relação ao querosene convencional, embora existam estimativas para que com a maior oferta bem como sua maior utilização possam causar a queda dos preços, o tornando mais viável em larga escala (Abrantes; Brito e Oliveira, 2019).

Por fim, para se utilizar tal combustível puro no T-27M, conforme retratado anteriormente, é necessário que houvesse alguma mudança em seu motor, embora sua mistura ao QAV tenha se mostrado eficiente e sem necessidade de alteração na aeronave. Além disso, sua utilização tornaria a operação bem mais cara e, como o combustível é obtido através de licitação, possivelmente a sua compra não seria possível em um horizonte próximo de tempo, visto que o foco da máquina pública do país é reduzir seus custos operacionais, ou seja, as licitações são ditadas através do menor custo para o Estado.

Outra possibilidade de biocombustível para utilização futura trata-se do bioquerosene obtido através de óleo de fritura residual. Ainda que, suas pesquisas estejam mais avançadas no ramo do Biodiesel, tal matéria prima, através dos coprodutos da sua produção focada em Biodiesel, também apresenta um potencial para o bioquerosene, obedecendo às especificações da ANP. Sua produção ocorre através de reações de esterificação metílica e etílica, via catálise homogênea básica (Marçal, Leal, Pontes, 2022). Ressalta-se que esse tipo de produção ainda é bastante teórico, não tendo sido testado efetivamente em aeronaves reais, porém, com base em dados teóricos, suas características físico-químicas são semelhantes àquelas do QAV-1. Ademais, a região de São Paulo, principalmente sua capital, se mostra um grande mercado fornecedor dessa matéria prima, visto que os números de óleos de frituras residuais na região são enormes, estimando a produção até 438 milhões de litros de combustível por ano se todo os resíduos de óleo da região fossem transformados em combustível (Araújo; Cugula; Farias, 2021). Tal proximidade com um mercado de matéria primas, bem como a potencial produção de combustível, podem ser um fator positivo para a sua utilização futura no T-27M, visto que a aeronave se encontra na Academia da Força Aérea a cerca de 200 km de distância da capital do Estado, porém, até o momento, não existem testes ou resultados significativos para a sua produção para bioquerosene tão pouco como tal combustível se comporta em motores turboélices.

Trazendo como base o biodiesel, também existem bioquerosenes que podem ser produzidos através dos coprodutos do biodiesel, que são as matérias-primas lignocelulósicas (cascas, palhas) ou

glicerina. No primeiro caso, essa matéria prima passa por processos de conversão e seu produto final sempre será o BioQAV, utilizando as rotas SPK-ATJ, SIP, SPK-FT e SPK/A-FT. Já no caso da glicerina, essa passa por um processo de gaseificação e pirólise, que também resultará em BioQAV através da rota SPK-FT (Drummond; Loureiro; Peres, 2021). Embora essa fonte seja promissora, ainda não é possível dimensionar um momento preciso em que poderia ser utilizado no T-27M, visto que as rotas utilizadas formam compostos já autorizados para mistura com o QAV-1, porém suas pesquisas e testes ainda não possuem resultados completos que engajem testes em aeronaves, além de que, tais combustíveis não são homologados para utilização na aeronave pesquisada, conforme dito anteriormente.

Outra fonte possível de utilização para produção de bioquerosene provém do Óleo de Macaúba, uma planta que produz o coco-baboso e que possui características similares ao pinhão-manso no que tange às características biológicas e produção de combustível alternativo. Além disso, trata-se de uma palmeira de cerca de 15m de altura que pode ser encontrada em quase todo o território nacional, sendo de fácil crescimento e capaz de produzir óleo em uma escala de 5 ton/ha (EMBRAPA, 2021). O método para obtenção de óleo dessa planta é idêntico ao do Pinhão Manso, sendo também mais focado na produção de biodiesel e com seus residuais sendo transformados em querosene de aviação (Azevedo, 2021). Não existem, ainda, testes eficazes que tragam a sua capacidade para o bioquerosene, somente estudos que indicam que é possível sim sua utilização, ainda que de maneira conjunta ao querosene convencional advindo do petróleo. Com isso, sua utilização de maneira comercial e militar ainda não é possível, porém apresenta um potencial considerável principalmente pela sua fácil produção e altos números de obtenção de óleo.

Não somente essas são matérias primas existentes no cenário nacional capazes de serem transformadas em bioquerosene de aviação. Cita-se também, o Babaçu (*Attalea speciosa*) que é uma planta bastante presente na região norte e nordeste do Brasil (na região conhecida como mata dos cocais), sendo utilizada como alimentação além da produção de cosméticos e medicamentos (UNITINS, 2020). Sua importância para a produção de bioquerosene advém da esterificação dos ácidos graxos presentes na amêndoa. Conforme Ponte (2017), os índices obtidos do babaçu são bastante satisfatórios, tendo sido realizados testes com misturas ao QAV que apresentaram resultados promissores a respeito de sua utilização, ou seja, seus testes apresentam resultados de eficiência próximos ao do querosene convencional quando em uma mistura de até 30% do volume, tendo suas propriedades conservadas para utilização na aviação comercial (Ponte, 2017).

Logicamente, sua utilização em larga escala ainda é bastante complicada, haja visto que não existem regulamentações específicas para essa matéria prima, embora ela se encaixe nas determinações da ANP. Com isso, sua utilização no T-27M fica restrita à resultados teóricos e com poucos testes, o que inviabiliza uma certeza de utilização futura, porém, trata-se de outro potencial uso de biocombustível no Brasil visto que, além de ser uma planta nativa e de apresentar bons números para produção de bioquerosene, também se mostra um potencial elevado de crescimento para a região norte e nordeste do Brasil.

Ao analisar esse horizonte de opções presentes para os combustíveis alternativos na aviação, é observado que o Brasil possui um potencial enorme para a produção de biocombustíveis principalmente no que tange a recursos naturais, visto que, dentro do território nacional, existem inúmeras fontes de matéria prima que possuem a capacidade de se tornarem bioquerosenes. De fato, o custo de produção de todas essas alternativas se mostra maior que o querosene convencional, o que causa uma certa falta de interesse tanto por parte do mercado quanto por parte do Governo para incentivar sua produção. Por isso, é necessário principalmente ações por parte do Estado para buscar alcançar estudos que possam viabilizar a utilização desses combustíveis. A Força Aérea por si própria não possui autonomia para adquirir ou incentivar diretamente a produção desses compostos, porém, por se tratar de um órgão governamental, a FAB pode sim ser utilizada como uma das ferramentas do Governo para estimular o crescimento nesse setor, podendo ser uma das portas de entrada para estudos e testes de combustíveis alternativos para aviões. Tal ação com certeza atrairia olhares positivos tanto para a própria Aeronáutica como para o Estado brasileiro em geral, visto que demonstraria o quanto o Governo se mostra preocupado com temas relacionados ao meio ambiente e como o próprio está se dedicando para que tais metas estabelecidas nos acordos internacionais sejam alcançadas.

Ademais, ao se colocar o T-27M como um dos aviões para se utilizar combustíveis alternativos, mostra também uma preocupação futura com tal tema pois devido ao fato desta aeronave estar em uma escola de formação, sem dúvidas essas ações são capazes de instigar os jovens pilotos a possuírem um pensamento mais crítico à utilização pura de combustíveis fósseis bem como os incentiva a ter uma preocupação futura com o meio ambiente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, o combustível alternativo no Brasil e no mundo, principalmente aqueles focados em aviação, ainda estão em uma fase de desenvolvimento e pesquisa, visto que, em específico no Brasil, não existe ainda regulamentação para utilização pura de biocombustível de aviação, sendo autorizado somente certas quantidades misturadas ao Querosene convencional. Existem pesquisas promissoras com diferentes matérias-primas como os óleos derivados do Pinhão-Manso que já foi testado no Airbus A320 em uma mistura 50% com QAV, óleo proveniente de fritura residual, este com maiores avanços no ramo de biodiesel, óleo de macaúba e de babaçu que apresentaram resultados promissores de uso como bioquerosene de aviação, entre outros.

Entretanto ainda falta o apoio governamental ou empresarial necessário para que se possa existir uma capacidade de testes em grandes aeronaves com os mais diversos motores, sendo raros os casos em que empresas aéreas abraçam essa pesquisas, o que prejudica uma futura produção em escala comercial, causando ainda mais desinteresse por parte das empresas em investir nesse mercado já que esse ainda não se mostrou ser eficiente o suficiente para ser mais rentável que os combustíveis fósseis convencionais, tanto quanto ao seu custo de produção, que na maioria das vezes apresenta ser mais alto que o derivado do petróleo, quanto ao seu rendimento geral nos motores aeronáuticos já existentes, que muitas vezes se mostra ser abaixo do QAV, aumentando os custos operacionais dos voos.

Ademais, alguns combustíveis requerem alterações nos motores, o que resulta em um custo ainda maior para sua utilização pura, visto que para que tal ação é necessário que haja mudança nos projetos e a criação de novos motores aeronáuticos. Porém, é visível que tal assunto é relativamente promissor, pois o Brasil apresenta grande potencial de produção de biocombustíveis de origem vegetal, haja vista seu extenso tamanho territorial bem como sua flora bastante diversificada, além de que, o país é signatário de acordos internacionais para redução de poluentes, ou seja, a nação possui uma responsabilidade considerável com o meio ambiente e a sua conservação.

Tratando especificamente do T-27M, esse turboélice utiliza atualmente somente Querosene de aviação, combustível de origem fóssil e, mesmo após sua modernização em 2021, nada foi alterado em relação ao seu motor ou aos combustíveis autorizados para utilização, o que impossibilita até mesmo a utilização do JET C, já aprovado pela ANP, visto que esse tipo não é homologado para uso no T-27M, o que causa um grande atraso para a implementação de biocombustíveis nessa aeronave. No que tange à utilização pura de bioquerosene, mesmo que muitos biocombustíveis apresentem

características similares ou até idênticas ao QAV, o seu emprego no T-27M é impossível no presente momento pois nunca foram realizados testes tanto em aviões comerciais quanto nesse avião em específico, fato esse que é crucial para que um combustível novo possa ser utilizado sem incorrer em problemas para operação.

Por fim, uma alternativa que o Governo Federal poderia explorar seria, através de investimentos dentro do Ministério da Defesa, fazer com que o T-27M se torne uma das aeronaves pioneiras na utilização de bioquerosene, trazendo de maneira exemplar para a sociedade essa aeronave como teste para utilização de biocombustíveis e, a longo prazo, poder tornar possível até mesmo a sua utilização em larga escala, conseguindo assim cumprir com os tratados internacionais para redução de emissão de poluentes no País. Logicamente, para que essa utilização seja possível, seria necessário um amplo investimento tanto em pesquisas quanto em testes nessa aeronave, o que não ocorre no momento, tornando o cenário atual impraticável para a utilização de biocombustíveis de aviação no T-27M, e além de todos os testes e aprovações necessárias, é imprescindível também se mudar a cultura organizacional, de modo que a própria FAB se mostre mais interessada em assuntos relacionados à sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS DO BRASIL – ANP. Resolução nº 856, de 22 de outubro de 2021. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 out. 2021. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-856-2021> Acesso em: 10 jun. 2024

AZEVEDO, Wellington José de. **Inventário do ciclo de vida da produção de bioquerosene de aviação utilizando macaúba como fonte de matéria-prima**. 2021. Disponível em: [http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/2567/1/wellington\\_jose\\_azevedo.pdf](http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/2567/1/wellington_jose_azevedo.pdf) Acesso em: 10 mar. 2024

BARROS, Talita Delgrossi; JARDINE, Gilberto José. **Macaúba**. 2021 Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/materias-primas/macauaba>. Acesso em: 09 mar. 2024

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Política Nacional sobre Mudança de Clima – PNMC. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 dez. 2009 Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm). Acesso em: 09 mar. 2024.

COSTA, Hector Breno Mayo; HENKES, Jairo Afonso. Um estudo sobre as alternativas de motores e energias renováveis para a aviação. **Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas**, v. 1, n. 4, p. 134-159, 2021. Disponível em: <https://rbaccia.emnuvens.com.br/revista/article/view/60/55>. Acesso em: 15 set. 2022

DE ARAUJO, Raíssa André et al. **Avaliação do potencial de geração de bioquerosene a partir de resíduo de óleo de cozinha na cidade de São Paulo**. 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/RaissaAraujo8/publication/363852770\\_Assessment\\_of\\_the\\_potential\\_for\\_generating\\_biokerosene\\_from\\_post-consumption-cooking\\_oil\\_in\\_the\\_city\\_of\\_Sao\\_Paulo/links/6374f3b92f4bca7fd0667d2c/Assessment-of-the-potential-for-generating-biokerosene-from-post-consumption-cooking-oil-in-the-city-of-Sao-Paulo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/RaissaAraujo8/publication/363852770_Assessment_of_the_potential_for_generating_biokerosene_from_post-consumption-cooking_oil_in_the_city_of_Sao_Paulo/links/6374f3b92f4bca7fd0667d2c/Assessment-of-the-potential-for-generating-biokerosene-from-post-consumption-cooking-oil-in-the-city-of-Sao-Paulo.pdf) Acesso em: 15 abr. 2024

DE OLIVEIRA, Rafael Cajano; JUNGER, Alex Paubel. Utilização de combustíveis fósseis no Brasil e suas consequências ambientais. **Research, Society and Development**. 2020 Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7537> Acesso em: 13 mar. 2023

FERREIRA, Letícia Jacometi Maganha de Freitas. **Combustíveis sustentáveis para a aviação**. Ciências Aeronáuticas - Unisul Virtual, 2018. Disponível em: [https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8396/1/LETICIA\\_AD2.pdf](https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8396/1/LETICIA_AD2.pdf) Acesso em: 29 ago. 2022.

GONÇALVES, F. R.; BORGES, L. E. P.; FRAGA, M. A. (2011). “Combustíveis de Aviação: perspectivas e futuro”. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, 2011. Disponível em: [https://web.archive.org/web/20180410013450id\\_/http://rmct.ime.br/arquivos/RMCT\\_3\\_tri\\_2011/RMCT\\_059\\_E5A\\_11.pdf](https://web.archive.org/web/20180410013450id_/http://rmct.ime.br/arquivos/RMCT_3_tri_2011/RMCT_059_E5A_11.pdf) Acesso em 24 jun. 2024

HARI, Thushara Kandaramath; YAAKOB, Zahira; BINITHA, Narayanan N. Aviation biofuel from renewable resources: Routes, opportunities and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Review**, 2015 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114009204> Acesso em: 21 jul. 2023

ISIDORO, Andressa Alves; DA SILVA, Devanildo Damião; BUENO, Marcos José Corrêa. **Análise de Viabilidade do Bioquerosene na Aviação Civil Brasileira**. In: 3º Congresso de Logística do IFSP-Campus Suzano. 2017. Disponível em: [http://szn.ifsp.edu.br/ocs/index.php/iflog\\_3/iflog3\\_english/paper/view/889](http://szn.ifsp.edu.br/ocs/index.php/iflog_3/iflog3_english/paper/view/889) Acesso em: 19 set. 2023

KIBUGE, Roger Mike; KARIUKI, Saint Thomas; NJUE, Morgan Romeo. Influence of fuel properties on the burning characteristics of sour plum (*Ximenia americana* L.) seed oil compared with *Jatropha curcas* L. seed oil. **Renewable Energy**. V. 78, 2015, p. 128-131. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.12.030>. Acesso em: 29 fev. 2024.

MACEDO, José Eduardo Santana et al. *Syagrus coronata*: processo de conversão de biomassa em bioprodutos energéticos. **Anais do XII SIMPROD**, 2023. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/18419> Acesso em 25 maio 2024

MADSEN, Ronald; HENKES, Jairo Afonso. A aviação civil e a inserção do bioquerosene no Brasil. **Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas**, v. 1, n. 1, p. 6-34, 2021. Disponível em: <https://rbaccia.emnuvens.com.br/revista/article/view/5> Acesso em: 15 jul. 2023

MARÇAL, Vitória Sampaio; LEAL, Elvia; PONTES, Juliane Rodrigues de Medeiros. **Esterificação homogênea de óleo de fritura visando a produção de biodiesel e bioquerosene de aviação**. 2020 Disponível em: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABA-LHO\\_EV126\\_MD1\\_SA6\\_ID1174\\_01082019121023.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABA-LHO_EV126_MD1_SA6_ID1174_01082019121023.pdf) Acesso em: 14 mar. 2024

MEDEIROS, Mariana. **Pinhão-mansinho mostra potencial para controlar o pulgão-verde, praga de dezenas de culturas**. EMBRAPA 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/69045947/pinhao-mansinho-mostra-potencial-para-controlar-o-pulgao-verde-praga-de-dezenas-de-culturas> Acesso em: 10 mar. 2024

MENDES, Bianca; ALMEIDA Bruna. **Utilização do Bioquerosene para a Aviação Pós-Pandemia**. 2020. Disponível em: <http://repositorio.lboro.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/85/1/Utiliza%20a7%20do%20Bioquerosene%20para%20a%20Avia%20P%20s-Pandemia.pdf> Acesso em: 21 jun. 2024

MILESI, Bruno Alves. **Bioquerosene de aviação: panorama e perspectivas do biocombustível**. 2016. 55 p. Pirassununga, SP. Disponível em: [https://redebua.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo\\_sophia=29877](https://redebua.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=29877). Acesso em: 30 set. 2022.

OLIVEIRA, Marta Célia Dantas Silva; PEREIRA, Synara Bezerra. **Pinhão Manso: produção de bioquerosene para aviação**. Disponível em: <http://www.monferrer.com.br/METALLUM/bioquerosene/PDF/01-016.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024

Parque de Material Aeronáutico de Lagoa Santa – PAMA LS. **Ordem Técnica 01- T27M**. Lagoa Santa, MG, 22 set 2021 Acesso em: 22 jun. 2024

PERES, Sérgio. Uso dos coprodutos da indústria do biodiesel para produção de bioquerosene de aviação. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 36898-36907, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/27964/22132>  
Acesso em: 03 mar. 2024

PONTE, Flávio Albuquerque Ferreira da. **Obtenção de bioquerosene a partir de resíduos dos óleos de babaçu e coco via catálise heterogênea**. 2017. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/29216/3/2017\\_tese\\_fafponte.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/29216/3/2017_tese_fafponte.pdf) Acesso em: 11 mar. 2024

RANUCCI, Carolline Rodrigues. **Transesterificação seguida de destilação para a obtenção de bioquerosene de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), babaçu (*Orbignya phalerata*) e palmiste (*Elaeis guineenses*)**. 2015. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/1803> Acesso em: 14 mar. 2024

RODRIGUES, Cristina Guimarães de; MIRANDA, Maria Jorge de; COSTA, Renan Rodrigues da; CAMARGO, Camila Acosta. **Avaliação do impacto da poluição atmosférica no Estado de São Paulo sob a visão da saúde**. 2013. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/plugin-file.php/5804091/mod\\_resource/content/1/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20impacto%20da%20polui%C3%A7%C3%A3o%20atmosf%C3%A9rica.pdf](https://edisciplinas.usp.br/plugin-file.php/5804091/mod_resource/content/1/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20impacto%20da%20polui%C3%A7%C3%A3o%20atmosf%C3%A9rica.pdf) Acesso em 5 set. 2022

ROITMAN, Tamar. **Perspectivas e propostas de inserção de Bioquerosene de aviação no transporte aéreo de passageiros no Brasil**. 2018. Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético. UFRJ. COPPE. Disponível em: [http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Tamar\\_Roitman.\\_MESTRADO-2018.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Tamar_Roitman._MESTRADO-2018.pdf). Acesso em: 12 fev. 2024

SANTOS, Soraya dos; PEGORIN, Maria Cristina. **Biocombustível: um desafio na aviação brasileira**. 2015. Disponível em: [https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/8938/1/Artigo%20Ci-ent%20c3%adfico\\_Biocombustivel\\_um%20desafio%20na%20avia%C3%A7%C3%A3o%20brasileira.pdf](https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/8938/1/Artigo%20Ci-ent%20c3%adfico_Biocombustivel_um%20desafio%20na%20avia%C3%A7%C3%A3o%20brasileira.pdf). Acesso em: 18 out. 2023

SOUSA, Leonardo Plácido Ribeiro. **Combustíveis alternativos para aviação**. Acta Mechanica et Mobilitatem, v. 2, n. 4, p. 27-33, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Thais-Maia-Araujo/publication/329000032\\_COMBUSTIVEIS\\_ALTERNATIVOS\\_PARA\\_AVIA-CAO/links/5beefae4299bf1124fd81784/COMBUSTIVEIS-ALTERNATIVOS-PARA-AVIA-CAO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Thais-Maia-Araujo/publication/329000032_COMBUSTIVEIS_ALTERNATIVOS_PARA_AVIA-CAO/links/5beefae4299bf1124fd81784/COMBUSTIVEIS-ALTERNATIVOS-PARA-AVIA-CAO.pdf). Acesso em: 10 set. 2022.

STAHLHOEFER, Pedro Henrique. **Viabilidade dos combustíveis aeronáuticos atuais e possíveis alternativas**. 2021. Disponível em:

<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3287/1/Viabilidade%20dos%20combust%20adveis%20aeron%20auticos%20atuais%20e%20poss%20adveis%20alternativas.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022

YOSHINAGA, Fabiana et al. **Bioquerosene para aviação: cenário atual e perspectivas futuras**. Bioenergia em Revista: Diálogos (ISSN: 2236-9171), v. 10, n. 1, 2020. Disponível em: <http://www.fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/article/view/369/373780>. Acesso em: 21 set 2022

TAM faz primeiro voo usando biocombustível de pinhão manso. **O Globo**, São Paulo, 22 nov. 2010. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/tam-faz-primeiro-voo-usando-biocombustivel-de-pinhao-manso-2922780> Acesso em: 08 mar. 2024

TEIXEIRA, L. C. **Potencialidades de Oleaginosas para produção de biodiesel**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n.229, p. 18-27, 2005. Acesso em: 12 abr. 2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO TOCANTINS. **Babaçu**. Tocantins: UNITINS, 2021. Disponível em: <https://www.unitins.br/nativasdigitais/especie/babacu#:~:text=O%20Baba%C3%A7u%20%C3%A9%20uma%20esp%C3%A9cie,conhecida%20como%20Mata%20dos%20Cocais>. Acesso em: 11 mar. 2024

VIBRAENERGIA. **Combustível que move a Aviação**. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.vibraenergia.com.br/aviacao> Acesso em: 14 abr. 2024

ZAMPAR, Maria Vitória Dias. **Biocombustíveis no futuro da aviação**. Ciências Aeronáuticas- Unisul Virtual, 2019. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8371/1/TCC%20MARIA%20VIT%20c3%93RIA%20ZAMPAR.pdf> Acesso em: 14 abr. 2024.