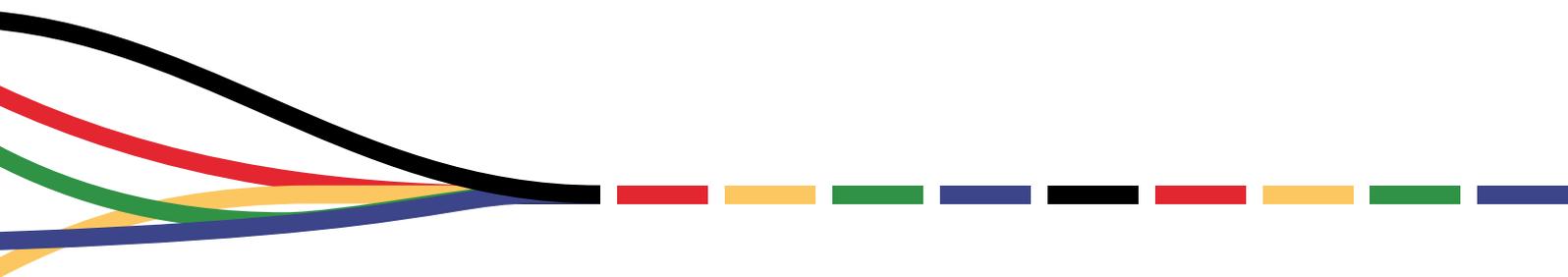


ESTUDO SOBRE  
GOVERNANÇA E  
POLÍTICAS PÚBLICAS DE  
INCENTIVO À PRODUÇÃO  
DE COMBUSTÍVEIS  
SUSTENTÁVEIS DE AVIAÇÃO



**ProQR**

COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS  
SEM IMPACTOS CLIMÁTICOS



Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelos(as) autores(as). Apesar disso, podem ocorrer erros com relação ao conteúdo. Dessa forma, nem a GIZ nem os(as) autores(as) podem ser responsabilizados(os) por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo, direto ou indireto, resultante do uso ou da confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo que sejam, direta ou indiretamente, resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações.

As ideias e opiniões expressas nesta publicação são dos(as) autores(as) e não refletem necessariamente a posição do Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU), ou da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

A duplicação ou reprodução do todo ou de partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais são permitidas, desde que a GIZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição do todo ou de partes desta publicação, é preciso de autorização escrita da GIZ.

---

\*As figuras são adaptadas das fontes bibliográficas.



## Publicado por

ProQR – Combustíveis Alternativos sem Impactos Climáticos  
Cooperação Técnica Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável

### Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações - MCTI

#### Ministro

Marcos Pontes

#### Secretário de Empreendedorismo e Inovação

Paulo César Rezende De Carvalho Alvim

#### Diretor de Tecnologias Estruturantes

Eduardo Soriano Lousada

### Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ

#### Diretor Nacional

Michael Rosenauer

#### Diretora de Projetos

Tina Ziegler

#### Diretor substituto do ProQR

Marcos de Oliveira Costa

### Direção do ProQR

Eduardo Soriano Lousada (MCTI)

Tina Ziegler (GIZ)

### Participantes do Trabalho

#### MCTI

Rafael Silva Menezes  
Gustavo de Lima Ramos

#### GIZ

Marcos de Oliveira Costa  
Bárbara Borges  
Elizabeth Melo

#### MME

Pietro Adamo Sampaio Mendes  
Renato Cabral Dias Dutra  
Umberto Mattei  
Jhessica Maria Nunes de Jesus Luz

### Elaboração Técnica

Profa. Dra. Cacia Pimentel (autora)  
Profa. Dra. Laís Forti Thomaz (autora)  
Elisa Cascão Ferreira (colaboradora)  
Nathalia Fernandes Pimentel (colaboradora)

### Revisão de técnica

Carmem Cecília C Galvão

### Projeto gráfico e diagramação

João Bosco Gouvea Ramos

### Janeiro 2022



### Contatos

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações  
Coordenação-Geral de Estratégias e Negócios  
Departamento de Tecnologias Estruturantes  
Secretaria de Empreendedorismo e Inovação  
Esplanada dos Ministérios - Bloco E - Sala 346  
70.067-900, Brasília-DF, Brasil  
+55 61 2033-7817

Deutsche Gesellschaft für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
SCN Quadra 1 Bloco C Sala 1401 - 14º andar  
Ed. Brasília Trade Center  
70711-902 Brasília-DF, Brasil  
+55 61 2101-2170

Este estudo foi elaborado no âmbito do Projeto Combustíveis Alternativos sem Impactos Climáticos (ProQR), realizado por meio da Cooperação Técnica Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável, em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Este projeto é parte da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI), apoiada pelo Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU), com base em decisão do Parlamento alemão.

O Projeto ProQR tem o objetivo de criar um modelo de referência internacional para combustíveis alternativos sem impactos ambientais, para transporte aéreo e setores sem potencial de eletromobilidade.

# Sumário

Materiais e métodos	17
Conceitos e definições	19
1. Análise do sistema de governança de políticas públicas	23
1.1. Identificação e interpretação dos atores-chave nos respectivos países e o papel deles na governança para a Produção de SAF	23
1.1.1. Estados Unidos	23
1.1.2. China	29
1.1.3. Japão	32
1.1.4. Alemanha	35
1.1.5. Noruega	39
1.1.6. México	42
1.1.7. União Europeia	47
1.1.8. CORSIA	50
1.2. Mecanismos para a determinação do teor de SAF	55
1.2.1. Estados Unidos	56
1.2.2. China	57
1.2.3. Japão	57
1.2.4. Alemanha	58
1.2.5. Noruega	59
1.2.6. México	61
1.2.7. União Europeia	61
1.2.8. CORSIA	64
1.3. Análise comparativa dos sistemas e instrumentos de governança	66
2. Mapeamento das mais importantes políticas públicas	70
2.1. Estados Unidos	70
2.2. China	74
2.3. Japão	76
2.4. Alemanha	78
2.5. Noruega	81
2.6. México	82
2.7. União Europeia	84
2.8. CORSIA	86
3. Análise das iniciativas brasileiras	87
3.1. Análise de políticas públicas no setor aéreo e seus motivadores	87
3.2. Categorização dos instrumentos	92
3.3. Compromissos brasileiros de redução de emissões no setor de transporte aéreo	96

3.4. O mercado e as matérias-primas de SAF no Brasil	98
3.4.1. Rotas tecnológicas no Brasil	100
3.4.2. Matérias-primas utilizadas na produção de biocombustíveis de aviação	105
3.4.3. Balanço do panorama de potenciais de produção de SAF no Brasil	111
4. Sugestões para a criação de um sistema de governança no Brasil	114
4.1. Sugestões de envolvimento de atores chaves	114
4.2. Sugestões de instrumentos de governança	115
4.3. Sugestões de diretrizes e linhas prioritárias de PD&I para incentivo e fomento ao SAF	116
5. Análise das Resoluções da ANP e ASTM	118
5.1. Análise da ASTM	119
5.2. Análise das Resoluções ANP	123
5.3. Análise comparativa	128
6. Licenciamento ambiental dos combustíveis sintéticos para aviação	134
6.1. Sistematização dos procedimentos e sua governança	134
6.2. Recomendações e diretrizes	144
7. Análise dos <i>stakeholders</i> nas audiências do ProBioQAV	148
7.1. Perfil dos participantes	149
7.1.1. Empresas aéreas	149
7.1.2. Fabricantes de aeronaves	152
7.1.3. Associações	154
7.1.4. Produtores / distribuidores de combustível	159
7.1.5. Academia	161
7.1.6. Plataforma Mineira de Bioquerosene e Renováveis	161
7.1.7. Governo	162
7.1.8. Governo Internacional / Parcerias	164
7.1.9. Certificadora	165
7.1.10. Consultoria	165
7.2. Agregado dos posicionamentos sobre Instrumentos específicos	166
7.3. Protoalternativas de Políticas públicas para SAF	169
Considerações Finais	175
Referências	178
Anexo I	216
Apêndice I	219
Apêndice II	228

# Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Entidades e localização do Bioturbosina Cluster no México	45
<b>Figura 2.</b> Organograma da OACI	52
<b>Figura 3.</b> Abordagem do CORSIA baseada nas rotas	54
<b>Figura 4.</b> Projetos anunciados na Europa com capacidade de produção de SAF (2020-2025)	64
<b>Figura 5.</b> Cálculo das compensações de carbono no CORSIA	65
<b>Figura 6.</b> Process Flow de SAF pela Mitsubishi	77
<b>Figura 7.</b> Visualização dos principais artigos acadêmicos a partir da obra de Cortez (2014)	98
<b>Figura 8.</b> Áreas não elegíveis para SAF pelos critérios do CORSIA (2021)	111
<b>Figura 9.</b> Matriz Stakeholders (Setores público, privado e academia) – Projeto ProQR	114
<b>Figura 10.</b> Linha do Tempo das aprovações das rotas de SAF pela ASTM	123
<b>Figura 11.</b> Linha do Tempo das Resoluções da ANP para Querosene de Aviação	128
<b>Figura 12.</b> Etapas de licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental	139
<b>Figura 13.</b> Agenda do Subcomitê do ProBioQAV (2021)	148
<b>Figura 14.</b> Frequência de palavras mais utilizadas pelos slides dos stakeholders no ProBioQAV	166
<b>Figura 15.</b> Resumo dos principais desenvolvedores das rotas de SAF e seus respectivos graus de maturidade tecnológicos	170

# Lista de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Níveis mínimos de consumo de SAF e combustível sintético de aviação (PtL) na União Europeia (2025-2050)	62
<b>Gráfico 2.</b> Quantidade de iniciativas de PD&I em SAF e biocombustíveis em geral nos países selecionados (2005 a 2021)	67
<b>Gráfico 3.</b> Quantidade de iniciativas de Implementação ( <i>deployment</i> ) em SAF e biocombustíveis em geral nos países selecionados (2005 a 2021)	68
<b>Gráfico 4.</b> Intensidade de emissão do ciclo de vida completo para combustíveis de aviação sustentáveis	112
<b>Gráfico 5.</b> Emissões de GEE do tipo Well-to-Wake para SAFs baseados em suas matérias-primas em relação à linha de base do combustível de aviação de petróleo	112
<b>Gráfico 6.</b> Frequência dos Stakeholders por Categoria no ProBioQAV	149
<b>Gráfico 7.</b> Frequência de temas específicos nas apresentações dos stakeholders nas reuniões do ProBioQAV	167
<b>Gráfico 8.</b> Diagrama de Pareto ProBioQAV	167
<b>Gráfico 9.</b> SWOT validada com a argumentos dos stakeholders do ProBioQAV	168

# Lista de quadros

<b>Quadro 1.</b> Mapeamento das partes interessadas em SAF nos Estados Unidos	27
<b>Quadro 2.</b> Mapeamento das partes interessadas em SAF na China	31
<b>Quadro 3.</b> Mapeamento das partes interessadas em SAF no Japão	34
<b>Quadro 4.</b> Mapeamento das partes interessadas em SAF na Alemanha	39
<b>Quadro 5.</b> Mapeamento das partes interessadas em SAF na Noruega	42
<b>Quadro 6.</b> Mapeamento das partes interessadas em SAF no México	46
<b>Quadro 7.</b> Mapeamento das partes interessadas em SAF na União Europeia	50
<b>Quadro 8.</b> Grupos do OACI	51
<b>Quadro 9.</b> Mapeamento das partes interessadas em SAF sobre o CORSIA	55
<b>Quadro 10.</b> Processos de SAF	65
<b>Quadro 11.</b> Tabela Mandatos de SAF	69
<b>Quadro 12.</b> Resumo das formas de incentivo ao SAF em países selecionados	69
<b>Quadro 13.</b> Divisão dos RINs no RFS	70
<b>Quadro 14.</b> Comparação dos incentivos de Diesel Verde e SAF no RFS e LCFS	72
<b>Quadro 15.</b> Leis em tramitação de SAF nos Estados Unidos	73
<b>Quadro 16.</b> Projetos de Pesquisa de SAF na China	75
<b>Quadro 17.</b> Políticas de incentivos a descarbonização por setor de transporte na Alemanha	79
<b>Quadro 18.</b> Instrumentos normativos relacionados a biocombustíveis e SAF no México	83
<b>Quadro 19.</b> Leis e Resoluções vigentes no Brasil	92
<b>Quadro 20.</b> Projetos de lei em andamento	93
<b>Quadro 21.</b> Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e Plano Nacional de Energia (PNE)	94
<b>Quadro 22.</b> Iniciativas Anac	95
<b>Quadro 23.</b> Iniciativas de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação	95

<b>Quadro 24.</b> Ranking de matérias-primas rota HEFA por regiões no Brasil	106
<b>Quadro 25.</b> Licenciamento Ambiental na perspectiva aeroportuária	143
<b>Quadro 26.</b> SWOT de produção de SAF no Brasil	168
<b>Quadro 27.</b> Opções políticas para aumentar a oferta de SAF	169
<b>Quadro 28.</b> Opções políticas para aumentar a demanda de SAF	172
<b>Quadro 29.</b> Opções políticas para viabilizar a conexão entre a oferta e a demanda de SAF	174

# Lista de tabelas

<b>Tabela 1.</b> Previsão de produção de SAF nos Estados Unidos	56
<b>Tabela 2.</b> Volumes previstos da produção de SAF no Japão	58
<b>Tabela 3.</b> Benchmarking no LCFS na Califórnia	71
<b>Tabela 4.</b> Valor do crédito de acordo com a porcentagem de biocombustível	74
<b>Tabela 5.</b> Potencial em porcentagem de produção de gás de síntese em diversas indústrias por região no Brasil	110
<b>Tabela 6.</b> Potencial de diferentes indústrias para produzir gás de síntese, seus subprodutos e resíduos	110
<b>Tabela 7.</b> Rotas Tecnológicas aprovadas pela ASTM (2009-2020)	121
<b>Tabela 8.</b> Tabela Comparativa (ANP n. 856/21 X ASTM D7566) – Querosene fóssil e querosene alternativos	130

# Lista de siglas

<b>A4A</b>	Airlines for America
<b>AAPA</b>	Association of Asia Pacific Airlines
<b>ACINA</b>	Airports Council International-North America
<b>AGC</b>	Grupo Consultivo sobre CORSIA
<b>AIA</b>	Aerospace Industries Association
<b>AIREG</b>	Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany
<b>ANA</b>	All Nippon Airways
<b>ANAC</b>	Agência Nacional da Aviação Civil
<b>ANP</b>	Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis
<b>ANP</b>	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
<b>ARPA-E</b>	Advanced Research Projects Agency-Energy
<b>ASA</b>	Aeropuertos y Servicios Auxiliares
<b>ASCENT</b>	Aviation Sustainability Center
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials
<b>ATJ</b>	Alcohol-to-Jet
<b>BCAP</b>	Biomass Crops Assistance Program
<b>BETO</b>	Bioenergy Technologies Office
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desenvolvimento
<b>BMWi</b>	Ministério de Assuntos Econômicos e Energia
<b>BNDES</b>	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
<b>BPI</b>	Farm-to-Fleet Program Biofuel Production Incentive
<b>CAAC</b>	Civil Aviation Administration of China
<b>CAAFI</b>	Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative
<b>CADF</b>	Civil Aviation Development Fund
<b>CAEP</b>	Comitê de Proteção Ambiental da Aviação
<b>CAO</b>	China Aviation Oil
<b>CEF</b>	Combustíveis Elegíveis do CORSIA
<b>CEIB</b>	Comissão Executiva Interministerial
<b>CIAD</b>	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo
<b>CIATEC</b>	Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Aplicadas
<b>CIATEJ</b>	Centro de Investigación Aplicada en Tecnologías y Diseño del Estado de Jalisco
<b>CIBNOR</b>	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
<b>CICESE</b>	Centro de Pesquisa Científica e Ensino Superior da Ensenada
<b>CICY</b>	Centro de Investigación Científica de Yucatan
<b>CIQA</b>	Centro de Investigación de Química Aplicada
<b>CLEEN</b>	Continuous Lower Energy, Emissions, and Noise

<b>CNAF</b>	China National Aviation Fuel Group Limited
<b>CNPC</b>	China National Petroleum Corporation
<b>COMAC</b>	Commercial Aircraft Corporation of China
<b>CONACYT</b>	Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia
<b>CORSIA</b>	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation
<b>CoS</b>	Certificação de Sustentabilidade
<b>DFW</b>	Aeroporto de Dallas-Fort Worth
<b>DOD</b>	Departamento de Energia
<b>DOE</b>	Departamento de Energia
<b>DOT</b>	Departamento de Trânsito
<b>EADS</b>	European Aeronautic Defense and Space Company
<b>ECA</b>	European Cockpit Association
<b>EDF</b>	Environmental Defense Fund
<b>EIA</b>	Agência Internacional de Energia
<b>EIA</b>	Energy Information Administration
<b>EPA</b>	Agência de Proteção Ambiental
<b>ETJ</b>	Alcohol (Ethanol)-to-Jet
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>EUROSTAT</b>	Gabinete de Estatísticas da União Europeia
<b>FAA</b>	Federal Aviation Administration
<b>FAA</b>	Administração Federal de Aviação
<b>FAIR</b>	Future Aircraft Research
<b>FCP</b>	Fundação Cultural Palmares
<b>FSE</b>	Fondo de Sustentabilidad Energética
<b>FT</b>	Fischer-Tropsch
<b>FTG</b>	Fuels Task Group
<b>FUNAI</b>	Fundação Nacional do Índio
<b>GEE</b>	Gases de Efeito Estufa
<b>GIZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
<b>GNL</b>	Gás Natural Liquefeito
<b>HEFA</b>	Hydroprocessed Esters and Fatty Acids
<b>HFS-SIP</b>	Hydroprocessed Fermented Sugars to Synthetic Isoparaffins
<b>HVO</b>	Hydrotreated Vegetable Oil
<b>IANF</b>	Initiatives for Next-generation aviation fuels
<b>IBAMA</b>	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
<b>ICSA</b>	Iniciativa para los combustibles sostenibles de aviación en México
<b>ILUC</b>	Uso indireto da terra
<b>IND</b>	Aeroporto de Indianapolis

<b>INIFAP</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
<b>IPCC</b>	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
<b>IPHAN</b>	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
<b>IPICYT</b>	Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C
<b>ITAKA</b>	Initiative Toward Sustainable Kerosene for Aviation
<b>ITAKA</b>	Initiative Towards Sustainable Kerosene for Aviation
<b>JBIE</b>	Joint Bioenergy Institute
<b>JLSAB</b>	Joint Research Lab for Sustainable Aviation Biofuels
<b>LAPIG</b>	Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
<b>LCA</b>	Metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida
<b>LDCs</b>	Países Menos Desenvolvidos
<b>LLDCs</b>	Países em Desenvolvimento sem Litoral
<b>MASBI</b>	Midwest Aviation Sustainable Biofuels Initiative
<b>MBM</b>	Market-Based Measure
<b>MCTI</b>	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
<b>MLK</b>	Aeroporto Internacional Melbourne Orlando
<b>MME</b>	Ministério de Minas e Energia
<b>MOU</b>	Memorando de Entendimento
<b>NARA</b>	Northwest Advanced Renewables Alliance
<b>NASA</b>	Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço
<b>NBAA</b>	National Business Aviation Association
<b>NDC</b>	Contribuição Nacionalmente Determinada
<b>NEDO</b>	Organização de Desenvolvimento de Nova Energia e Tecnologia Industrial
<b>NHO</b>	Federation of Norwegian Aviation Industries
<b>NISA</b>	Nordic Initiative for Sustainable Aviation
<b>NREL</b>	National Renewable Energy Laboratory
<b>OACI</b>	Organização Internacional da Aviação Civil
<b>PAN</b>	Plano Aeroviário Nacional
<b>PBB</b>	Plataforma Brasileira de Combustível Renovável e Bioquerosene
<b>PBtL</b>	Power-and-Biogas-to Liquid
<b>PCT</b>	Povos e Comunidades Tradicionais
<b>PD&amp;I</b>	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
<b>PDE</b>	Plano Decenal de Expansão de Energia
<b>PHL</b>	Aeroporto de Philadelphia
<b>PMB</b>	Plataforma de Bioquerosene do Estado de Minas Gerais
<b>PMFS</b>	Plano de Manejo Florestal Sustentável
<b>PNAC</b>	Política Nacional da Aviação Civil
<b>PNE</b>	Plano Nacional de Energia

<b>PNPN</b>	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
<b>PtL</b>	Power to Liquid
<b>QAV</b>	Querosene de Aviação
<b>RED</b>	Diretiva das Energias Renováveis da União Europeia
<b>RIMA</b>	Relatório de Impacto Ambiental
<b>RMI</b>	Rocky Mountain Institute
<b>RSB</b>	Roundtable on Sustainable Biomaterials
<b>SABA</b>	Sustainable Aviation Buyers Alliance
<b>SAE</b>	Sociedade de Engenheiros Automotivos
<b>SAF</b>	Combustíveis Sustentáveis de Aviação
<b>SAFN</b>	Sustainable Aviation Fuels Northwest
<b>SAFUG</b>	Sustainable Aviation Fuel Users Group
<b>SAGARPA</b>	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
<b>SAN</b>	Aeroporto de San Diego
<b>SARPs</b>	Padrões e Práticas Recomendadas
<b>SASAC</b>	State-owned Assets Supervision and Administration Commission of the State Council
<b>SCS</b>	Esquema de Certificação de Sustentabilidade
<b>SCT</b>	Secretaría de Comunicaciones y Turismo
<b>SE</b>	Secretaría de Economía
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SENASA</b>	Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica
<b>SENER</b>	Secretaría de Energía
<b>SHCP</b>	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
<b>SIDS</b>	Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento
<b>SIP</b>	Synthetic Isoparaffins
<b>SLC</b>	Aeroporto de Salt Lake City
<b>SWAFEA</b>	Sustainable Way for Alternative Fuels and Energy in Aviation
<b>TAB</b>	Technical Advisory Body
<b>TCFD</b>	Task Force on Climate-Related Financial Disclosures
<b>TIPPO</b>	Project-based Partnership Opportunities
<b>UABC</b>	Universidade de Baja California
<b>Ubrabio</b>	União Brasileira de Biocombustíveis e Bioquerosene
<b>UE</b>	União Europeia
<b>UNFCCC</b>	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima
<b>USDA</b>	U.S. Department of Agriculture
<b>WEF</b>	Fórum Econômico Mundial
<b>WtWa</b>	Well-to-wake
<b>WWF</b>	World Wildlife Fund



# Introdução

O processo de descarbonização possui diversos caminhos jurídicos e regulatórios e, para que sejam bem-sucedidos, todos exigem grandes transições energéticas, industriais, de infraestrutura ou de informação, envolvendo, ainda, transformações na mobilidade urbana e de cargas, construção civil, automação, agropecuária de precisão, indústria portuária, de aviação e química. Essas transformações transitam ainda pela mudança comportamental da sociedade e da coordenação integrada dos mais diversos agentes que compõem o sistema. Além disso, exigem investimento apropriado, público e privado em inovação e pesquisa aplicada.

O marco temporal, firmado no consenso científico do Acordo de Paris, para reverter a dependência fóssil das economias mundiais até 2050, pela redução de pelo menos 80% das emissões de GEE considerando os níveis de 1990. Essa seria a proporção de descarbonização profunda necessária para evitar o aquecimento global acima de 2º C. Porém, para que essa meta seja alcançada, as mudanças precisam ser gradativamente incorporadas aos processos produtivos nacionais, considerando o nível diferenciado de emissões de cada país e os compromissos assumidos na Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC). Em dezembro de 2020, o Brasil submeteu às Nações Unidas uma revisão de compromisso perante a UNFCCC. A nova NDC prevê a redução das emissões líquidas totais de gases de efeito estufa em 37% em 2025 e assume oficialmente o compromisso de reduzir em 43% as emissões brasileiras até 2030 e neutralidade de emissões até 2060 (BRASIL, 2020).

Hoje, a indagação que se deve fazer é como agilizar a inevitável transição energética: quais tecnologias energéticas renováveis devem ser priorizadas para o crescimento na matriz energética em substituição às fontes fósseis, com melhor aproveitamento dos recursos e com menor impacto econômico, como os capítulos seguintes irão demonstrar. Convém relevar que todos os esforços de modernização da infraestrutura jurídica, física e logística para a transição energética dos países em desenvolvimento exigem investimentos vultosos.

Nessa perspectiva, mais do que nunca será necessária a participação ativa dos países desenvolvidos com investimentos, financiamento externo e transferência de tecnologia, notadamente em razão dos efeitos deletérios da crise global de 2020. Defende-se que o período atual de mudança climática acelerada que se vive exige não só uma governança internacional, como uma responsabilidade diferenciada dos países desenvolvidos, que inclui o compartilhamento de conhecimento e tecnologia energética com países menos desenvolvidos (REYNOLDS, 2016).

A produção de combustíveis sustentáveis de aviação, conhecidos como SAF, tem aumentado sua relevância na agenda de políticas públicas de muitos países. Isso porque são identificados como parte da solução que busca diminuir os gases de efeito estufa e levar os países a cumprirem os compromissos assumidos no Acordo de Paris.

O **escopo** deste trabalho compreende as políticas e governanças presentes nos Estados Unidos, China, Japão, Alemanha, Noruega, México e União Europeia. O papel do Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (**CORSIA**) criado no âmbito da Organização Internacional da Aviação Civil (**OACI**, do inglês International Civil Aviation Organization – ICAO) também será parte desta pesquisa.

As **perguntas de pesquisa** a serem respondidas são: nos países selecionados, quais são os principais normativos e políticas públicas sobre produção e comercialização de SAF? Quais são os mecanismos de governança utilizados pelas nações? Quais são os demais *stakeholders* envolvidos nos processos? Como os acordos internacionais e regionais em vigor, como o CORSIA, afetam a produção de SAF? Quais metodologias utilizar para avaliar o impacto multidimensional desses instrumentos sobre o ordenamento jurídico vigente no Brasil com foco na redução de emissões de GEE pelo setor de transporte aéreo brasileiro?

O **objetivo geral** é realizar estudos de caso aprofundados para análise dos sistemas de governança em um cenário comparativo internacional para a promoção da Produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação.

Os **objetivos específicos** norteiam a organização deste relatório em sete capítulos, sendo eles:

1. Analisar do sistema de governança de políticas públicas para a produção e o uso de combustíveis sustentáveis de aviação na União Europeia, em países como EUA, China, Japão, Alemanha, Noruega, Grã-Bretanha e outros que forem relevantes, bem como acordos internacionais e regionais;
2. Mapear as mais importantes políticas públicas nesses países e o impacto delas;
3. Analisar, brevemente, as iniciativas brasileiras (em nível local/municipal, o sistema de governança atual e possíveis motivações para promover a produção e o uso de SAF);
4. Realizar sugestões para a criação de um sistema de governança para o incentivo da Produção e o uso de SAF no Brasil;
5. Analisar, por comparação com o QAV fóssil, a aplicabilidade e a necessidade de adequação do arcabouço institucional, legal e normativo vigentes no território nacional dos SAF;
6. Compreender e traçar diretrizes e recomendações para detalhamento dos procedimentos burocráticos do licenciamento para auxiliar os tomadores de decisão quanto ao licenciamento ambiental dos combustíveis para aviação; e
7. Integrar contribuições de especialistas, durante as reuniões do subcomitê do ProBioQAV no âmbito do Combustível do Futuro.

Com isso, espera-se gerar recomendações para a estruturação de um diálogo multi-*stakeholder* no Brasil e para a formulação de políticas públicas visando introduzir esses biocombustíveis de aviação na matriz energética brasileira.



# Materiais e métodos

A análise buscou sempre se basear em fontes primárias, por exemplo, normativos e *websites* governamentais, e subsidiariamente na legislação e outros documentos por eles desenvolvidos ou financiados, tais como os *roadmaps* tecnológicos. As informações sobre as empresas produtoras de SAF foram encontradas majoritariamente em *press releases* por elas divulgados. Há também o levantamento de fontes da literatura cinzenta, especialmente nos relatórios fornecidos por organizações internacionais especializadas, algumas já referenciadas pela própria OACI. Artigos em periódicos, teses e dissertações e outros materiais bibliográficos também foram consultados, levando-se em consideração o estado da arte dos estudos sobre essa temática.

A organização do conteúdo foi feita com a identificação das partes interessadas, suas ações, os instrumentos de políticas públicas e os sistemas de governança em que agem são de tal modo interligados que se torna um desafio separá-los em categorias. Ainda assim, este relatório foi subdividido e agrupado, incorporando os resultados dos componentes e das atividades que compõem sete grandes objetivos previamente estabelecidos.

Para atingir o objetivo 1, relacionado na análise do sistema de governança da produção de combustíveis sustentáveis de aviação, foi preciso efetuar um mapeamento dos *stakeholders* envolvidos nos países selecionados e que fazem parte de acordos internacionais como o CORSIA. Nessa etapa, consultou-se a literatura disponível, bem como legislações vigentes, relatórios governamentais e das organizações internacionais. Em seguida, o estudo analisou as partes interessadas e as ações pretendidas com as bases legais (formação de conselhos, comissões e comitês gestores dos programas), como também baseado na estrutura do mercado produtivo. Os posicionamentos de associações de classe (*trade associations*) e de entidades da sociedade civil também compõem o escopo da análise.

No objetivo 2, sobre as categorias das políticas públicas vigentes e seus impactos, utilizaram-se metodologias que permitam a análise do arcabouço legislativo e das políticas públicas. A metodologia qualitativa foi utilizada para a análise documental do conteúdo proposto nas políticas, identificando partes beneficiadas, partes obrigadas, mecanismos de incentivos governamentais (recursos de PD&I, mecanismos de consumo obrigatório, incentivos fiscais, mecanismos de *compliance*). Os relatórios de grupos de pesquisa e avaliação dessas políticas públicas poderão subsidiar a leitura de seus impactos.

No que tange ao arcabouço legal brasileiro subnacional, verificaram-se as informações das Assembleias Legislativas e os documentos das secretarias estaduais que incluem as pastas de Meio Ambiente, Transportes e Desenvolvimento que tratam sobre o desenvolvimento de combustíveis sustentáveis de aviação. No âmbito nacional, verificaram-se a governança e os correspondentes mecanismos a partir das resoluções da Anac, Combustível do Futuro e aspectos que podem ser ajustados no Programa RenovaBio.

O item 3.4 trata de um levantamento dos estudos, por meio de uma revisão bibliográfica observando artigos acadêmicos, teses, dissertações e livros sobre o assunto. Nesse sentido, essa seção é uma contribuição ao debate sobre o estado da arte das pesquisas que vêm sendo desenvolvidas e os potenciais a serem explorados. O *roadmap* produzido pela cooperação da

Boeing, Embraer e Fapesp foi um marco importante nesse sentido, sendo possível identificar alguns avanços sobre as recomendações identificadas.

No item 4, baseando-se nos resultados dos objetivos anteriores (1, 2 e 3) e na consolidação dos dados obtidos nos documentos e diagnósticos disponíveis, serão fornecidas as recomendações sobre o envolvimento (ações e estratégias) dos *stakeholders* para a consolidação das partes interessadas da governança do setor, sejam do Governo e ou da iniciativa privada. Ademais, as adequações nos instrumentos regulatórios e formas de incentivar a produção nacional serão exploradas.

O objetivo 5 visa analisar, por comparação com o QAV fóssil, a aplicabilidade e a necessidade de adequação do arcabouço institucional, legal e normativo vigentes no território nacional dos SAF. Inicialmente seriam analisadas as Resoluções da ANP n. 778 e 779 de 2019, porém, no dia 22 de outubro de 2021, a ANP aprovou a Resolução n. 856 que versa sobre as especificações do querosene de aviação JET A e JET A-1, dos querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C, também conhecido como JET C, e revoga as resoluções anteriores. Esta resolução ainda trata sobre como as obrigações quanto ao controle da qualidade devem ser atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional. Adicionalmente, faremos a comparação desta com as normas dos padrões internacionais (ASTM 7566). Nesse sentido, afastam-se considerações referentes a técnicas, infraestrutura ou de produção agrícola e competição por insumos, por exemplo.

O Objetivo 6 inclui o mapeamento do *compliance* ambiental necessário para atender às especificações técnicas para a utilização segura dos combustíveis sustentáveis para aviação, em conformidade com as normas nacionais e internacionais. Assim, o resultado é um roteiro compilado dos procedimentos burocráticos do licenciamento ambiental, que pode auxiliar os diversos *stakeholders*, além de permitir traçar recomendações para os tomadores de decisão do setor.

Por fim, no objetivo 7, são apresentados os resultados intermediários, ao integrar contribuições de especialistas. Para tanto, foi feita uma compilação das posições dos *stakeholders* que participaram das reuniões do subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro, visando à validação dos resultados e das recomendações propostas nas etapas anteriores. Também foram incluídas as protoalternativas de políticas públicas para SAF disponíveis no *Policy Toolkit* da iniciativa Clean Skies for Tomorrow (WEF, 2021).

# Conceitos e definições

A compreensão do presente trabalho enseja a apresentação e harmonização de conceitos e definições frequentemente utilizados pelo setor de energia, com destaque à terminologia aplicada ao setor de combustíveis de aviação. Nesse sentido, vale ressaltar que as emissões domésticas de GEE são tratadas pelos normativos do Acordo de Paris, enquanto as emissões internacionais são regulamentadas pela OACI (Organização Internacional da Aviação Civil), normativos dos países e organizações líderes, bem como a legislação e a doutrina pátrias, sempre que existentes.

No Brasil, a temática sustentada pelo art. 225 da Constituição Federal desdobra-se em um arcabouço jurídico que se desenha a partir da Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas como instrumento de interlocução entre sociedade civil e governo. Em seu art. 12, a referida lei estabelece que, para alcançar os objetivos da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), seriam necessárias ações de mitigação das emissões de GEE, na proporção entre 36,1% e 38,9% das suas emissões projetadas até 2020.

A lei ainda traz conceitos imprescindíveis, tais como o de **mudança do clima** (art. 2º, inciso VII), entendida como aquela que “possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis”. E também os de **efeitos adversos da mudança do clima** (art. 2º, inciso II) que se caracteriza como sendo as “mudanças no meio físico ou biota resultantes da mudança do clima que tenham efeitos deletérios significativos sobre a composição, resiliência ou produtividade de ecossistemas naturais e manejados, sobre o funcionamento de sistemas socioeconômicos ou sobre a saúde e o bem-estar humanos”.

Vale destacar ainda a Lei n. 12.114, de 9 de dezembro de 2009, que cria o **Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC)** e define a aplicação de seus recursos, incluindo, entre outras, atividades de projetos de redução de emissões de GEE, desenvolvimento e difusão de tecnologia para a mitigação de emissões de GEE e apoio às cadeias produtivas sustentáveis. A referida norma traz ainda a definição de **mitigação** (art.11, §2º, alínea “g”) como “a redução de emissão de gases de efeito estufa e o aumento da capacidade de remoção de carbono pelos sumidouros” e também do termo **adaptação**, considerado como “as iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima”.

O Decreto n. 9.578/2018 consolida os atos normativos editados pelo Poder Executivo Federal que dispõem sobre o FNMC e reforça a definição dos conceitos de **mitigação e adaptação** (em seu art. 4º, incisos II e III).

Desse modo, vale ainda destacar que a estrutura legislativa brasileira está alinhada à perspectiva de alguns países e organizações internacionais que já estabelecem uma harmonização dos principais conceitos e definições afetos às mudanças climáticas e à transição energética, entre eles os Estados Unidos. Além das regulamentações acerca da temática, voltada para mitigação e adaptação dos efeitos do clima nos âmbitos regional e nacional, o país vem desenvolvendo políticas públicas focadas em cidades verdes, litigância climática entre outras.

A Agência Americana de Proteção Ambiental ([U.S. EPA](#)) disponibiliza interessante glossário com os principais termos dessa área. Assim, cumpre observar algumas diferenças no conceito utilizado pelos Estados Unidos, no que se refere a mudança climática, mitigação e adaptação:

**Mudança Climática** refere-se a qualquer mudança significativa na medição do clima, com duração por um longo período de tempo. Em outras palavras, a mudança climática inclui mudanças importantes na temperatura, precipitação ou padrões de vento, entre outras alterações que ocorreram ao longo de várias décadas ou mais.

**Mitigação** é uma intervenção humana para reduzir o impacto humano no sistema climático; inclui estratégias para reduzir as fontes e emissões de gases do efeito estufa e aumentar os sumidouros de gases do efeito estufa. Por sua vez, **adaptação** seria o ajuste ou preparação de sistemas naturais ou humanos para um ambiente novo ou em mudança que modere os danos ou explore oportunidades benéficas. ([U.S. EPA, 2021](#))

Considerando também as definições oferecidas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas ([IPCC, 2018](#)), que entende **mudança climática** como mudança no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, por meio de testes estatísticos) por mudanças médias e/ou na variabilidade de suas propriedades e que persiste por um período prolongado, normalmente décadas ou mais. Já o termo **adaptação** refere-se tanto aos sistemas humanos quanto aos sistemas naturais. Sob a perspectiva humana, **adaptação** é o processo de ajuste relacionado ao clima real ou esperado e seus efeitos, a fim de moderar os danos ou explorar oportunidades benéficas, por meio da intervenção humana que pode facilitar esse ajuste; sob a perspectiva dos sistemas naturais, o processo de ajuste relaciona-se apenas ao clima atual e seus efeitos. As estratégias de adaptação podem ser categorizadas em estruturais, institucionais, ecológicas ou comportamentais. Para o [IPCC \(2018\)](#), **mitigação** é a intervenção humana para reduzir as emissões ou aumentar os sumidouros de gases de efeito estufa, ou seja, locais que servem de armazenamento desses gases, como por exemplo as florestas.

Sob a ótica da transição energética, também considerou-se verificar se há uma harmonização de conceitos e definições entre os principais países. Isso porque os termos alternativos, sustentável, renovável, limpo, entre outros, por vezes, são utilizados de forma intercambiada, faltando, pois, precisão terminológica.

De acordo com o glossário da Agência Internacional de Energia ([EIA, 2021](#)), **energias renováveis** são recursos energéticos que são naturalmente reabastecidos, mas com fluxo limitado. Eles são virtualmente inesgotáveis em duração, mas limitados na quantidade de energia disponível por unidade de tempo. Porém, por combustíveis renováveis, a EIA assinala que se tratam de combustíveis e componentes de mistura de combustível, exceto combustível diesel baseado em biomassa, combustível diesel renovável e etanol combustível, produzidos a partir de biomassa renovável. A EIA não disponibiliza no glossário definição para fonte sustentável e fonte alternativa de energia.

Segundo o [Eurostat](#), **fontes de energias renováveis** são meramente fontes de energia que se reabastecem naturalmente. **Combustível alternativo**, por sua vez, é considerado um tipo de energia para motor diferente dos combustíveis convencionais gasolina e diesel. **Combustíveis alternativos** incluem eletricidade, GLP, gás natural, álcoois, mistura de álcoois com

outros combustíveis, hidrogênio, biocombustíveis, entre outros, mas excluem gasolina sem chumbo, gasolina reformulada e diesel urbano, ainda que com baixo teor de enxofre.

Uma compreensão ligeiramente diferente é defendida pela [EIA \(2021\)](#), que adota a definição de **combustível alternativo** como combustíveis para utilização pelo setor de transporte e que incluem metanol, etanol e outros álcoois, mistura de combustível que contenha o mínimo de 85% de metanol, etanol modificado, gás natural, propano, hidrogênio, combustíveis líquidos derivados do carvão, combustíveis que não sejam álcoois, mas derivados de materiais biológicos (como diesel da soja), eletricidade. O mesmo glossário registra como **alternativo** qualquer outro combustível que o Secretário da IEA determine, que não seja petróleo e que renda benefícios substanciais de segurança ambiental e energética. Porém, afirma que o termo **combustível alternativo** não inclui álcool ou outras porções misturadas de combustíveis, principalmente à base de petróleo, usados como extensores, ou seja, MTBE, ETBE, outros éteres e a porção de 10% de etanol do gasohol (mistura de gasolina e álcool etílico).

Percebe-se uma convergência dos conceitos no sentido de harmonizar a compreensão de que **fontes alternativas** não são necessariamente fontes renováveis, mas fontes que substituem uma fonte fóssil e poluente, como o petróleo e o carvão. O termo **energia renovável** deve ser utilizado de forma restrita para indicar as fontes energéticas que se renovam de forma natural ou antrópica.

Para o [IPCC \(2018\)](#), **sustentabilidade** é o processo dinâmico que garante a persistência de sistemas naturais e humanos de forma equilibrada. Assim, lembrando a expressão “desenvolvimento sustentável” cunhada pelo [Relatório Brundtland \(1987\)](#) e cuja premissa de resguardo ambiental e crescimento socioeconômico já estava presente na legislação pátria desde o advento da Lei n. 6.938, de 1981, as **fontes sustentáveis** são as produzidas com recursos renováveis e que já geram retorno econômico.

Por fim, **energia limpa** é a “aplicação contínua de uma estratégia integrada de prevenção a processos, produtos e serviços, visando ao aumento da eficiência da produção e a redução dos riscos para o homem e o meio ambiente” (CUSTÓDIO, 2015,<sup>1</sup> p. 30). Assim, a energia limpa é a que reduz o impacto ambiental. Se a **energia limpa** é aquela cujos processos de produção reduzem o impacto poluente sobre o ar, uma outra subclassificação pode ser acrescentada, no sentido de que **energia verde** é a energia proveniente de fontes naturais.

**As energias renováveis e energias limpas** possuem uma área de intersecção, porém existem diferenças em seus conceitos. Embora as energias renováveis, em tese, não se esgotem, desde que reabastecidas, nem toda energia renovável é considerada limpa, pois sua utilização pode resultar em impacto ambiental significativo, que exija mitigação de efeitos deletérios. Por exemplo, alguns estudos sustentam que a energia hidrelétrica, embora renovável, não pode ser classificada como energia limpa, em razão dos danos que sua construção, represamento de rios e desmatamento podem causar ao meio ambiente.

No contexto do CORSIA, os **Combustíveis Sustentáveis de Aviação (Sustainable Aviation Fuels – SAF)** compõem um dos elementos considerados para a redução do impacto ambiental causado pelo setor aéreo. O Esquema de Redução de Emissões da Aviação Civil ([CORSIA](#)) estabeleceu

---

1. CUSTÓDIO, Maraluce. **Energia e direito: perspectivas para um diálogo de sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2015. p. 30

dois princípios fundamentais: o primeiro, considerando a emissão de GEE, estabelece que um combustível sustentável deverá gerar uma menor emissão de carbono em seu ciclo de vida. O segundo princípio, considerando o estoque de carbono, é que um combustível sustentável não poderá ser proveniente de biomassa obtida de terras com alto estoque de carbono.

Com base nesses princípios, a [OACI \(2019a\)](#) estabeleceu os **seguintes critérios para a certificação de combustíveis** de aviação que serão objeto do CORSIA: com base no primeiro princípio, o combustível deverá atingir reduções líquidas de emissões de GEE de pelo menos 10% em comparação com os valores de emissões do ciclo de vida da linha de base para o combustível de aviação; em outras palavras, será elegível combustível fóssil que apresenta emissão ao menos 10% menor que sua contraparte convencional. Com base no segundo princípio, são dois critérios que um combustível deve atender para ser certificado como SAF. O primeiro critério estabelece que o combustível elegível para o CORSIA não poderá ser feito de biomassa obtida de terras regeneradas após 1 de janeiro de 2008 ou que venha a contribuir para a degradação do estoque de carbono em florestas primárias, pântanos e turfeiras, uma vez que essas terras têm altos estoques de carbono. Já o segundo critério estabelece que, em caso de terras regeneradas após 1 de janeiro de 2008, conforme definido nas categorias do IPCC, as emissões de mudança direta do uso da terra devem ser calculadas. Se as emissões de GEE dessas terras excederem o valor padrão de mudança induzida no uso da terra, o valor de mudança direta deve substituir o valor padrão de mudança induzida no uso da terra.

Em documento suplementar de junho de 2019, a [OACI \(2019b\)](#) publicou a **metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (LCA)**, em que considera toda a cadeia produtiva e de utilização do SAF para considerá-lo elegível para o CORSIA. Assim, toda a emissão de GEE do processo produtivo é considerada (ex., plantio, colheita, processos químicos, eletricidade consumida, transporte e distribuição), salvo a construção em si de biorrefinarias e equipamentos, por exemplo.

Com base nesse acordo e observando os protocolos de certificação American Society for Testing and Materials (ASTM), o método CORSIA LCA tornou-se a abordagem adotada internacionalmente para o cálculo das emissões de GEE do ciclo de vida de SAF ([PRUSSI et al., 2021](#)). Podemos citar quatro elementos são fundamentais para a aplicação do método LCA: o uso da contabilidade do ciclo de vida para as emissões de GEE; a inclusão de mudança induzida no uso da terra (AFOLU ILUC); salvaguardas para prevenir o desmatamento; e crédito de práticas que mitigam o risco de mudança no uso da terra (AFOLU LUC) ([SMITH; BUSTAMANTE, 2018](#)).

Cabe também mencionar que **Power-to-Liquid (PtL)** é o termo usado para a produção de combustíveis líquidos a partir de eletricidade, água e CO<sub>2</sub> e também são chamados de combustíveis baseados em eletricidade, ou mesmo eletrocombustíveis. Na seção 3.4 iremos explorar melhor as rotas tecnológicas e as matérias-primas que podem ser utilizadas nesses processos. Porém, vale destacar que a seleção de matéria-prima e tecnologias para produção de SAF devem ser justificadas com base no custo de produção e no impacto ambiental do carbono gerado, evitando a concorrência com o mercado existente de biocombustíveis para transporte rodoviário. Adota-se a expressão SAF para indicar combustíveis alternativos sustentáveis, conforme indicado pela OACI.

O panorama apresentado baliza a dimensão dos conceitos a serem desenvolvidos ao longo deste trabalho que tratará, de forma particular, da implementação das normativas e de políticas públicas para otimização da governança entre atores nos países mais avançados (desenvolvidos) e menos avançados (subdesenvolvidos) em combustíveis no setor de aviação.



# 1. Análise do sistema de governança de políticas públicas

Esta seção está subdividida em três partes. A primeira irá apresentar as partes interessadas que se configuram como atores-chave dentro do desenvolvimento da produção de SAF nos países selecionados. Na segunda, são abordadas as políticas que estimulam mandatos. Na terceira, há uma comparação desses instrumentos de governança pelos países selecionados, incluindo dados disponíveis nas plataformas da OACI.

## 1.1. Identificação e interpretação dos atores-chave nos respectivos países e o papel deles na governança para a Produção de SAF

Na abordagem *multi-stakeholder*, fica nítido que a questão envolve o setor público e o setor privado, como, por exemplo, governos e suas instituições, companhias aéreas, fabricantes de aeronaves, entidades de classe, produtores de combustíveis e insumos, operadores de aeroportos, universidades e centros de pesquisa, coalizões e alianças diversas, bancos de desenvolvimento e instituições financeiras, entre outros. A seguir, apresentam-se as informações sistematizadas sobre os atores-chave nos países selecionados, na União Europeia e no CORSIA:

### 1.1.1. Estados Unidos

A primeira organização a lidar especificamente com SAF nos Estados Unidos foi a Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative ([CAAFI](#)), criada em 2006. Esta iniciativa era inicialmente formada pela Airlines for America (A4A), Aerospace Industries Association (AIA), Airports Council International-North America (ACINA), Boeing e a Federal Aviation Administration (FAA). Atualmente, esta coalizão comporta 74 membros, incluindo de outros países, divididos em várias categorias como fornecedores de matérias-primas, produtores de combustível, abastecimento, consumidores / usuário final, academia e entidades de pesquisa, fabricantes de equipamentos de aviação e aeroportos, agências de *advocacy*, parcerias público-privadas, agências governamentais e outras organizações de serviço.

Existiam algumas iniciativas *multi-stakeholders* para desenvolvimento de SAF que foram descontinuadas tais como: a Sustainable Aviation Fuels Northwest ([SAFN](#)) que funcionou de 2010 a 2011; a Midwest Aviation Sustainable Biofuels Initiative ([MASBI](#)) de 2012 a 2013; Northwest Advanced Renewables Alliance ([NARA](#)) de 2011 a 2016.

No **governo** de Barack Obama (2009-2016) foi lançado um programa de cooperação com a China e em 2010 foi assinado um Memorando de Entendimento (MOU) sobre o desenvolvimento de biocombustíveis de aviação na China. Na esfera doméstica, também foram criados programas para fomentar os biocombustíveis de aviação nos Estados Unidos. Além do Biomass Crop Assistance Program (BCAP), em julho de 2010, foi criado o “[FARM to FLY](#)”, que era uma parceria entre o U.S. Department of Agriculture (USDA) com a A4A e a Boeing com o objetivo de acelerar a disponibilidade de uma indústria de biocombustível para aviação comercialmente viável e sustentável no país, aumentando a segurança energética doméstica e estabelecendo cadeias de abastecimento para desenvolvimento regionais.

Os primeiros voos comerciais movidos a biojet (compostos de um combustível feito a partir de algas) pela Alaska Airlines e United Airlines foram realizados durante a semana de 7 de novembro de 2011. Já o primeiro voo com combustível renovável da LanzaTech feito de resíduos de gases de carbono reciclados foi realizado em outubro de 2018 (DOE, 2018). Segundo a Energy Information Agency (EIA, 2021), atualmente os Estados Unidos possuem seis biorrefinarias, em cinco estados subnacionais: Califórnia, Wyoming, North Dakota, Kansas e Louisiana, sendo que este último contém duas das biorrefinarias. A produção atual é de 4,5 milhões de galões de SAF por ano.

Apesar do setor de biocombustíveis se considerar uma questão bipartidária, encontrou respaldo dos respectivos **políticos democratas** às suas demandas dentro do Congresso: Senadora Klobuchar (D-MN); Senadora Tammy Duckworth (D-IL), Senadora Tammy Baldwin (D-WI), Tina Smith (D-MN), Senador Richard Joseph Durbin (D-IL), Rep. Cindy Axne (D-IA), Rep. Angie Craig (D-MN), Rep. Cheri Bustos (D-IL), Rep. Mark Pocan (D-WI).

No dia 2 de setembro de 2021 eles enviaram uma carta ao líder da Maioria no Senado Charles Schumer e à presidente da Casa Nancy Pelosi pedindo que as leis orçamentárias incluam provisões para o desenvolvimento de biocombustíveis. A comissão de Assuntos Tributários (WAYS & MEANS) também aprovou o crédito tributário para SAF, conforme seção 136203 do projeto orçamentário (Reconciliation bill), mas ainda não se sabe se a lei será aprovada dada a resistência dos moderados.

Os Representantes Brad Schneider (D-IL), Dan Kildee (D-MI) e Julia Brownley (D-CA) ao apresentarem projetos de lei sobre SAF nos EUA tiveram apoio de empresas do setor, mas também destacaram o apoio de ONGs ambientais como a **Environmental Defense Fund (EDF)** e a **World Wildlife Fund (WWF)** (SCHNEIDER, 2021; BROWNLEY, 2021; EDF, 2020).

As tradicionais **associações** da cadeia produtiva de biocombustíveis como **American Farm Bureau Federation, Growth Energy, National Biodiesel Board, National Corn Growers Association, National Farmers Union, Renewable Fuels Association** também manifestaram seu interesse pelo desenvolvimento de SAF. Em carta enviada aos presidentes das Comissão de Finanças do Senado e de Assuntos Tributários (WAYS and MEANS, 2021) em agosto de 2021, estas associações reforçam seu pedido de um crédito tributário baseado na análise de ciclo de vida (LCA) da pegada de carbono dos SAF. Importante notar que eles pedem que o DOE seja responsável por esta análise, argumentando que a EPA não tem atualizados seus modelos de LCA.

Vale ressaltar que antes disso, em abril de 2021, a National Business Aviation Association (NBAA) junto 49 membros, em carta endereçada ao Secretário de Transporte Pete Buttigieg, Conselheira Nacional do Clima Gina McCarthy e Diretor do Conselho Econômico Nacional Brian Deese, pediram um crédito tributário específico para o misturador (*blender*) de SAF.

No que tange à **Administração Biden-Harris** (2021-), o Departamento de Tesouro já havia aportado investimentos para um crédito tributário específico para SAF dentro do seu Green Book de maio de 2021. Mas o anúncio mais esperado desse apoio foi feito pela Casa Branca oficialmente em setembro de 2021. Nesse sentido podemos incluir como órgãos diretamente envolvidos no desenvolvimento e fomento de SAF os Departamentos de Energia (DOE), Agricultura (USDA), Trânsito (DOT), Defesa (DOD), Forças Aéreas (FAA) e a Agência de Proteção Ambiental (EPA). A consagração do apoio neste governo veio a partir de uma *roundtable*

com vários *stakeholders* que resultou em um Fact Sheet divulgado pela Casa Branca (UNITED STATES, 2021).

No âmbito do DOE, podemos ainda citar o National Renewable Energy Laboratory (**NREL**), o Bioenergy Technologies Office (**BETO**) e o Advanced Research Projects Agency-Energy (**AR-PA-E**) como órgãos diretamente responsáveis por essas iniciativas. Há inclusive parcerias com a NASA. A FAA tem um programa chamado Continuous Lower Energy, Emissions, and Noise (CLEEN) juntamente com **Boeing**, **General Electric (GE)**, **Honeywell**, **Pratt & Whitney (P & W)**, e **Rolls-Royce**.

Considerando todas as iniciativas conjuntamente, os investimentos anunciados somam mais de US\$ 4,3 bilhões em programas de pesquisa e desenvolvimento (PD&I) para viabilizar os incentivos à SAF. Existe um SAF Working Group que congrega BETO, USDA, CAAFI, FAA, National Labs com biorrefinarias, produtores de combustível, produtores de equipamentos (OEM), universidades e outros *stakeholders* com representantes inclusive do Canadá e México.

Vale ressaltar que há um projeto conjunto chamado **Aviation Sustainability Center (ASCENT)**<sup>2</sup> coliderada pela Washington State University e pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT). Este Centro é financiado pela FAA, NASA, DOD, EPA e Departamento de Transporte do Canadá. A cooperação de pesquisa inclui **16 universidades** líderes dos EUA. Além das duas já citadas estão incluídas: Boston University, Georgia Institute of Technology, Missouri University of Science and Technology, Oregon State University, Pennsylvania State University, Purdue University, Stanford University, University of Dayton, University of Hawaii, University of Illinois, University of North Carolina, University of Pennsylvania, University of Tennessee. Como colaboradoras ainda constam: National Aviation University, University of Connecticut, University of Hasselt, University of Nebraska – Lincoln e University of Toronto.

As **empresas aéreas** que se comprometeram a aumentar o uso de SAF segundo o informe (Factsheet) da Casa Branca (UNITED STATES, 2021) são: Delta, United, American, Alaska, Southwest Airlines e a JetBlue. Elas têm parcerias com **produtoras** de SAF:

- A **Delta** usa o combustível da **Neste**, **Gevo** e **Northwest Advanced Bio-Fuels** e recentemente também anunciou parceria com a **Chevron**. Apesar de não se comprometer com nenhuma meta específica, a **Chevron** anunciou também em setembro de 2021 que deve triplicar seus investimentos, atingindo US\$ 10 bilhões para reduzir sua pegada de emissões de carbono até 2028. A expectativa é de produzir 100.000 barris/dia para suprir demandas de diesel renovável e SAF;
- A **American** utiliza combustível da Prometheus Fuels; a United tem um investimento com a **Honeywell** e a **Alder Fuels**, sendo que as tecnologias Alder, juntamente com o processo Ecofining™ da Honeywell, podem ter a capacidade de produzir um combustível carbono negativo de acordo com as especificações do combustível de aviação atual. Tal projeto tem apoio do U.S. Defense Logistics Agency, DOE e NREL;
- A **Alaska Airlines** usa SAF da **SkyNRG Americas** e da Neste;
- A **Southwest Airline** está desenvolvendo parceria com NREL; e
- A **JetBlue** aliada a **Joby Aviation** and **Universal Hydrogen** busca desenvolver inclusive aeronaves elétricas e movidas a hidrogênio.

2. Para mais informações das atividades ver ASCENT, 2020.

Há ainda outras empresas investindo para entrar logo nesse mercado. A Airbus começará a entregar todas as aeronaves produzidas em suas instalações de fabricação localizadas em Mobile (Alabama), com o combustível de aviação sustentável (SAF) até novembro de 2021. A fábrica da Embraer nos Estados Unidos assumiu compromisso junto a AvFuel para incorporar Neste MY Sustainable Aviation Fuel (SAF) nos jatos executivos que operam no Aeroporto Internacional Melbourne Orlando (MLB).

No estado da Geórgia, espera-se que o projeto-piloto aprovado da Biorrefinaria LanzaTech Freedom Pines em Soperton poderá produzir anualmente bilhões de galões de SAF. A venda de SAF da LanzaJet irá para Suncor, British Airways e All Nippon Airways e entre os investidores também estão a Shell Neste mesmo estado, há ainda a Gulfstream Aerospace Corp que já utiliza SAF em seus jatos executivos (G700 e G500).

Outras partes diretamente interessadas que atuam com as *trade associations* são os representantes de **aeroportos**, como o San Francisco International Airport, Airports Council International – North America, American Association of Airport Executives, Port of Seattle/Seattle-Tacoma International Airport. Há também outros aeroportos que já estão buscando soluções para descarbonização como Indianapolis, IN (IND), Philadelphia, PA (PHL), Salt Lake City, UT (SLC), San Diego, CA (SAN) e Dallas-Fort Worth, TX (DFW). As **empresas de logística** como FedEx Express e a Cargo Airline Association (CAA), a qual representa Amazon.com, DHL Express, UPS, Atlas Air Worldwide entre outras, assinaram esta carta em abril e também estão citadas no documento divulgado pela Casa Branca (UNITED STATES, 2021).

Para além dos *players* tradicionais, é interessante verificar que mesmo **empresas de tecnologia** têm desempenhado papel relevante nas iniciativas ligadas a SAF. Em setembro de 2021 foi assinado um MOU entre a Chevron U.S.A. Inc., na sua divisão chamada Chevron Products Company com a Delta Air Lines (Delta) e Google para desenvolvimento de uma tecnologia na nuvem para rastreamento de emissões de SAF. O combustível da Chevron será vendido à Delta no Aeroporto Internacional de Los Angeles (LAX) (CHEVRON, 2021).

Ainda em abril de 2021, foi ainda criada uma aliança entre Bank of America, Boston Consulting Group, Boeing, Deloitte, JPMorgan Chase, McKinsey and Company, Microsoft, Netflix e Salesforce chamada Sustainable Aviation Buyers Alliance (SABA), a qual será operacionalizada pelo Environmental Defence Fund e pelo Rocky Mountain Institute (RMI), com apoio do Climate Group para desenvolvimento de SAF. A SABA tem como objetivo que a aviação comercial possa utilizar 100% de biocombustíveis até 2030 e desenvolver um sistema de certificação SAF rigoroso e transparente. O sistema, em sua visão, expandirá as oportunidades de investimento da SAF para todas as empresas, organizações e até mesmo indivíduos interessados em reduzir os impactos climáticos do transporte aéreo. Isso vai acelerar o uso e reduzir os custos de SAF, para ajudar a impulsionar as reduções de emissões da aviação na escala e no ritmo que a ciência exige (GEORGE, 2021).

Mas há quem **discorda** da forma pela qual as políticas de descarbonização incluem os biocombustíveis. Um grupo de 100 entidades ambientais e de saúde pública, incluindo **Friends of the Earth, Quiet Skies Coalition, Quiet Skies Puget Sound, Rocky Mountain Neighborhood Conservancy, Wasatch Clean Air Coalition**, também se manifestou em uma carta alegando que os biocombustíveis não provaram ser carbono neutros ou sustentáveis e que os mecanismos de compensação são soluções falsas para os problemas que o governo quer resolver. Isso porque alegam que o governo deve investir na eletrificação de todos os voos regionais até 2040 e substituir os jatos a combustível fóssil com aeronaves com zero emissões até 2045.

Entre as ações desses grupos contrários está a abertura de um processo judicial em janeiro de 2021 liderado pelas organizações Center for Biological Diversity, Sierra Club, Earthjustice, e Friends of the Earth, contra a EPA pelos Padrões adotados sobre as emissões aéreas em presentes em Control of Air Pollution from Airplanes and Airplane Engines: GHG Emission Standards and Test Procedures – Final Rulemaking (2021).

Foi divulgado que um acordo entre ADM e Gevo vai disponibilizar mais de 12% do biocombustível utilizado pelas aeronaves nos Estados Unidos e na Europa até 2030 (GEVO, 2021). Como parte do *Eco-Skies Alliance program*, no dia 1º de dezembro de 2021, a United realizou um voo de Chicago a Washington, com 115 passageiros, utilizando 100% SAF. Foi a primeira vez que uma empresa aérea teve uma iniciativa com 100% SAF. O motor da aeronave é desenvolvido pela CFM International, uma empresa conjunta entre a GE e a Safran Aircraft Engines (PALMER, 2021).

**Quadro 1.** Mapeamento das partes interessadas em SAF nos Estados Unidos

Partes Interessadas	Interesse nos objetivos de SAF	Recursos e Capacidades	Influência	Prioridades e ações
Governo – Executivo	Reduzir as emissões do setor de aviação em 20% até 2030, aumentar empregos qualificados e demonstrar a liderança dos EUA em âmbito internacional	Coordenação de iniciativas a partir de vários órgãos (DOE, USDA, FAA, NASA, DoT, DoD)	+	Atingir a produção de 3 bilhões de galões de SAF por ano por meio do Sustainable Aviation Fuel Grand Challenge; viabilizar um crédito tributário ao SAF
Governo – Legislativo (Democratas)	Aumentar empregos para América rural, diminuir o preço aos consumidores, melhorar meio ambiente	Inclusão de apoio aos combustíveis renováveis na lei orçamentária	+	Pressionar a Presidente Pelosi e o líder Schumer para que mantenham os programas de incentivos a biocombustíveis
Produtoras de SAF (Lanza Jet, World Energy, Gevo, Fulcrum, Velocys, Chevron, SkyNRV, BP, Virent, Honeywell, Shell, Neste, Marquis, Green Plains Inc., ADM, Prometheus, Aemetis)	Planejam aumentar a produção de SAF em escala, sendo que atualmente a produção é de 4,5 milhões de galões	Desenvolvimento de tecnologias de várias rotas de SAF	+	Investimentos em várias rotas de produção de SAF e buscar parcerias com empresas aéreas e aeroportos
Companhias aéreas (Delta, United, American, Alaska, Southwest Airlines; JetBlue, entre outras)	Atingir metas de sustentabilidade na lógica net-zero ao diminuir as emissões de GEE em seus voos	Parcerias com as produtoras de SAF e novas tecnologias mais limpas de aviação	+	Garantir a demanda de SAF aos produtores e promover a sustentabilidade em suas operações
Empresas de frete – Cargo Airline Association (CAA)	Promover a sustentabilidade, incorporando considerações climáticas em seus negócios	Comprar aeronaves novas e com baixo consumo de combustível, eletrificação de equipamentos terrestres,	+	Promover o uso de SAF e pioneirismo no uso de aeronaves de carga elétricas de curta distância
Produtores de etanol e biodiesel como matéria-prima (RFA, Growth Energy, NBB)	Aumentar a demanda de seus produtos para viabilizar a produção de SAF de seus associados	Produtores de etanol, milho e biodiesel	+	Crédito tributário baseado na análise de ciclo de vida (LCA) da pegada de carbono dos SAF. Pedem que DOE seja responsável pelos modelos de LCA.

Aeroportos (Indianapolis, IN (IND), Philadelphia, PA (PHL), Salt Lake City, UT (SLC), San Diego, CA (SAN) e Dallas-Fort Worth, TX (DFW))	Realizar o compromisso de alcançar net-zero até 2050 para melhor a mitigação do impacto climático do setor aéreo e a qualidade de vida de seus colaboradores	Melhorar a eficiência operacional e esforços de redução de emissões; o SAF já está disponível comercialmente e é usado regularmente em voos de passageiros em Los Angeles (LAX) e San Francisco (SFO)	+	Viabilizar a infraestrutura necessária nos aeroportos citados para permitir entregas SAF no futuro
CAAFI	Promover o desenvolvimento de opções alternativas de combustível para aviação que ofereçam segurança equivalente e custos favoráveis em comparação com o combustível para aviação à base de petróleo	Como possui 74 membros de diversos elos da cadeia, pode implementar estruturas e compartilhar melhores práticas	+	Divulgar a proposta de valor do SAF; Aprimorar a abordagem de qualificação de combustível; permitir a implantação comercial da cadeia de suprimentos SAF dos EUA
Sustainable Aviation Buyers Alliance (SABA)	acelerar o caminho para o transporte aéreo neutro em carbono, impulsionando o investimento em SAF,	Capacidade de desenvolver um sistema de certificação SAF rigoroso e transparente.	+	Catalisando a produção e inovação tecnológica de SAF e apoiando o envolvimento dos membros nos esforços de formulação de políticas
National Business Aviation Association (NBAA)	Aumentar a disponibilidade e acessibilidade de combustível de aviação sustentável é fundamental para alcançar a meta da indústria de aviação de crescimento neutro em carbono	Representa mais de 11.000 empresas e profissionais da comunidade da aviação	+	Pressionar o congresso para obter créditos fiscais federais para aumentar o fornecimento de SAF a fim de tornar o combustível mais competitivo
16 Universidades do Aviation Sustainability Center	Criar soluções baseadas na ciência para os maiores desafios da indústria da aviação	Fomentar parcerias com programas de pesquisa internacionais, agências federais e laboratórios nacionais para criar uma capacidade de pesquisa abrangente	+	Explorar maneiras de produzir combustíveis de aviação sustentáveis em escala comercial, criando uma indústria com potencial para desenvolvimento econômico em larga escala e criação de empregos
ONGs Ambientalist (Friends of the Earth, Sierra Club, e outras)	Impedir a produção de biocombustíveis nos EUA	Judicialização de processos	-	Realizar ações de <i>advocacy</i> contra os SAF, ao promover os elétricos
ONGs Ambientalist como Environmental World Wildlife Fund (WWF)	Defendem uso de SAF	Relação da WWF com a RSB* - Certificadora de SAF	+	Apoiaram Sustainable Skies Act e o Sustainable Aviation Fuel Act

Legenda: + Influência potencial positiva; - Influência potencial negativa; +/- Possível influência positiva e negativa; ? Influência incerta. \*Roundtable on Sustainable Biomaterials

Fonte: Elaboração própria, 2021.

### 1.1.2. China

Como mencionado anteriormente, foi firmado um MOU em maio de 2010 entre os Estados Unidos e China, que incluem a **Boeing (China)** e o Instituto de **Qingdao** de Bioenergia e Tecnologia de Bioprocessos (QIBEBT) ligado à **Chinese Academy of Sciences**. A partir disso, foi criado um Laboratório de Biocombustíveis de Aviação Sustentável inaugurado em setembro do mesmo ano. A **China National Petroleum Corporation (CNPC)** também foi parceira neste projeto. O projeto que ficou conhecido como “Joint Research Lab for Sustainable Aviation Biofuels (JRLSAB)” teve o investimento de US\$ 3 milhões na primeira fase de três anos (QIBEBT, 2010).

Em 2009, a **Sinopec** havia iniciado a pesquisa e o desenvolvimento de biocombustível para jatos e desenvolveu sua própria tecnologia de produção de biocombustíveis. Em função disso, em setembro de 2011, a Sinopec reconstruiu uma planta industrial de querosene para jatos e uma unidade de mistura em sua subsidiária Zhenhai Refining & Chemical Hangzhou Base de Produção Petroquímica. Essa foi a primeira unidade de produção industrializada de biocombustíveis para jatos na Ásia (CHINA NEWS NETWORK, 2015).

O primeiro voo que utilizou SAF na China foi realizado pela **Air China** em 2011 juntamente com a Boeing. A **PetroChina**, trabalhando com a **UOP Honeywell**, adquiriu e refinou o biocombustível à base de pinhão manso cultivado na China. A **China National Aviation Fuel** foi a responsável pela mistura do biocombustível com o combustível tradicional de aviação e pelo abastecimento da aeronave (BOEING, 2011).

Em dezembro de 2011, foi produzido o primeiro biocombustível qualificado para a aviação pela Sinopec, a qual apresentou formalmente o pedido de certificação de aeronavegabilidade do combustível biojet Sinopec n. 1 à **Civil Aviation Administration of China (CAAC)**. Em 24 de abril de 2013, o combustível Sinopec n. 1 foi utilizado pela **China Eastern Airlines** no Aeroporto de Xangai Hongqiao. Em 12 de fevereiro de 2014, a Sinopec obteve a primeira licença de aeronavegabilidade para biocombustível de jato da China emitida pela CAAC para sua aplicação em voos comerciais. Em 2015, houve o primeiro voo com passageiros operado pela **Hainan Airlines**, com o Boeing 737-800, do Aeroporto de Xangai Hongqiao ao Aeroporto Internacional de Pequim (CHINA NEWS NETWORK, 2015).

A Boeing na China também havia firmado uma parceria com a Commercial Aircraft Corp. of China (**COMAC**) em 2012 para criação do **Aviation Energy Conservation and Emissions Reductions Technology Center** em Pequim. Vale ressaltar que a COMAC é uma empresa estatal, que é formada com a aprovação do Conselho de Estado e do State-owned Assets Supervision and Administration Commission of the **State Council (SASAC)**. Dois anos depois, foi inaugurada uma planta-piloto de SAF a partir de óleo de cozinha residual chamada China-U.S. Aviation Biofuel Pilot Project. A expectativa era de produzir 500 milhões de galões anualmente (BOEING, 2014).

Já a **ENN**, uma das principais empresas de bioenergia do mundo com sede na China, fez uma parceria com a **Airbus** e a European Aeronautic Defence and Space Company (**EADS**) para produzirem SAF a partir de algas com início em 2013 (EADS, 2012). No mesmo ano a Airbus lançou uma cooperação com a **Universidade de Tsinghua** para realizar uma análise de sustentabilidade de matérias-primas chinesas e para avaliar a melhor forma de apoiar o desenvolvimento de uma cadeia de valor chinesa para acelerar a comercialização de combustíveis sustentáveis.

Uma empresa que também tem despontado é a China Airlines (CAL). Em 2017, fez uma parceria com a **Airbus** e a **Air TOTAL**. Cinco novas operações de voo foram realizadas para adicionar SAF que recebeu a Certificação de Sustentabilidade (CoS) para reduzir os impactos ambientais. O uso de SAF em aeronaves da China Airline do tipo A350-900 reduziria as emissões de dióxido de carbono em mais de 30%, estabelecendo novo marco para as transportadoras taiwanesas.

Segundo o site da CAL, em resposta às tendências internacionais de uso de SAF e desenvolvimento tecnológico, a empresa realizou o primeiro workshop SAF em Taiwan em 2018. Nesse evento, estavam presentes mais de 50 especialistas ambientais do governo, indústria e academia para trocar informações das tendências de desenvolvimento global e práticas domésticas, a fim de debater as estratégias SAF para a indústria de aviação. De 2019 a 2020, a CAL continuou a realizar reuniões de consulta, bem como participou de fóruns da indústria-governo para promover a construção de consenso da indústria e do governo sobre o desenvolvimento do SAF de Taiwan.

No relatório de 2019, a CAL afirmou que continua a rever e corrigir para cumprir as medidas de gestão e procedimentos operacionais da CORSIA e continuando a promover o projeto Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD) para aprofundar as operações de gestão de carbono e aumentar a resiliência às mudanças climáticas. Dessa forma, assume que dá atenção ao desenvolvimento de políticas relacionadas à SAF para responder à tendência internacional de redução de carbono e energia sustentável.

Outro importante player é a **China Aviation Oil (CAO)**, que é o maior negociante de combustível de aviação na região da Ásia-Pacífico e o único fornecedor de combustível de aviação importado para a indústria de aviação civil da China. A CAO e suas subsidiárias – China Aviation Oil (Hong Kong) Company Limited e North American Fuel Corporation – fornecem combustível para aviões aos aeroportos fora da China, incluindo Ásia-Pacífico, Europa, América do Norte e Oriente Médio. A subsidiária desta empresa em Cingapura, em parceria com a **SkyNRG**, **North American Fuel Corporation (NAFCO)** e a **EPIC Fuels** promoveram o primeiro voo realizado pela Singapore Airlines com combustível sustentável de aviação em 2017.

A CAO está ligada à **China National Aviation Fuel Group Limited (CNAF)**, a qual é a maior fornecedora estatal de combustível de aviação na China. É uma organização diretamente sob a administração do **SASAC**. A CNAF controla e detém ações de mais de 20 empresas no país e no exterior, presente em 219 aeroportos comerciais na China, onde possui instalações de abastecimento de combustível e estende o mercado a 48 aeroportos no exterior.

No caso de associações comerciais, podemos citar a **Association of Asia Pacific Airlines (AAPA)** composta por 14 membros, na qual a China Airlines é uma das suas fundadoras e as empresas de Taiwan China Airlines e EVA Airways se associaram recentemente. A Associação está comprometida com as emissões líquidas de carbono zero até 2050. Para tanto, busca desenvolver SAF sendo que o diretor Subhas Menon (2021) afirmou que é preciso um esforço conjunto para atender 40% da demanda global de SAF correspondente a região da Ásia Pacífico. A Cathay Pacific de Hong Kong também é membro da **AAPA** e foi membro do **Sustainable Aviation Fuel Users Group (SAFUG)** junto com a **Air China**. No total, 25 empresas aéreas estavam no SAFUG, as quais representavam 33% da demanda de combustível de aviação na época de 2008.

Já em outubro de 2021, a China Eastern Airlines teve uma postura de defender que a meta de carbono zero da IATA fosse postergada em 10 anos, a fim de ficar igual à pena estabelecida pelo presidente chinês, isto é, que fosse para 2060.

**Quadro 2.** Mapeamento das partes interessadas em SAF na China

Partes Interessadas	Interesse nos objetivos de SAF	Recursos e Capacidades	Influência	Prioridades e ações
Governo – Administração de Aviação Civil da China	Certifica o uso de SAF	Aprovar o uso de SAF na China	+	Diminuir as emissões do setor aéreo
Produtora de SAF Sinopec	Aumentar a demanda de SAF	Maior refinaria de petróleo estatal, primeira unidade de produção industrializada de biocombustíveis para jatos na Ásia	+	Meta de produzir 100,000 mt/ano de capacidade de produção até 2025
China National Aviation Fuel Group Limited (CNAF)	Desenvolver o setor de aviação na China	Maior fornecedora estatal de combustível de aviação na China presente em 219 aeroportos na China	?	N.D.
China Aviation Oil (CAO)	Construir uma empresa de petróleo para aviação de classe mundial com competitividade internacional e influência na indústria	Promoverá a pesquisa e aplicação de biocombustíveis para aviação e energia alternativa	+	N.D.
Empresas aéreas – China Eastern Airlines, Hainan Airlines, China Airlines, Cathay Pacific, Taiwan China Airlines e EVA Airways	Utilizar SAF para diminuir as emissões de carbono e cumprir as metas nacionais e internacionais	Estabelecer parcerias com fornecedores de SAF e aeronaves, principalmente com a Boeing	+	Realizar ações para diminuir emissões de carbono
Boeing (China)	Apoiar a inovação e difusão da indústria da aviação no desenvolvimento de SAF	Realização de parcerias	+	Projeto de Planta-Piloto e testes de voos
Association of Asia Pacific Airlines (AAPA)	Attingir emissões líquidas de carbono igual a zero	14 membros de vários países	+	Pressionar governos e empresas a produzir SAF

Legenda: + Influência potencial positiva; – Influência potencial negativa; +/- Possível influência positiva e negativa; ? Influência incerta.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

### 1.1.3. Japão

No Japão, o primeiro voo de teste utilizando SAF foi realizado em 2009 pela **Japan Airlines (JAL)**, com um avião da **Boeing** no qual foi colocado uma mistura de 50% de biocombustível de segunda geração (camelina – 84%, pinhão-manso – menos de 16% e algas – menos de 1%) produzido pela americana **Sustainable Oils**. A **Honeywell UOP** fez parte desta iniciativa ([JAPAN AIRLINES, 2009](#)). Depois, em 2012, a **All Nippon Airways (ANA)**, com um Boeing 787 Dreamliner, voou pela primeira vez utilizando biocombustíveis sustentáveis a partir de HEFA de óleo residual (UCO) ([BOEING, 2012](#)).

Em 2014 foi criada a **Initiatives for Next-generation Aviation Fuels (INAF)**, que era um grupo formado pela [Universidade de Tóquio](#), Nippon Cargo Airlines, Japan Airlines, ANA, Boeing e Narita International Airport, além de outros **46 stakeholders**. Entre os observadores estão os **órgãos governamentais**: Ministério da Agricultura, Florestas e Pescas; Ministério da Economia, Comércio e Indústria; Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo; Ministério do Meio Ambiente; Força de Autodefesa Marítima do Japão; **Organização de Desenvolvimento de Nova Energia e Tecnologia Industrial (NEDO)**; Organização Nacional de Pesquisa Agrícola e Alimentar e a IATA Japão. Eles organizaram um *roadmap* em 2015, a fim de promover o desenvolvimento de negócios com recomendação na política governamental, além de produtos, matérias-primas (com foco em algas e resíduos sólidos urbanos), tecnologias, sustentabilidade, distribuição, cálculos de custos, financiamento e equipamentos ([INAF, 2015](#)).

Vale ressaltar que a [NEDO \(2021\)](#) vem promovendo o projeto de Desenvolvimento de Tecnologias de Produção para Combustíveis Biojet desde 2017.<sup>3</sup> Estão envolvidas no projeto de 2021 a **Mitsubishi Power**, a **Toyo Engineering Corporation**, a Japan Aerospace Exploration Agency (**JAXA**) e a **IHI Corporation**. Os SAF produzidos são disponibilizados no **Aeroporto Internacional de Tóquio**. Em 2019, a empresa britânica **Velocys** entregou reatores Fischer-Tropsch (FT) e catalisadores para a Toyo na planta de Nagoya ([VELOCYS, 2019](#)). A IHI Corporation desde 2017 faz testes de cultura de algas em Kagoshima e na Tailândia. O combustível produzido pela IHI foi aprovado em maio de 2020 (Anexo 7 da ASTM D7566). Esta foi a primeira vez que uma empresa japonesa como requerente obteve o padrão internacional ([IHI, 2020](#)). Outras parcerias da NEDO incluem a JGC Holdings Corporation, a REVO International, a Cosmo Oil e a JGC Japan Corporation e a Odakyu Electric Railway.

A primeira biorrefinaria no Japão, também fomentada pela NEDO, foi chamada [Euglena](#) e é localizada em Tsurumi, Yokohama. Os apoiadores deste projeto foram a cidade de Yokohama, Chiyoda Corporation, Itochu Enex, Isuzu Motors e a ANA, os quais faziam parte do **Made-in-Japan Biofuels Project** desde 2015, sendo que a empresa Hiro Jiren entrou nessa parceria em 2018.

Ainda em 2018, foi lançada a declaração [Green Oil Japan](#) quando a biorrefinaria entrou em operação. Com investimento de 5,8 bilhões de ienes, estimava-se que a produção seria de 125.000 KL por ano até 2025 (o valor varia dependendo da implementação de teste e status de desenvolvimento de manutenção etc.) a partir da tecnologia [Biofuels ISOCONVERSION Process \(BIC process\)](#) licenciada pela Chevron Lummus Global / Applied Research Associates. Espera-se atingir 1 milhão de KL até 2030, com o custo de 100 ienes por litro. A informação é de que a planta está funcionando bem e está produzindo SAF a partir de uma mistura de “euglena” (lipídios derivados de microalgas) e óleo de cozinha residual (UCO). A biorrefinaria anunciou no ano de 2021 que pretende abrir a escala comercial em 2025 ([EUGLENA, 2021](#); [EUGLENA, 2017](#))

3. Informação adicional sobre pode ser vista em: [NEDO, 2017](#)

Ainda visando ao desenvolvimento de biocombustível de aviação, no período de 2015-2020 foi estabelecido o **Committee for the Introduction of BJT for the 2020 Olympic and Paralympic Games in Tokyo** formado por 11 empresas e representantes de 5 ministérios e agências governamentais (METI, 2018).

Voltando às iniciativas das empresas aéreas, desde 2011, a **ANA** apoia o projeto da Euglena. Em 2019, a ANA fechou uma parceria com a **LanzaTech**, que foi expandida em 2020, dando à ANA a oportunidade de participar da comercialização de combustível em todo o portfólio e produção global da **Lanza Jet**. Também em 2020 firmou um acordo com a **Neste** e realizaram o primeiro voo para fora do Japão usando SAF. Juntamente com Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation, a Toshiba Corporation, a Toyo Engineering Corporation, a Idemitsu Kosan e a Japan CCS, a empresa aérea firmou uma parceria em 2020 de reciclagem para reutilização de CO<sub>2</sub> de fontes como gases de exaustão em SAF (ANA, 2021a). A ANA também lançou, em 2021, a SAF Flight Initiative e teve o apoio das três maiores empresas de logística Nippon Express, Kintetsu World Express e Yusen Logistics (ANA, 2021b).

No caso da JAL, em 2018, houve um anúncio de um investimento de 900 milhões de ienes (na época US\$8 milhões) na empresa americana **Fulcrum BioEnergy** para produção de SAF a partir de resíduos sólidos urbanos (MSW) (Green Air, 2018). Também em 2018, a JAL lançou um projeto para converter tecidos de algodão em SAF. Durante o projeto desenvolvido no Japão, 50 empresas locais ajudaram a coletar cerca de 250.000 peças de roupa e com o apoio técnico do Green Earth Institute e usaram uma tecnologia de bioprocessos desenvolvida pelo Instituto de Pesquisa de Tecnologia Inovadora para a Terra (RITE). Segundo a JAL (2021a), a produção foi realizada em março de 2020. Além disso, a JAL e a ANA operaram voos em 2021 utilizando dois tipos de SAF (JAL, 2021b; METI, 2021).

Mais recentemente, entre as cinco empresas membros da **AAPA** que já haviam se comprometido a atingir a neutralidade de carbono até 2050 estão as japonesas ANA e JAL. Essas empresas têm a expectativa de que a demanda por SAF chegue a 396,000 barris/dia em 2050 em conformidade com as metas de atingir carbono zero nas suas operações (ARGUS, 2021). Por isso, pretendem utilizar SAF em todos os voos no âmbito doméstico e internacional. Ambas já tinham assumido o compromisso da coalizão Clean Skies for Tomorrow. ANA e JAL também foram membros da **SAFUG**.

**Quadro 3.** Mapeamento das partes interessadas em SAF no Japão

Partes Interessadas	Interesse nos objetivos de SAF	Recursos e Capacidades	Influência	Prioridades e ações
Governo: Agência de Recursos Naturais e Energia do METI e Gabinete de Aviação Civil do Ministério de Terras, Infraestruturas, Transportes e Turismo, JAXA	Incentivos de políticas que promovam a incorporação de SAF	Principal Projeto atual Development of Production Technologies for Biojet Fuels	+	Facilitar esforços unificados por produtores e usuários SAF
NEDO	Reduzir as emissões de CO <sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa no campo da aviação a partir de 2030, promovendo a utilização de combustível biojet	Financiamento público e várias parcerias de PD&I	+	Promover a produção integrada de combustível de biojet a partir de microalgas, resíduos de madeira e outras biomassas
Empresas aéreas nacionais – ANA, JAL	Reduzir as emissões totais de CO <sub>2</sub> a praticamente zero em 2050. Usar 10% até SAF em 2030.	Investir em parcerias para produção de SAF em suas aeronaves, participar de iniciativas e coalizões internacionais	+	Promover a substituição de aeronaves com baixo consumo de combustível, inovações nas operações de voo e o uso de SAF
Nippon Cargo Airlines, Nippon Express, Kintetsu World Express e Yusen Logistics	Utilizar SAF em suas operações	Integrar coalizão para diminuir suas pegadas de carbono	+	Fazer parte da SAF Flight Initiative promovida pela ANA
Produtoras SAF: Honeywell UOP, Fulcrum, Neste, e a japonesa Euglena Co	Aumentar a disponibilidade de SAF em diferentes rotas	Parcerias com as empresas aéreas e a NEDO	+	Aumentar a oferta de SAF no Japão
Initiatives for Next-generation Aviation Fuels (INAF)	Estabelecer uma cadeia de suprimentos para combustíveis de aviação de próxima geração no Japão	46 <i>stakeholders</i>	+	Foi realizado um roadmap com recomendação para uso de SAF
Aeroportos – Narita International Airport	Fornecimento de SAF	Parcerias com empresas aéreas e produtoras de SAF	+	Ações de mitigação de GEE
Boeing (Japão)	Proteger o meio ambiente e apoiar o crescimento sustentável de longo prazo para a aviação comercial	Projetos ativos de biocombustíveis em seis continentes	+	

Universidades: University of Tokyo	Ajudar a criar a indústria da aviação como uma das indústrias líderes no Japão e contribuir para obter a máxima utilização do espaço aéreo, desenvolvendo um conjunto de recomendações de políticas	Pesquisar inovação em aviação a partir de uma ampla gama de pontos de vista, incluindo aeronáutica, política de aviação e economia. Ajudaram a produzir o <i>roadmap</i> de 2015	+	Proposta de Sistema de Certificação de Segurança da Aviação e Normalização Técnica
Associação de Petróleo do Japão (JAPEX)	Construir uma cadeia de valor SAF no Japão	Parceria com Revo International, JGC Japan Corporation, financiada pela NEDO	+	Desenvolver SAF de óleo de cozinha residual
Mitsubishi Hitachi Power Systems, Yasuhiro Yamauchi, Electric Power Development, Hitachi Zosen Corporation	Tecnologia de gaseificação e equipamentos para produção de SAF	Parcerias em projetos com a NEDO	+	Produção integrada a partir de resíduos de madeira e cultivo de microalgas para SAF
Green Earth Institute Co	Plataforma de inovação tecnológica para substituir a indústria petroquímica e a indústria de fermentação existente criando uma indústria de biorrefinaria	A tecnologia é usada para produzir aminoácidos, biocombustíveis outros produtos químicos verdes a partir de matérias-primas de biomassa lignocelulósica que não competem com alimentos	+	Esforços contínuos conduzindo contribuições substanciais para realizar uma sociedade global sustentável para o século 21

Legenda: + Influência potencial positiva; – Influência potencial negativa; +/- Possível influência positiva e negativa; ? Influência incerta.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

#### 1.1.4. Alemanha

O ano de 2010 marcou a Alemanha quando o tema é combustível sustentável de aviação. Isso porque foi realizado o primeiro voo com 100% biocombustível derivado de algas. A aeronave utilizada foi um Diamond DA42 NG movido por motores Austro Engine AE300 ([DIAMOND AIRCRAFT, 2010](#)). Esse projeto teve como parceira a European Aeronautic Defence and Space Company (EADS).

O governo alemão criou um projeto chamado Future Aircraft Research (FAIR) – [burnFAIR](#)<sup>4</sup> – criado para examinar outras questões além da compatibilidade de biocombustíveis, incluindo novos conceitos de propulsão para aeronaves e outros combustíveis, como gás natural liquefeito (GNL). No âmbito deste projeto foram concedidos € 2,5 milhões pelo Ministério Federal da Economia e Tecnologia da Alemanha. Em 2011, como parte deste, a **Lufthansa** realizou por seis meses, testes com voos regulares contendo 50% da mistura com SAF (HEFA) produzido pela Neste. A empresa estimou na época que os custos totais para a realização destes testes se-

4. O relatório final do burnFAIR está disponível em [Zschocke \(2014\)](#).

riam de cerca de € 6,6 milhões (GREEN CAR CONGRESS, 2011). Esses testes foram realizados até dezembro de 2011, operando 1.187 voos domésticos entre Frankfurt e Hamburgo. Houve também um voo de encerramento do projeto realizado em janeiro de 2012 de Frankfurt até Washington/DC nos Estados Unidos. O resultado do projeto teria gerado uma economia total de cerca de 1.500 toneladas de CO<sub>2</sub> (BECKER e EDMONDS, 2012; NESTE, 2012; GUBISCH, 2012). Em 2019, a parceria entre a Neste e a Lufthansa foi retomada (NESTE, 2019).

Ainda em 2012, a empresa aérea alemã firmou um acordo com a australiana Algae.Tec para desenvolver uma planta de SAF na Europa a partir de algas (HOGAN, 2012). A Lufthansa também fez um acordo para testar o SAF produzido com a rota ATJ da Gevo em abril de 2014 (GEVO, 2014) e fez parte do EU 'Blending Study' em 2013 (AVIATION BENEFITS, 2013). Um voo de Frankfurt para Berlim também foi realizado no ano de 2014, utilizando o combustível desenvolvido em conjunto pela Total e Amyris, por meio da rota SIP, certificado pela RSB (GREEN CAR CONGRESS, 2014). A plataforma "Compensaid" foi criada pela Lufthansa em 2019 para que seus passageiros pudessem compensar emissões de carbono com uso de SAF (LUFTHANSA, 2019).

A Lufthansa faz parte da **SAFUG** e também da **Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany (AIREG)**, que foi criada em 2011 e hoje composta por 36 membros do setor aéreo, cujo objetivo principal é o de estabelecer meios amigáveis para o desenvolvimento da produção de SAF, que permita o aumento progressivo de um mandato e facilite parcerias nesse sentido. Figuram como membros da AIREG empresas e institutos de pesquisa alemães e dos países nórdicos, como Aviation Fuel Projects Consulting GmbH & Co. KG, Bauhaus Luftfahrt; Airbus; BP Europa SE; Behörde für Wirtschaft und Innovation (Autoridade de Economia e Inovação); CAPHENIA GmbH; Deutsche Post DHL; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Centro Aeroespacial Alemão); Die Senatorin für Wirtschaft, Arbeit und Europa; EDL Anlagenbaugesellschaft mbH. Além desses, outros atores participam da Iniciativa: JÜLICH Forschungszentrum; Flughafen München GmbH; Fraunhofer-Institut für Bauphysik; Griesemann Gruppe; Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen; Hynamics; IATA; ISCC System GmbH; Jatro Green S.A.R.L.; Karlsruher Institut für Technologie (KIT); Leibnitz-Institut für Katalyse e.V. (LIKAT); Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz; MTU Aero Engines AG; Neste; OMV Refining + Marketing GmbH; Petrixo Oil & Gas; reisetopia; Rosneft Deutschland GmbH; Rolls-Royce Deutschland; Schleswig-Holstein – Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Technologie; Sunfire; e Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE) (AIREG, 2021).

Em 2012, a AIREG juntamente com a CAAFI organizaram um evento chamado ILA Berlin Air Show 2012 (CAAFI, 2012). Nessa ocasião, o Ministro de Transportes da Alemanha, Peter Ramsauer, e o embaixador dos **Estados Unidos**, Philip Murphy, assinaram um acordo bilateral para promoção do desenvolvimento de combustíveis alternativos para a aviação (THIS-DELL, 2012). No âmbito dos dois países, foi realizado o projeto Emission and Climate Impact of Alternative Fuel pela Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR) e pela NASA. A iniciativa conjunta também ficou conhecida como **ND-MAX**. Recentemente divulgaram que combustíveis de jato de fontes sustentáveis podem produzir 50%-70% menos rastros de cristal de gelo em altitude de cruzeiro, reduzindo o impacto da aviação no meio ambiente (NASA, 2015; 2018; 2021).

Outro projeto de cooperação internacional foi realizado quando a francesa Global Bioenergies se associou a AIREG para produção de SAF pela rota SIP (LANE, 2015).

A AIREG teve um projeto, até meados de 2019, chamado Deutsches Biomasse-Forschungszentrum DEMO-SPK financiado pelo governo, mais especificamente pelo German Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure e a Mobility and Fuel Strategy (MKS). Também foram parceiros neste projeto a DHL, Hamburg University of Technology (AIREG, 2021b). Também publicou um *roadmap*, buscando apresentar o *status quo*, além de identificar opções para SAF em toda a gama de matérias-primas e apontar para ações que são necessárias para a produção e introdução no mercado de querosene sintético sustentável (AIREG, 2020; BULLERDIEK *et al.*, 2020).

Vale destacar que, desde 2018, o Governo alemão também deu início à **Estratégia Nacional para o Hidrogênio**, como parte de uma ampla iniciativa de descarbonização, capitaneada pelo Ministério de Assuntos Econômicos e Energia (BMWi), harmonizadas ainda com as estratégias da União Europeia. Esta estratégia inclui um orçamento de 600 milhões de euros que o Ministério Federal do Meio Ambiente usará para promover a produção de eletrocombustíveis nos setores aéreo e marítimo. A implementação dessa iniciativa é feita pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) em nome do Ministério do Meio Ambiente alemão (BMW, 2020). Empresas e centros de pesquisa, como a Audi e a Sunfire, são entidades que têm atuado nessa área (SUNFIRE, 2017).

A primeira usina de Power-to-Liquid (PtL) na Alemanha foi a Sunfire GmbH inaugurada em 2014 como a primeira plataforma de demonstração mundial deste eletrocombustível em Dresden. (BECKMAN, 2014). Já em 2019, foi criado o International Power-to-X (PtX) Hub Berlin, o qual é um centro de inovação tecnológica, localizado em Berlin, com o fim de descarbonizar diversos setores produtivos, inclusive o setor aéreo, ou seja, tem como objetivo principal promover a produção sustentável e o uso de elementos e combustíveis neutros para o clima baseados em hidrogênio verde em países em desenvolvimento e emergentes. Entre as parcerias, destacam-se o ProQR (2017-2022), no Brasil, e o Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética (4E) (2019-2022) no Chile. O mais recente projeto nesse hub é o **Power-to-X dialogue** que está previsto para ser executado de 2021 a 2024 (BUNDESREGIERUNG, 2021).

Por sua vez, o Power-to-Liquid (PtL) é incentivado pela AIREG para produção de SAF. Isso porque independe de biomassa e não possui demanda por terras agricultáveis ou necessidade de água, tendo como principais parceiros desta iniciativa são: German Environment Agency (UBA), Bauhaus Luftfahrt e.V., Ludwig-Bolkow-Systemtechnik GmbH. Tais entidades publicaram o documento *Power-to-Liquids – Potentials and Perspectives for the Future Supply of Renewable Aviation Fuel*, no qual apresentam aspectos técnicos, econômicos e de sustentabilidade sobre o PtL (SCHMIDT *et al.*, 2016).

Outro exemplo é a iniciativa binacional é o *Climate Protection Air and Maritime Transport* (2017-2020), entre a Alemanha e a Holanda, cujo objetivo foi identificar opções de fornecimento de energia neutra para o transporte aéreo e marítimo, que permitirão contribuições para atingir os objetivos globais até 2050. Para isso, as análises devem conduzir a propostas concretas para saber quais os instrumentos regulatórios e medidas de políticas públicas são, de fato, válidos para amadurecer o mercado. Participam da iniciativa o Institute for Applied Ecology, Oko-Institut, CE Delft, German Aerospace Center, DLR, German Environment Agency (OACI, 2020).

Em 2019, na Conferência Nacional de Aviação, o Ministério Federal da Economia e Energia, o Ministério Federal dos Transportes e Infraestrutura Digital, os Estados Federais, Sindicatos

e a Indústria da Aviação assinaram em conjunto uma declaração de seus objetivos para uma estratégia nacional de aviação. Um objetivo é fortalecer a pesquisa e o desenvolvimento da PtL para tornar o tráfego aéreo mais favorável ao clima a médio prazo. O Ministério Federal do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear está financiando um projeto de pesquisa para o desenvolvimento de um roteiro para a proteção do clima em aviação e transporte marítimo com foco em combustíveis sintéticos de energias renováveis como uma importante opção de mitigação. Este projeto de pesquisa é conduzido pelo Oeko-Institut, DLR e CE Delft ([GERMANY, 2019](#); [BMW, 2019](#)).

Cabe aqui destacar ainda o projeto **ReTURN** (2020-2024), parceria entre o German Aerospace Center (DLR) e o MAN Energy Solutions, que visa ao fornecimento, em 2024, de 300 mil litros de SAF proveniente do Biogás. A iniciativa utiliza a tecnologia patenteada da empresa **Caphenia** (Power-and-Biogas-to-Liquid PBtL), processo inovador de fabricação de inovação tecnológica baseada na nova combinação de CO<sub>2</sub>, água e eletricidade que gera um gás de síntese. O gás de síntese é um produto intermediário, que pode então ser usado para produzir combustíveis sintéticos ou outros produtos químicos. A produção é feita em reator, utilizando menos eletricidade do que os processos convencionais, na modalidade *upscaling*. A Caphenia se tornou membro da coalizão **Clean Skies for Tomorrow**, que prevê redução de 10% das emissões do setor aéreo até 2030 ([OACI, 2021](#)).

O PtL roadmap foi desenvolvido em conjunto entre o governo federal e os estados da Alemanha e também com os fabricantes de plantas e a indústria de energia e petróleo, até o início de 2021. Com base neste *roadmap*, é possível otimizar as capacidades de produção e introduzi-las gradualmente no mercado ([BMU et al., 2021](#)).

Além disso, as iniciativas de 2021 incluem testes de 100% SAF pela Rolls-Royce em fevereiro ([PAPADOPOULOS, 2021](#)). Dentro desta perspectiva, em março, houve divulgação de um estudo chamado ECLIF3 (Emission and Climate Impact of Alternative Fuels), cujos responsáveis são Airbus, Rolls-Royce, centro de pesquisa alemão DLR e a Neste, no qual foi a primeira vez que 100% SAF foi medido simultaneamente em ambos os motores de uma aeronave comercial de passageiros. Os testes foram feitos em uma aeronave Airbus A350 movida por motores Rolls-Royce Trent XWB ([DLR, 2021](#)). No mês de maio, o aeroporto de Munique anunciou que o SAF seria disponibilizado a partir de junho ([FUTURE..., 2021](#)). Em junho, o aeroporto de Cologne também anunciou a disponibilidade de SAF ([BIOFUELS INTERNATIONAL, 2021](#)).

A empresa alemã **Atmosfair** teve a inauguração de sua unidade em Emsland em outubro de 2021 e deverá começar a produzir oito barris (cerca de 1 tonelada) de querosene sintético por dia no início de 2022 ([MÜLLER, 2021](#); [ATMOSFAIR GGMBH, 2021](#)).

**Quadro 4.** Mapeamento das partes interessadas em SAF na Alemanha

Partes Interessadas	Interesse nos objetivos de SAF	Recursos e Capacidades	Influência	Prioridades e ações
Governo	Promover incentivos e políticas para produção e uso de SAF	International PtX – power-to-X Hub Berlin; acordos de cooperação da GIZ	+	Desenvolvimento do Proqr (Brasil) e e4 (Chile)
AIREG	Impulsionar a pesquisa, produção e uso de combustível de aviação sustentável na Alemanha	36 membros, promove cooperação com governo federal e estadual e outras partes interessadas da indústria, negócios e ciência, para o aumento da produção de SAF	+	Operação de uma planta Bio-SAF na Alemanha Estabelecimento de um Centro de Demonstração PtL (10-15 kt por ano) Industrialização 2% de obrigação de mistura de combustíveis renováveis e sustentáveis em combustíveis de aviação
German Aerospace Center (DLR) e o MAN Energy Solutions	Aumentar disponibilidade de SAF em diferentes rotas, inclusive biogás: Power-and-Biogas-to-Liquid PBtL	Utilização do método Capphenia, patenteado pelo grupo do mesmo nome	+	Desenvolvimento do Projeto ReTURN para uso de tecnologia que combina CO <sub>2</sub> , água e eletricidade para gerar gás de síntese
German Environment Agency (UBA), Bauhaus Luftfahrt e.V., Ludwig-Bolkow-Systemtechnik GmbH	Power-to-Liquid (PtL)	desenvolvimento de uma via termoquímica por meio de radiação solar concentrada	+	Integrar diferentes políticas públicas ambientais para potencializar efeitos

Legenda: + Influência potencial positiva; – Influência potencial negativa; +/- Possível influência positiva e negativa; ? Influência incerta.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

### 1.1.5. Noruega

A Noruega ganha destaque no cenário econômico mundial como sendo um dos maiores produtores de petróleo e gás da Europa. Vale lembrar que, internamente, o setor aéreo é o que mais consome o produto e também o que contribui com aproximadamente 60-65 mil empregos e 4% do PIB do país (WORMSLEV *et al.*, 2016, p.75).

Os principais *stakeholders* nacionais envolvidos nas atividades de adoção e fomento das tecnologias de SAF são os diretamente presentes na rota produtiva, desde as autoridades governamentais e tomadores de decisão, até companhias aéreas, autoridades aeroportuárias, organizações e **sindicatos** de empregados e transporte aéreo, além dos fabricantes de aeronaves.

Um importante player norueguês é **Avinor**, empresa constituída como sociedade anônima, sob o controle do Ministério dos Transportes e Comunicações, que presta serviços de segurança aeroportuária e aérea para passageiros e companhias aéreas e outros usuários de instalações de aviação civil. O ministério é a assembleia geral da empresa. A empresa possui 47 aeroportos e planeja infraestrutura de aviação civil (AVINOR, 2021).

As primeiras iniciativas norueguesas na plataforma da [OACI \(2021\)](#) datam de 2011, quando a Avinor buscava estabelecer propostas na tarefa de investigar o que seria necessário para estabelecer a produção de biocombustíveis comercialmente viável para a aviação na Noruega ([CAPA, 2011](#)). Além da Avinor, apoiaram este projeto as **empresas aéreas SAS e Norwegian**, além da **Federation of Norwegian Aviation Industries (NHO Luftart)**. A [NHO Luftart \(2021\)](#) é descrita como uma federação das indústrias de aviação norueguesa, com mais de 50 empresas associadas e que emprega atualmente mais de 12 mil funcionários.

O valor do projeto executado em 2012 foi de 1 milhão de euros, sendo conduzido pela [Rambøll \(s.d, p. 13\)](#). O resultado desta iniciativa foi a divulgação de um relatório produzido pela [Rambøll \(2013\)](#), no qual se conclui que a produção em larga escala e com custo competitivo de biocombustíveis para a aviação poderia ser viável na Noruega entre 2020 e 2025. O documento também apontava para imensa fonte de madeira na Noruega e de resíduos de extração madeireira. Nesse sentido, considerava duas rotas tecnológicas – Fischer-Tropsch (FT) e Alcohol to Jet (ATJ). As estimativas apontavam que o país precisaria de cerca de 190-250 milhões de litros de SAF para atingir a meta de 10-15% na redução de suas emissões 2020-25. Para se chegar a esse volume, seriam necessárias 8 a 10 unidades com uma produção anual de 50 milhões de litros cada. Destacaram que isso apenas seria viável economicamente se a produção pela FT também considerasse as receitas de vendas de seus coprodutos como diesel e nafta ([RAMBOLL, 2013](#)). Naquela época, a Avinor estaria disposta a investir até NOK 100 milhões (equivalentes a US\$ 17 milhões) em um período de 10 anos em vários projetos de SAF ([OACI, 2021](#)). Esta empresa também assinou uma carta de intenção com uma cooperativa de madeireiros / associações de proprietários florestais chamada **Viken Skog** ([LUND, 2013](#)).

No mês de março de 2014, foi anunciada uma cooperação entre a **SkyNRG** e a **Statoil Aviation** buscando desenvolver cadeias de abastecimento regionais transformando matéria-prima sustentável e resíduos locais para produção de SAF para os países nórdicos ([SkyNRG, 2014a](#)). Dessa parceria, foi produzido SAF proveniente de óleo de cozinha usado, que foi utilizado em novembro, para realização dos primeiros voos comerciais da SAS (Trondheim para Oslo) e da Norwegian (Bergen to Oslo). A mistura utilizada foi de 48% ([SkyNRG, 2014b](#)).

Neste mesmo ano, houve a formação da **Nordic Initiative for Sustainable Aviation (NISA)**. Essa iniciativa caracteriza-se como uma associação com *stakeholders* de vários segmentos do setor aéreo formada com o fim de facilitar o desenvolvimento tecnológico de SAF na região. É composta pelas seguintes empresas: aéreas SAS, Finnair, Norwegian, Icelandair, Air Greenland, Malmo Aviation and Atlantic Airways; aeroportos Copenhagen Airports, Swedavia, Avinor, Finavia e Isavia; autoridades de transporte dos países nórdicos, além das fabricantes **Airbus** e **Boeing**; e outras organizações, como Brancheforeningen Dansk Luftfart, Svenskt Flyg, Svenska FlygBranschen, NHO Luftfart, **RSB** e IATA ([OACI 2021](#); [NORDIC ENERGY RESEARCH, 2018](#)). A Avinor havia se comprometido a contribuir com US\$ 16,5 milhões para o desenvolvimento de biocombustíveis para aviação na Noruega durante um período de dez anos, começando em 2014 ([ATAG, 2014, p. 2](#); [ADVANCED BIOFUELS USA, 2014](#)).

A iniciativa [Gardermoen Biohub](#) foi estabelecida em 2015 e tornou-se operacional no ano seguinte, com o fim de suprir SAF para aeronaves no aeroporto de Gardermoen, na Noruega. Os principais parceiros da iniciativa são SkyNRG Nordic, Avinor, Statoil, SAS, KLM, Lufthansa, Neste e Air BP ([Wormslev et al., 2016, p. 40](#)).

Ainda, a **Oslo Initiative – Avinor Bioport**, sendo que em janeiro de 2016, o Aeroporto Avinor de Oslo, em colaboração com a AirBP, Neste, SkyNRG, Lufthansa Group, KLM e SAS, foi o primeiro aeroporto internacional do mundo a realizar a mistura com SAF no sistema regular de abastecimento de combustível e a oferecer biocombustíveis a todas as companhias aéreas que lá abastecem (SkyNRG, 2016; AVINOR, 2020, p. 25; OACI, 2021).

O primeiro lote de SAF foi feito a partir de óleo de camelina, pela rota HEFA-SPK, produzido pela Neste na Finlândia, no âmbito do projeto chamado **Initiative Towards Sustainable Kerosene for Aviation (ITAKA)** da União Europeia, sendo fornecido pela Air BP. A Avinor comprometeu-se a estabelecer uma cadeia de suprimentos de longo prazo na Noruega e apresentou a meta de que, até 2030, ao menos 30% de todo o combustível de aviação vendido na Noruega seja um combustível biojet sustentável. Segundo a OACI (2021), são várias as empresas que procuram produzir SAF com base em resíduos da indústria florestal norueguesa. Esta iniciativa foi reconhecida no **ACI Eco-Innovation Award** de 2016 e também recebeu o reconhecimento da UNFCCC.

A Air BP anunciou o oferecimento de SAF no aeroporto de Bergen em 2017, sendo este o terceiro aeroporto na região escandinava que a empresa fornece este tipo de combustível (AIR BP, 2017).

Em 2017, a ONG Bellona divulgou um estudo sobre o uso de microalgas para produção de SAF, levando em consideração que existem cerca de 40.000 a 100.000 espécies de algas marinhas e que, na Noruega, são encontradas espécies de algas marrons como a *cuvie* (*Laminaria hyperborea*), *kelp* norueguês (*Ascophyllum nodosum*) e, em particular, a alga marinha (*Saccharina latissima*) (ANDERSEN, 2017). O estudo é muito bem elaborado e aponta os desafios, incentivos e recomendações para se desenvolver melhor a indústria de algas marinhas na Noruega.

No final de 2017, a empresa dinamarquesa-canadense **Steeper Energy** (2017), uma se associou à **Silva Green Fuel**, uma *joint venture* norueguesa-sueca, para construir uma planta de demonstração em escala industrial com um investimento de 50,6 milhões de euros na cidade de Tofte, na Noruega. Esta planta foi financiada por três programas: European Commission Horizon 2020 para pequenas e médias empresas; Danish Energy Agency Energy Technology Development and Demonstration Program (EUDP); e o National Research Council of Canada's Industrial Research Assistance Program (IRAP).

A **Quantafuel** anunciou, em 2019, que iria estabelecer uma planta piloto para a produção sustentável de combustível de aviação no leste da Noruega, com apoio da Avinor e da Enova. A Enova é uma empresa estatal norueguesa criada para contribuir para a redução das emissões de gases com efeito de estufa e reforço da segurança do fornecimento de energia, bem como o desenvolvimento de tecnologia que também contribui para a redução das emissões de gases com efeito de estufa a longo prazo. A produção estimada era de, no mínimo, 7 a 9 milhões de litros de combustível por ano, sendo que a Avinor, como condição para financiar o projeto, teria se comprometido em comprar combustível por NOK 8 milhões (AVINOR GROUP, 2019). Já a **Biokraft**, localizada próxima a cidade de Skogn, deve produzir SAF a partir de resíduos da indústria de salmão, com apoio da SINTEF. Estima-se que podem ser produzidas até 10.000 toneladas de biocombustível e para dobrar essa produção foram investidos mais de £ 30 milhões (NOK 350 milhões) (MCDONAGH, 2020). A Norsk e-fuel, localizada em Herøya, Porsgrunn, pretende a partir de 2023 produzir 10 milhões de litros anuais. Essa planta será ampliada 10 vezes para produzir 100 milhões de litros de combustível renovável antes de 2026 (SUNFIRE, 2020).

O *roadmap* para uma aviação livre de combustíveis fósseis na Noruega foi publicado em 2020 (AVINOR, 2020). Nele, o acordo entre a **Norwegian Civil Aviation Authority** com a European Union Aviation Safety Agency (EASA) para acelerar a eletrificação das suas linhas aéreas firmado em 2019 é destacado (LUFTFARTSILSYNET, 2019).

**Quadro 5.** Mapeamento das partes interessadas em SAF na Noruega

Partes Interessadas	Interesse nos objetivos de SAF	Recursos e Capacidades	Influência	Prioridades e ações
Avinor e Norsk Luftfart (2012)	Desenvolvimento de estudos sobre as melhores rotas de SAF para o país	Produção de estudos técnicos com a Análise das tecnologias e matérias-primas para produção de SAF	+	Divulgar estudo técnico com conclusão de que os SAF são o único modo de reduzir significativamente o impacto ambiental negativo da aviação
Gardermoen Biohub	Disponibilização de SAF em aeroporto	Colaboração entre várias partes interessadas. Pioneiros em entregar SAF por meio da infraestrutura aeroportuária existente	+	Fornecer combustível sustentável para aviões em Gardermoen Aeroporto, Noruega
Oslo Initiative – Avinor Bioport	Disponibilização de SAF em aeroporto	Fornecimento regular de SAF para empresas aéreas. Armazenamento do combustível biojet no parque de combustível	+	Distribuição do combustível biojet no sistema de hidrante e bombas de abastecimento
Nordic Initiative for Sustainable Aviation (NISA)	Facilitação do desenvolvimento tecnológico de SAF na região	Divulga análises nacionais e nórdicas e relatórios sobre possíveis soluções, barreiras e suposições que a indústria está enfrentando. Realiza conferências ou <i>workshops</i> com participantes nórdicos e internacionais.	+	Promover o acesso para clientes interessados em voar com combustível sustentável
SkyNRG – Air BP Lufthansa Group, KLM e SAS	Disponibilização do SAF	Fornecimento anual de até 1,25 milhões de litros de SAF	+	Tornar o Aeroporto de Oslo líder em investimento em biocombustíveis. Espera aumentar o número de voos movidos a combustível biojet

Legenda: + Influência potencial positiva; – Influência potencial negativa; +/- Possível influência positiva e negativa; ? Influência incerta.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

### 1.1.6. México

Com a lei de incentivos aos biocombustíveis no México em 2008, foi estabelecida a criação da **Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos (CIB)**, composta pelos seguintes órgãos: Secretaría de Energía (SENER); Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo

Rural, Pesca y Alimentación (**SAGARPA**); Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**); Secretaría de Economía (**SE**); Secretaría de Hacienda y Crédito Público (**SHCP**). Esta comissão é encarregada de estabelecer diretrizes de políticas públicas em biocombustíveis. A SAGARPA e a SENER são as responsáveis por investimentos em pesquisas na área.

As primeiras iniciativas de produção de SAF no México tiveram um protagonismo de seus estados subnacionais. Os governos de **Chiapas, Morelos, Hidalgo e Sinaloa demonstraram** interesse e possuem articulação com a OACI desde 2009 ([OACI, 2013](#)). O governo de **Chiapas** anunciou que iria construir uma planta que deveria ficar pronta em 2012, com o custo anunciado entre US\$ 40-80 (€30-59) milhões ([BIOFUELS INTERNATIONAL, 2011](#)). Hidalgo também desenvolveu seu próprio programa de plano de voo.

Voltando ao início das parcerias de cooperação, em 2009, a **Boeing, UOP-Honeywell** e o órgão governamental **Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA)** – organismo descentralizado da **Secretaria de Comunicaciones y Turismo (SCT)** – Assinaram um MOU no qual expressam seu desejo de unir forças em torno do desenvolvimento de biocombustíveis para aviação (ANA, 2013). Importante mencionar que o **BID** também financiou iniciativas mexicanas para a produção com parceria da UOP Honeywell e a ASA ([ASA, 2012](#); [VIEIRA, 2014](#)).

O governo federal iniciou oficinas com vários *stakeholders* para tratar de questões sobre o desenvolvimento de combustíveis sustentáveis para a aviação. O órgão responsável pelos trabalhos é **ASA**, com apoio da **Boeing**. As oficinas foram iniciadas em junho de 2010 e concluídas em março de 2011 com o lançamento do “Plan de Vuelo hacia los Biocombustibles Sustentables de Aviación” (PdV), que contou com a participação de mais de **500 representantes** de diversos setores envolvidos na cadeia de suprimento de biocombustíveis e buscava a produção de 100 mil litros de biocombustíveis de aviação ([ASA, s.d.](#); [OACI, 2011](#)).

Há um programa de Pesquisa Bioenergética para gerar conhecimento e desenvolver tecnologia para a produção de matéria-prima para a produção de biocombustíveis de diversas espécies, principalmente a pinhão-manso e a mamona. Nesse quesito, a Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (**SAGARPA**) é o órgão governamental responsável pelo setor agrícola, e o Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (**INIFAP**) faz as pesquisas de biocombustíveis de segunda geração ([ASA, 2013](#)).

Inicialmente a ASA produzia o biocombustível a partir de pinhão-manso e de óleo de cozinha residual (UCO) e fazia o pré-refino em Guadalajara, para depois enviá-lo a Pasadena, TX nos Estados Unidos para ser processado em uma planta-piloto sob responsabilidade da **UOP-Honeywell**. Depois a bioquerosene voltava ao México para ser misturada com o combustível fóssil. A ASA tornou-se membro da **SAFUG** em 2011 ([ASA, 2013](#)).

Em fevereiro de 2011, empresa **Origoil**, produtora de óleo a partir de alga, aceitou fazer parte de uma proposta de produção industrial de algas, abrindo caminho para investimentos substanciais do governo mexicano, por meio de financiamento do Ministério da Economia por meio do **Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (CONACYT)**. A expectativa era que essa parceria pudesse levar o México à produção de SAF em grande escala. A empresa mexicana **Genesis Ventures** de Ensenada, Baja California foi escolhida para ser a operadora do projeto, com apoio do **Centro de Pesquisa Científica e Ensino Superior da Ensenada (CICESE)** e da **Universidade de Baja California (UABC)** ([ORIGINCLEAR, 2011](#)). Exatamente um ano depois, a Origoil firmou parceria **Aquaviridis**, localizada em Mexicali, também no estado de Baja California ([ORIGINCLEAR, 2012](#)).

No âmbito da iniciativa “Primer vuelo de demostración con biocombustible en México”, ASA e o Instituto de Reconversión Productiva y Bioenergéticos (IRBIO) fizeram um acordo de cooperação para impulsionar o desenvolvimento de SAF em Chiapas. Nesse sentido, o primeiro

voo com SAF no México foi realizado em 1º de março de 2011 pela **Interjet** com um **Airbus A320-214** da Cidade do México até Tuxtla Gutierrez, capital de Chiapas. Os 2.340 litros de combustível eram compostos de 27% com bioquerosene derivado do óleo de pinhão manso. Este óleo foi obtido por meio de doações de produtores mexicanos nos estados de Chiapas, **Yucatán e Puebla** e processado pela UOP Honeywell. Este feito também teve apoio da Agência Europeia para a Segurança da Aviação (EASA) e Secretaria de Comunicação e Transporte do México (SCT), além da ASA ([MEXICO, 2013a](#); [MEXICO, 2013B](#); [AIRBUS, 2011](#)).

Já o primeiro voo tripulado com 277 passageiros e abastecido com SAF e transoceânico no mundo também tem o México como origem. O destino foi a cidade de Madri, na Espanha. A aeronave foi um **Boeing 777** operado pela **Aeroméxico**, utilizando o **Honeywell Green Jet Fuel**, produzido de pinhão manso e aprovado pela ASTM. Este foi possível graças a um acordo de cooperação entre os dois países assinado anteriormente, em 2 de novembro de 2010. Os órgãos estatais envolvidos neste feito foram a Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica (SENASA), ambas ligadas ao Ministério de Fomento espanhol e a ASA do México ([ESPANHA, 2011](#); [USDA, 2011, p.4](#)). Depois disso, a Aeroméxico começou a utilizar SAF na sua rota para Costa Rica passando a chamá-los de Vuelos Verdes, utilizando um total de 35,825 litros de biocombustível previstos pela ASA ([SCT, 2015](#)). Também fez um voo com SAF para São Paulo, quando da ocasião da conferência Rio+20. No relatório das atividades da ASA de 2009 a 2013, ressalta-se que a ASA forneceu 109.693 litros de bioturbosina para impulsionar 36 voos verdes.

No final de 2015, foi constituído o **Cluster Bioturbosina**, considerada a iniciativa que obteve mais recursos financeiros do governo mexicano com duração de quatro anos. É apoiado pelo Fondo de Sustentabilidad Energetica (FSE) do **CONACYT** e pela **Secretaría de Energía**. Fazem parte como membros do cluster: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (**CIB-NOR**); Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (**CIAD**); Centro de Investigación en Química Aplicada (**CIQA**); Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., (**IPICYT**); Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (**CIATEJ**); Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (**CIATEC**); CIDE-TEQ; Instituto Mexicano del Petróleo; Centro de Investigación Científica de Yucatán (**CICY**); Instituto Masdar de Ciencia y Tecnología; Joint Bioenergy Institute (**JBIE**); Aeromexico; Boeing; QENER. O cluster também buscou promover sinergias com outros órgãos governamentais como a Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (**SAGARPA**), a Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**) e a ASA, além de outros organismos internacionais ([MEXICO, 2016](#); [BIOTURBOSINA, 2021](#)). Na ilustração que se segue é possível verificar a localização destes membros do cluster.

Figura 1. Entidades e localização do Bioturbosina Cluster no México



Fonte: [Bioturbosina, 2021](#).

Vale ressaltar que o Cluster da Bioturbosina é um do total de cinco *clusters* que foram o Centro Mexicano de Inovação em Bioenergia (CEMIE-Bio) que deu início à sua operação no último trimestre de 2016. Os outros *clusters* eram focados em Biodiesel Avançado, Biogás, biocombustíveis lignocelulósicos para o Setor de Autotransporte, Biocombustíveis sólidos (a partir de biomassa) ([SENER, 2017](#)).

Em apresentação realizada em 2015 pela Dirección General de Aeronáutica Civil da Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), afirma-se que o Plano de ação do governo mexicano seria atualizado administrado pelo Comité de Medio Ambiente para la Aviación ([CMAA](#)).

O FSE-CONACYT encomendou um estudo de inteligência e um estudo sobre as necessidade de inovação e desenvolvimento tecnológico ao Instituto Mexicano do Petróleo sobre o mercado de bioquerosene de aviação pelo projeto n. F.61493. Mapas de Ruta Tecnológica para los Centros Mexicanos de Innovación en Energía (CEMIEs). O primeiro Mapa tecnológico da bioquerosene no México foi divulgado em 2017 e deveria ser renovado de dois em dois anos ([SENER, 2017](#)).

No ano de 2021, foi realizado pela Câmara Nacional de Aerotransportes ([CANAERO](#)) o evento Aviación Verde 2021: Por un futuro sustentable para todos, que teve a presença de um *player* importante no desenvolvimento de SAF no México: Alejandro Rios. Ele foi diretor de combustíveis da ASA por 11 anos. Depois foi do Cluster Bioturbosina ([RIOS, s.d.](#)) e agora é presidente de la **Iniciativa para los Combustibles Sostenibles de Aviación en México (ICSA)** e diretor do Sustainable Bioenergy Research Consortium (SBRC) na Khalifa University of Science and Technology (KU) ([KU, 2021](#)).

No dia 25 de outubro de 2021, a Aeromexico anunciou uma ação no dia do clima que utilizará 40.000 L de SAF produzidos pela Neste nos seus voos de São Francisco para Cidade do México e Guadalajara. Em seu pronunciamento, a empresa reforçou que tem um sistema de compensação de carbono “Vuela Verde” e reforça sua parceria com a **GE** e **Safran** no uso de SAF ([AEROMEXICO, 2021](#)).

Quadro 6. Mapeamento das partes interessadas em SAF no México

Partes Interessadas	Interesse nos objetivos de SAF	Recursos e Capacidades	Influência	Prioridades e ações
Governo – Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) e a Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) da SCT	Reduzir as barreiras à produção e uso de SAF no México; Integração da cadeia de suprimentos por meio de oficinas; realização voo de demonstração	Plan de Vuelo mobilizou 500 representantes de diversos setores envolvidos na cadeia em 2010	+	Fornecer os recursos necessários para a execução PD&I
Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos (CIB)	Órgão colegiado encarregado de estabelecer diretrizes de políticas públicas em biocombustíveis	Composto por • SENER; SAGARPA; SEMARNAT; SE; SHCP.	+	Definir entidades encarregadas de monitorar a produção de matérias-primas sustentáveis e certificadas
SENER; SAGARPA; SEMARNAT; CRE	Entidades reguladoras	Desenvolvimento de novas matérias-primas	+	Selecionar variedades nacionais de alto rendimento.
Estados subnacionais: Chiapas, Hidalgo Morelos	Avaliar e priorizar culturas energéticas adequadas para cada região do país	Formulação de Planos de Vuelo em 2013 e 2014	+	Desenvolver parques tecnológicos;
Produtores agrícolas; INIFAP; Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico (IDT); Instituciones de Educación Superior (IES); INECC; Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles	Desenvolver e implementar pacotes de tecnologia na agricultura para produção agrícola sustentável fontes de energia não alimentares	Adotar metodologia de Análise de Ciclo da Vida para a produção de culturas energéticas, não alimentos selecionados	+	Incentivar a produção e o uso de matérias-primas para de culturas energéticas não alimentares mediante um sistema de incentivo
Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico (IDT); Instituciones de Educación Superior (IES)	Realizar pesquisas para definir áreas de conhecimento-chave sobre matérias-primas e processos de transformação para a produção de SAF	Parcerias com instituições nacionais de PD&I, com indústria e com outras empresas interessados em investir no setor.	+	Planejar e executar projetos de assimilação tecnologias para o desenvolvimento e produção de SAF
Petróleos Mexicanos, PEMEX; Aeropuertos y Servicios Auxiliares, ASA. Industria.	Logística de biocombustíveis	Distribuir SAF	+	
Clúster Bioturbosina: Instituições de ensino superior, centros de pesquisas nacionais e estrangeiras, empresas públicos e privados. (2016-2020)	Desenvolvimento de processos sustentáveis de longo prazo, comercialmente escaláveis, para a produção de SAF	Capacitação científico-tecnológico-empresarial, treinamento de recursos humanos, vinculação e expansão da indústria	+	Articular a cadeia de valor da produção de combustível de aviação; gerar alianças estratégicas multidisciplinar.
Iniciativa para los Combustibles Sostenibles de Aviación en México A.C. (ICSA Mex)	Garantir a capacidade produtiva entre 400 e 500 toneladas de combustível por dia. as cerca de 1.800 toneladas diárias de SAF até 2030	Presidente é Alejandro Rios grande expoente do setor	+	Pressionar para que as usinas estejam em operação a partir de 2024

Legenda: + Influência potencial positiva; – Influência potencial negativa; +/- Possível influência positiva e negativa; ? Influência incerta.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

### 1.1.7. União Europeia

A partir de 2009 são registradas iniciativas ou declarações que evidenciam como a UE tem abordado o tema de SAF. Um exemplo pioneiro foi a união de Airbus, AirFrance, Altran, Bauhaus Luftfahrt, Cerfacs, Concawe, DLR, EADS-IW, Embraer, Erdyn, IATA, Ineris, IFPEN, Onera, Plant Research International (WUR), Rolls-Royce UK e Rolls-Royce Deutschland, Shell, Snecma e a University of Sheffield, para constituir o **Sustainable Way for Alternative Fuels and Energy In Aviation (SWAFEA)** que teve 2 anos de duração, com foco nas rotas HEFA e FT. A Embraer, a IATA e a Concawe também colaboraram neste projeto (OACI, 2011).

Antes mesmo de finalizar o SWAFEA, a Comissão Europeia, juntamente com empresas aéreas Airbus, AirFrance/KLM, British Airways, Lufthansa, e produtoras de SAF Neste Oils, UOP, Biomass Technology Group, UPM & Chemtex Italia, formaram a **European Advanced Biofuels Flight Path**, a fim de elaborar um *roadmap* para atingir a meta de 2 milhões de toneladas de SAF até 2020 (EUROPEAN COMMISSION, 2011; MANIATIS *et al.*, 2013). Um *benchmark* entre 19 cadeias de valor foi organizado no início de 2012 para avaliar seu nível de maturidade com vistas à implantação (OACI, 2021; EUROPEAN COMMISSION, 2020).

No âmbito do Seventh Framework Programme for Research and Technological Development (FP7), foi financiado o projeto **SOLAR-JET**, o qual foi lançado em 2011 e concluído em 2015, tendo recebido 2,2 milhões de euros de financiamento. Em 2014, foi produzido o primeiro “querosene solar”, a partir do uso de luz concentrada como fonte de energia de alta temperatura. Este projeto foi desenvolvido por ETH Zürich, Bauhaus Luftfahrt, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Shell Global Solutions, Shell Research, ARTTIC (SOLAR JET, 2015; EUROPEAN COMMISSION, 2014).

Sua continuação ocorreu por meio do projeto **SUN-to-LIQUID**, também financiado pela UE, que começou em 2016. O objetivo compreende projetar, fabricar e validar experimentalmente uma biorrefinaria de produção completa de combustível solar em grande escala. A validação de campo irá integrar pela primeira vez toda a cadeia de produção da luz solar, H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> aos combustíveis de hidrocarbonetos líquidos. Desenvolve uma via termoquímica por meio de radiação solar concentrada, no lugar de eletricidade por PtL. O processo resulta em combustível SAF *drop-in* neutro em carbono. Fazem parte deste projeto, com apoio da União Europeia, em especial Alemanha, Holanda, França, Suíça, Espanha, também as empresas Bauhaus Luftfahrt, ETH Zurich, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, iMdea Energy Institute, Hygear, Abengoa, ARTTIC (SUN TO LIQUID, 2020).

O CORE-JetFuel (2013-2016) também foi financiado pelo FP7 e teve participantes que estavam envolvidos nestes projetos citados anteriormente, entre outros: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Alemanha); Bauhaus Luftfahrt (BHL) (Alemanha); Servicios y Estudios para la Navegacion Aerea y la Seguridad Aeronautica (SENASA) (Espanha); IFP Energies Nouvelles (IFPEN) (França); WIP Renewable Energy (WIP) (Alemanha) e EADS Innovation Works. Esta iniciativa abrange toda a cadeia produtiva dos combustíveis, segundo os temas: matéria-prima e sustentabilidade; tecnologias de conversão e conceitos radicais; compatibilidade técnica, certificação e implantação; e políticas, incentivos e regulamentação. Tinham a intenção de cooperar com Brasil e Estados Unidos e ser um ponto focal entre os *stakeholders* e a Comissão Europeia (OACI, 2016).

Quanto à participação de empresas e academia, temos em destaque a Initiative Towards Sustainable Kerosene for Aviation (**ITAKA**), a qual foi iniciada em 2012, sendo coordenada pela Comissão da União Europeia. Faziam parte da pesquisa SENASA, Airbus, École Polytechnique Federale de Lausanne, Embraer, Universidade Metropolitana de Manchester, Neste, SkyNRG (WORMSLEV et al., 2016; ITAKA, 2021). Essa pesquisa teve o objetivo de apoiar o desenvolvimento dos SAF na Europa, especialmente no que se refere ao cumprimento dos objetivos de curto prazo da European Advanced Biofuels Flightpath. Em razão desse estudo, no ano seguinte, a ITAKA concentrou-se na utilização do óleo de camelina, cultivado em regiões áridas e cuja cultura mostrou-se mais promissora, especialmente na Espanha e na Romênia. Este projeto foi encerrado em 2016. Os testes incluíram tanto infraestruturas aeroportuárias para fornecimento de SAF quanto questões sobre o rastreamento e *compliance* de SAF no ETS.

Já no âmbito do Horizon 2020 (processo n. 789562), surgiu o projeto **Bio4A** (2018-2022), o qual é coordenado pelo centro de pesquisa italiano Renewable Energy Consortium for Research and Demonstration (RE-CORD) da Universidade de Florença. Também fazem parte: Total Raffinage Chimie (França), SkyNRG B. V. (Holanda), Fundación CENER-CIEMAT (Espanha), ETA-Florence Renewable Energies (Itália), Camelina Company España S. L. (Espanha) e o JRC Joint Research Centre European Commission (Bélgica). Nesse projeto, pretende-se estabelecer a primeira produção em grande escala industrial e uso de combustível de aviação sustentável na Europa (HEFA), obtido de lipídios residuais, como UCO (BIO4A, 2021). A Total havia anunciado, em 2015, que investiria 200 milhões de euros na transformação de La Mède em uma biorrefinaria de 500.000 toneladas por ano, a qual se localiza na Provença-Alpes-Côte d'Azur. Também houve a instalação de uma usina solar de 8 MW para suprir metade das necessidades de energia da biorrefinaria (GREENAIR COMMUNICATIONS, 2018).

Outra importante iniciativa surgiu em 2017, no contexto da cooperação com o Brasil. O projeto BECOOL – Cooperação Brasil-UE para o Desenvolvimento de Biocombustíveis Lignoce-lulósicos Avançados é coordenado pela Universidade de Bolonha, mais especificamente pelo Departamento de Ciências Agrárias. Este projeto é realizado por um consórcio de 13 parceiros de sete países da UE, entre universidades, institutos de pesquisa, indústrias e PMEs. O valor é de 5 milhões de euros e deve terminar em 2022 (Becool, 2021). O projeto que é relacionado a este no lado brasileiro chama-se BeValue e será analisado na seção 3.

Na Europa, há uma coalizão chamada Fueling Flight Project. Essa coalizão é liderada pela European Climate Foundation e pelo Climate Works com representantes da indústria e da sociedade civil, com apoio técnico do International Council on Clean Transportation (ICCT). No começo de 2021, uma carta foi divulgada por essa coalizão, na qual buscaram pressionar os tomadores de decisão a buscar uma estrutura sustentável e preparada para o futuro para os SAFs. Assinam a carta Air France, DHL, easy Jet, KLM, WWF, Transport & Environment (T&E), entre outros (EUROPEAN CLIMATE, 2021). Também a **European Cockpit Association (ECA)**, composta por pilotos, apoiou esta carta (ECA, 2021). Outro grupo atuante neste movimento é o International Airlines Group (**IAG**).

Em fevereiro deste mesmo ano, oito ministros europeus – sejam eles: Benny Engelbrecht, Ministro dos Transportes, Dinamarca; Timo Harakk, Ministro dos Transportes e Comunicações, Finlândia; Jean-Baptiste Djebbari, Ministro de Estado dos Transportes, França; Andreas Scheuer, Ministro dos Transportes e Infraestrutura Digital, Alemanha; François Bausch, Ministro da Mobilidade e Obras Públicas, Luxemburgo; Cora Van Nieuwenhuizen, Ministra de Infraestrutura e Gestão da Água, Holanda; Pedro Saura, Secretário de Estado dos Transportes,

Espanha; e Tomas Eneroth, Ministro da Infraestrutura, Suécia – emitiram declaração conjunta durante a conferência na Holanda:

*We therefore: **Support** the aim of the European Commission to boost the supply and demand for SAF in the EU so as to create favorable conditions in order to ramp up the production and deployment of SAF based on robust sustainability criteria. The potential of synthetic aviation fuels, in addition to advanced sustainable biofuels is clear. The challenge is to make use of the current momentum by providing for a clear long-term perspective so as to contribute to a scalable SAF marketplace. A European blending mandate for SAF can achieve this **Call upon** the European Commission to further stimulate and incentivize the uptake of sustainable aviation fuels, including synthetic fuels, through funding programmes under the existing financial framework. **Welcome** the ReFuelEU Aviation initiative as a starting point for further EU coordination so as to ensure an integral and effective long-term agenda on sustainable aviation (MMPW, 2021).*

Dessa forma, declararam que era preciso uma estratégia harmonizada e de longo prazo para descarbonizar o setor de transporte aéreo, na qual fosse incluído o aumento da produção e o fornecimento de SAF por meio de um mandato de mistura em toda a UE (SURGENOR, 2021). Nesta mesma época, foi lançado o *roadmap* “Destination 2050 – A route to net zero European aviation”, produzido por NLR (2021) e financiado pelas companhias aéreas europeias.

O grupo **A4E** (Airlines for Europe) também divulgou um artigo contendo suas recomendações de políticas públicas, contendo considerações sobre o mandato de SAF na Europa (DON-CEEL, 2021). Esta associação foi criada em 2015 pelas empresas Air France-KLM, easy Jet, IAG, Lufthansa Group e Ryanair. Atualmente possuem 16 grupos de companhias aéreas líderes como seus membros, representando mais de 70% do tráfego aéreo europeu, além de fabricantes globais como Airbus, Boeing, Embraer, GE e Thales (A4E, 2021).

**Quadro 7.** Mapeamento das partes interessadas em SAF na União Europeia

Partes Interessadas	Interesse nos objetivos de SAF	Recursos e Capacidades	Influência	Prioridades e ações
Produtoras de SAF: Repsol; Swedish Biofuels; Lanza-Tech; Quantafuel; Total; Preem; Altalto; SkyNRG; Neste	Produção de SAF na UE	Desenvolvimento de estudos sobre SAF	+	Avançar na escala de produção
Governantes – Ministros da França, Alemanha, Espanha, Suécia, Dinamarca, Finlândia, Luxemburgo e Holanda	Descarbonizar o setor aéreo	Coordenar as ações entre os países e a UE	+	Apoiar a criação de um mandato
A4E – Airlines for Europe	Tornar a Europa o primeiro continente neutro em carbono do mundo até 2050, por meio da redução das emissões de CO <sub>2</sub> em termos absolutos e da mitigação de CO <sub>2</sub>	Representam 70 por cento do tráfego aéreo europeu	+	Apoiaram o <i>roadmap Destination for 2050</i> e pressionam pelo mandato
International Airlines Group (IAG)	Vai estender seu compromisso net-zero para sua cadeia de suprimentos	Agrega as principais companhias aéreas da Irlanda, Espanha e Reino Unido, permitindo-lhes aumentar sua presença no mercado de aviação	+	Comprometeu-se a abastecer 10% de seus voos com combustível de aviação sustentável (SAF) até 2030; comprando um milhão de toneladas de SAF/ano
Fueling the Future Project	Fazer dos SAF europeus os mais sustentáveis disponíveis no mundo	Possui representantes da indústria e da sociedade civil, com apoio técnico do ICCT	+	Pressionando tomadores de decisão

Legenda: + Influência potencial positiva; - Influência potencial negativa; +/- Possível influência positiva e negativa; ? Influência incerta.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

### 1.1.8. CORSIA

A Organização Internacional da Aviação Civil (International Civil Aviation Organization – OACI) é uma agência especializada da Organização das Nações Unidas e é a responsável pela criação do Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), durante a 39ª Assembleia da OACI em 2016.

Antes de especificar as partes interessadas no CORSIA, cabe ressaltar que a OACI surgiu em dezembro de 1944 quando 52 países se reuniram na Conferência Internacional de Aviação Civil em Chicago para formular a “Convenção de Chicago”, a qual buscava que os serviços de transporte aéreo internacional fossem estabelecidos em uma base de igualdade de oportunidades.

A OACI é composta por um Secretariado e três órgãos principais: a **Assembleia**, o **Conselho** e a **Comissão** de Navegação Aérea. Atualmente, a Assembleia é composta por 193 países membros e seu Conselho por 36 representantes dos governos eleitos para compor **três grupos** conforme **tabela** a seguir. Os representantes do Conselho elegem um presidente para um mandato de três anos. O último presidente eleito foi o italiano Salvatore Sciacchitano.

**Quadro 8.** Grupos do OACI

I	Estados de maior importância no transporte aéreo	Austrália, Brasil, Canadá, China, França, Alemanha, Itália, Japão, Rússia, Reino Unido e Estados Unidos
II	Estados que fazem a maior contribuição para o fornecimento de instalações para navegação aérea civil internacional	Argentina, Colômbia, Egito, Finlândia*, Índia, México, Holanda*, Nigéria, Arábia Saudita, Singapura, África do Sul e Espanha
III	Estados garantindo representação geográfica	Costa Rica*, Costa do Marfim *, República Dominicana*, Guiné Equatorial*, Grécia*, Malásia, Paraguai*, Peru*, República da Coreia, Sudão*, Tunísia *, Emirados Árabes Unidos, Zâmbia*

Fonte: OACI, 2021. \* Estados que foram incluídos recentemente em 2019

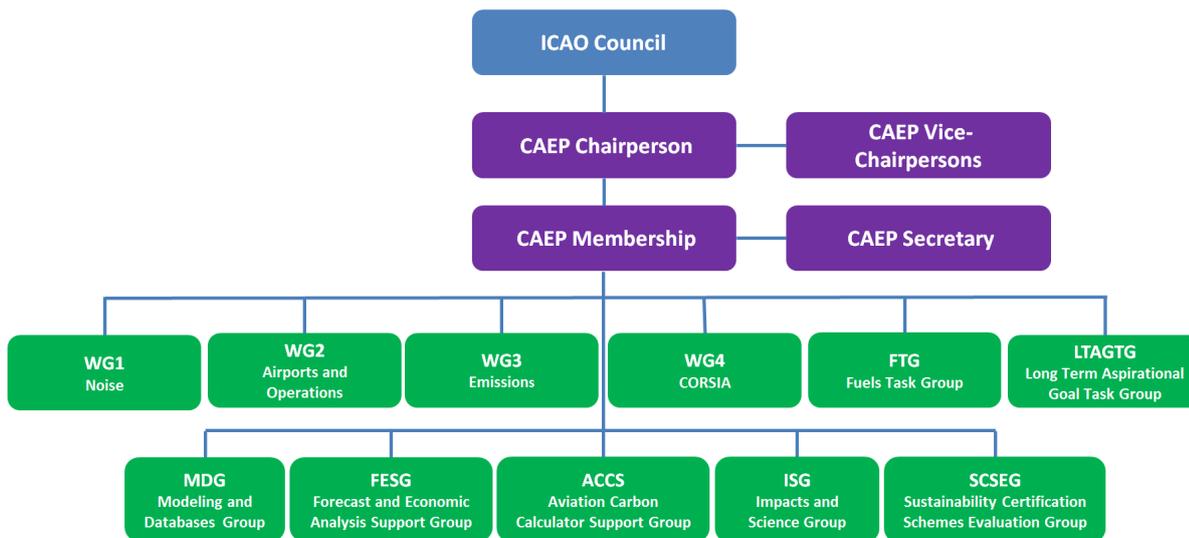
Os países do Conselho consideram e recomendam os Padrões e Práticas Recomendadas (SARPs) e Procedimentos para Serviços de Navegação Aérea (PANS) formulados pela Comissão de Navegação Aérea, a qual é constituída de 19 membros que não representam um país específico, mas são indicados por sua experiência e conhecimento na área. O presidente do ANC é nomeado pelo Conselho da OACI para mandato de um ano; o primeiro e o segundo vice-presidentes são nomeados pela Comissão para um mandato de um ano; os comissários são nomeados pelo Conselho da OACI por um período de três anos. Há ainda o **secretário-geral** que é o CEO da organização e também é eleito pelo Conselho. No caso, o atual secretário-geral é o colombiano Juan Carlos Salazar.

Existe uma lista de outras organizações ligadas à ONU, ou mesmo outras organizações internacionais e organizações não governamentais (ONGs) que podem participar dos encontros da OACI. Há ainda um espaço para as parcerias em projetos com setor privado e sociedade civil chamado OACI Project-based Partnership Opportunities (**TIPPO**).

A IATA, por exemplo, tinha representantes desde 2013 no Grupo Consultivo sobre CORSIA (**AGC**) que também era composto de representantes do Conselho, totalizando 17 membros. Esse grupo foi estabelecido pelo Conselho da OACI justamente para supervisionar todo o trabalho relacionado ao desenvolvimento de um esquema baseado no mercado (MBM) global e fazer recomendações.

A Assembleia da OACI solicitou contribuições técnicas do Comitê de Proteção Ambiental da Aviação (**CAEP**, Committee on Aviation Environmental Protection) que tinha duas forças-tarefas de apoio, sendo a primeira sobre MBM global e outra sobre combustíveis alternativos, para apoiar o Conselho e seu ACG. Posteriormente, dentro da estrutura da CAEP, foi criado um Working Group específico sobre o CORSIA, chamado de **WG4**, conforme a ilustração a seguir.

Figura 2. Organograma da OACI



Fonte: OACI, 2021

Feitas essas considerações, será abordado o escopo do CORSIA:

O CORSIA é o primeiro mecanismo de mercado para a compensação ambiental, dedicado apenas a voos internacionais e previsto para funcionar em **três fases** durante 2021 e 2035. É importante notar que a OACI não vinculou o CORSIA a uma emenda à Convenção de Chicago pois estaria sujeito a um processo de ratificação mais longo e incerto. Nesse sentido, o mecanismo é fundamentado por uma Resolução e a adoção de Padrões e Práticas Recomendadas (SARPs), além de provisões técnicas que estão presentes em anexos da Convenção, não tendo a mesma natureza de disposições de um tratado. Dessa forma, acabam por não ter forte efeito vinculativo e, por isso, dependem mais de questões políticas no âmbito da Assembleia. Inicialmente 88 países se comprometeram na fase voluntária, conhecida também como fase piloto entre 2021 e 2023. Mas, em setembro de 2021, esse número aumentou para 107 países<sup>5</sup> que irão implementar o CORSIA em 2022. Posteriormente, haverá a primeira fase entre 2024–2026, também voluntária.

5. Dos países selecionados neste estudo, China e Brasil não estão como voluntários. É importante ressaltar dois eventos mais recentes. Em 2019, a China e a Rússia questionaram a OACI sobre as metas do CORSIA, no documento alegaram que “3.2.2 Given the difference among countries in development stage, historical responsibility and coping capability, the “one-size-fits-all” approach for CORSIA implementation orchestrated by developed countries is a de facto reversion to the law of the jungle, which will make it more difficult for developing countries and emerging economies to participate in international aviation competition and bring additional cost to these countries. (CHINA AND RUSSIA FEDERATION, 2019, p. 3) Os chineses também encaminharam um documento com várias alegações que os fazem não participar do CORSIA, na forma na qual estão definidas. Ainda neste documento reforça que sua posição frente a esse esquema de compensação não diminui seus esforços para este mesmo fim, isto é, de se desenvolver uma aviação verde.

Já a partir de 2027, inicia-se uma fase na qual as medidas e metas de redução de emissões serão obrigatórias para os Estados-Membros. Porém, há **critérios para a exceção**, isto é, isenção dos requisitos de compensação CORSIA na segunda fase. Estes são definidos na **Resolução A40-19 parágrafo 9 e) e f)**, seguindo duas categorias: a primeira é relacionada à aviação, contendo dois limites: Estados cuja participação individual nas atividades de aviação internacional em Receita por Tonelada de Quilômetros (RTKs)<sup>6</sup> no ano de 2018 seja inferior a 0,5 por cento do total de RTKs; e Estados que não fazem parte da lista de Estados que respondem por 90 por cento do total de RTKs quando classificados da maior para a menor quantidade de RTKs individuais (OACI, 2020, p.104).

No segundo caso, estão os critérios socioeconômicos, os quais definem que também são isentos de participar os Estados que são definidos como Países Menos Desenvolvidos (LDCs); Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento (SIDS); e os países em desenvolvimento sem litoral (LLDCs), independentemente de seu nível de participação de RTK de aviação internacional. Caso seja de sua vontade, o país pode ser voluntário nesta fase também (OACI, 2020, p.105).

As partes obrigadas a cumprirem as compensações são os operadores aéreos da aviação civil que fazem rotas internacionais.<sup>7</sup> As exceções são operadores de aviões com um baixo nível de emissões anuais de suas operações de aviação internacional (menos de 10.000 toneladas métricas de emissões de CO<sub>2</sub> por ano); ou aeronaves com menos de 5.700 kg de Massa Máxima à Decolagem (MTOM); ou operações humanitárias, médicas e de combate a incêndios.

As emissões de gases de efeito estufa dos voos internacionais entre dois países que são membros do CORSIA são objeto de monitoramento e posterior compensação. Mas mesmo os que não fazem parte do mecanismo da compensação devem realizar o monitoramento, verificação e relato das atividades e emissões. Voos domésticos não são objeto de compensação do CORSIA.

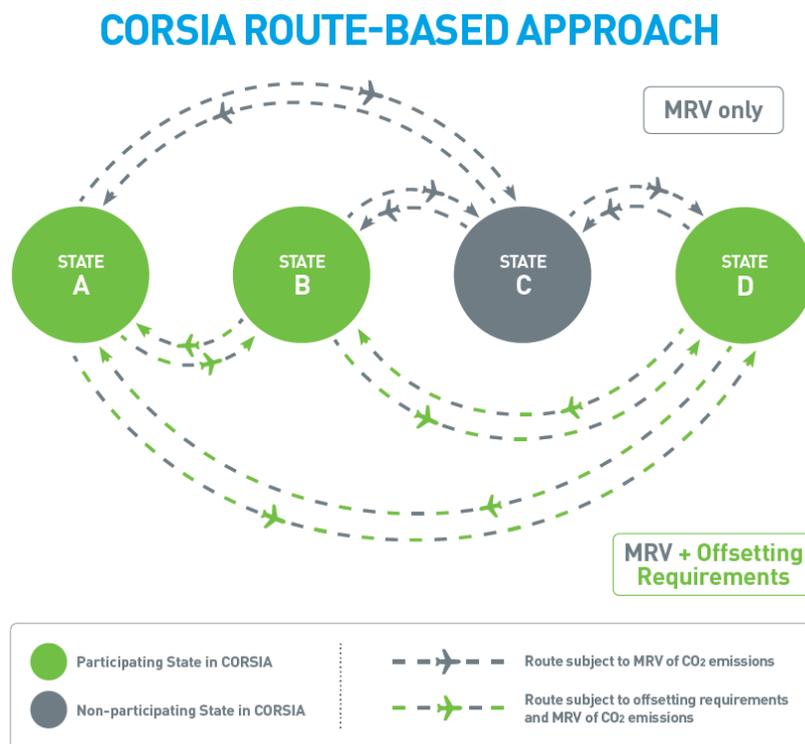
Vale ressaltar que, mesmo que o país que seja a origem do operador não faça parte do CORSIA, se ele fizer a sua rota entre dois países membros, estas serão calculadas e serão objeto de compensação.

---

6. A participação individual de RTK de um estado é calculada dividindo-se os RTKs do estado pelo total de RTKs de todos os estados. A participação RTK total é calculada classificando as participações RTK individuais da mais alta para a mais baixa e, em seguida, aumentando sucessivamente o valor somando as participações RTK da mais alta para a mais baixa até que o valor alcance 90%. Os valores de todos os estados são considerados para este cálculo, independentemente de um estado estar isento ou não dos requisitos de compensação ao abrigo do CORSIA.

7. A lista de junho de 2021 dos operadores aéreos está disponível em OACI, 2021.

Figura 3. Abordagem do CORSIA baseada nas rotas



Fonte: OACI, 2021

Os operadores de aeronaves são incentivados a utilizar Combustíveis Elegíveis do CORSIA (CEF) que são certificados por um Esquema de Certificação de Sustentabilidade (SCS) aprovado pelo Conselho da OACI que hoje podem ser realizados pela Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB) ou pela International Sustainability and Carbon Certification (ISCC). Esses combustíveis devem alcançar a redução de emissões de GEE com base no ciclo de vida; respeitar as áreas de alta importância para a biodiversidade, conservação e benefícios para as pessoas dos ecossistemas, de acordo com as regulamentações nacionais e internacionais; e contribuir para o desenvolvimento social e econômico local e devem evitar a competição da matéria-prima utilizada com alimentos. Tanto podem utilizar **CORSIA Sustainable Aviation Fuel** ou o **CORSIA Lower Carbon Aviation Fuel**.<sup>8</sup>

Se as empresas não utilizarem os SAFs, deverão comprar os créditos de carbono no mercado de compensação. Em março de 2020, o Conselho seguiu a recomendação do Technical Advisory Body (TAB) e anunciou os seis Eligible Emissions Units (EEU) que são aceitos pelo CORSIA para as compensações de 2021-2023: (1) American Carbon Registry; (2) China Greenhouse Gas (GHG) Voluntary Emission Reduction Program; (3) Clean Development Mechanism (CDM); (4) Climate Action Reserve; (5) The Gold Standard; e (6) Verified Carbon Standard. Eles foram recomendados pelo seu comitê técnico (Technical Advisory Board), pois cumprem os oito princípios de elegibilidade. A fim de verificar o relatório do operador de avião de acordo com o CORSIA, um organismo de verificação deve ser credenciado por um **National Accreditation Body** em um Padrão ISO e nos requisitos relevantes descritos no Anexo 16, Volume IV, Apêndice 6 da OACI.

8. *CORSIA lower carbon aviation fuel. A fossil-based aviation fuel that meets the CORSIA Sustainability Criteria under this Volume. CORSIA sustainable aviation fuel. A renewable or waste derived aviation fuel that meets the CORSIA Sustainability Criteria under this Volume.*

**Quadro 9.** Mapeamento das partes interessadas em SAF sobre o CORSIA

Partes Interessadas	Interesse nos objetivos de SAF	Recursos e Capacidades	Influência	Prioridades e ações
ICAO	Alcançar uma meta aspiracional global coletiva de médio prazo de manter as emissões líquidas globais de CO <sub>2</sub> da aviação internacional a partir de 2020 no mesmo nível	Elaborar um esquema de MBM global que levasse em consideração as circunstâncias especiais e as respectivas capacidades dos Estados Membros	+	Implementar a fase piloto do CORSIA
Países membros do CORSIA	Diminuir as emissões de GEE	107 países já aderiram; devem indicar a autoridade local para o CORSIA	+	Estimular os operadores aéreos para os mecanismos do CORSIA
Países fora do CORSIA	Podem utilizar SAF para diminuir GEE	Treinamento e capacitação da ACT OACI ( <i>buddy</i> )	+	Podem aderir ao CORSIA de forma voluntária
Operadores aéreos	Utilizar SAF para diminuir as emissões de GEE e assim ter que comprar menos crédito de compensação	Conhecimento sobre o funcionamento do CORSIA	+	Identificar, monitorar e reportar as emissões de voos civis internacionais
Operadores econômicos	Produtores de matérias-primas, instalações de processamento e comerciantes	Produzir mais SAF e LCAF	+	Adquirir Certificações
Certificadoras ISCC e RSB	Garantir os Critérios do CORSIA para SAF ou LCAF	Emissão de certificados	+	Promover a Certificação de SAF
Mercados de Crédito de Carbono	Promover o mercado de compensação	Atender aos critérios do CORSIA	+	Promover o compliance

Legenda: + Influência potencial positiva; - Influência potencial negativa; +/- Possível influência positiva e negativa; ? Influência incerta.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

## 1.2. Mecanismos para a determinação do teor de SAF

Os mandatos são mecanismos que impulsionam a demanda e estimulam a produção. Nessa seção, foram considerados os mandatos governamentais, mas também as metas almejadas por companhias aéreas e outros segmentos que podem colaborar com o aumento da oferta de SAF nesses países e na UE. Elementos sobre a certificação e os mecanismos de verificação podem ser objeto da análise a depender do país analisado. No que tange ao CORSIA, os aspectos do *compliance* serão o foco, abordando como os países e operadores podem definir as metas derivadas da linha base.

### 1.2.1. Estados Unidos

A primeira meta dos Estados Unidos, no âmbito do **Farm to Fly** de 2012, reforçada pela **FAA**, era de produzir 1 bilhão de galões de AJF até 2018, o que corresponderia a 5% do que utilizava na época (**FAA, 2011**). Houve uma renovação deste que foi chamada **Farm-to-Fly 2.0** em um acordo do USDA com o DOT. Em 2016, foi lançada pela Casa Branca a chamada **Federal Alternative Jet Fuels Research and Development Strategy**, a qual também buscava caminhos e incentivos para desenvolvimento do ATJ (**UNITED STATES, 2016**).

Já no governo Biden realizou, junto com Agências Federais e partes interessadas do setor de aviação,<sup>9</sup> uma *roundtable* para discutir a estratégia de governo como um todo para alcançar um setor de aviação com meta de emissões de carbono líquidas iguais a zero até 2050. No Fact Sheet divulgado, a meta é reduzir em 20% as emissões até 2030, visando atingir zero emissões de carbono em 2050. Para tanto, o que se espera é aumentar a produção de SAF para **35 bilhões** de galões por ano até **2050**. A curto prazo, a meta de **3 bilhões de galões** por ano é estabelecida como um marco para **2030**. O compromisso foi oficialmente feito pela Casa Branca e está presente no **MOU** dos Departamentos de Energia, Agricultura e Transporte.

Para conseguirem atingir essa meta, as produtoras de SAF e mesmo as companhias aéreas também se comprometeram oficialmente a aumentar sua produção e seu consumo, conforme a tabela que se segue. Além desses, há outras empresas citadas com potencial aumento de produção de SAF: BP, Virent, Honeywell, Shell, Neste, Marquis, Green Plains Inc., ADM, Prometheus, Aemetis e membros da Renewable Fuels Association e membros da Growth Energy.

**Tabela 1.** Previsão de produção de SAF nos Estados Unidos

Produtora de SAF	Volume por ano (galões)	Ano	Rota
Lanza Jet	1 bilhão	2030	ATJ
World Energy	150 milhões	2024	Gorduras, óleos e graxas por hidroprocessamento
Gevo	150 milhões	2025	ATJ
Fulcrum	33 milhões	2022	Fischer-Tropsch (MSW)
Velocys	300 milhões	n.d.	Fischer-Tropsch (MSW e resíduos de madeira)

Fonte: Elaboração própria com base em [United States, 2021](#).

No documento divulgado pela Casa Branca em 2021, a United Airlines comprometeu-se a consumir 1,5 bilhões de galões de SAF nos próximos 20 anos, a American Airlines visa utilizar 10 milhões de SAF até 2025 e a Delta tem a meta de 10% de uso de SAF até 2030. Entre as empresas de logística, a única com uma meta específica é a DHL que pretende atingir o consumo de 30% de SAF até 2030 (**UNITED STATES, 2021**).

9. Algumas das reações da reunião podem ser acessadas em: [RFA](#), [World Energy](#), [Gevo](#), [Growth Energy](#), [USDA](#).

### 1.2.2. China

Não foi encontrada nenhuma informação governamental atualizada de meta de teor de SAF na China, sendo o último plano de ação da China disponível no site do OACI datado de 2016.

Por outro lado, as empresas aéreas que são associadas à AAPA têm o compromisso de Carbono zero até 2050. Adicionalmente a isso, devemos ressaltar que a Cathay Pacific de Hong Kong, que também era membro da SAFUG, comprometeu-se a usar 10% de SAF até 2030. A Cathay tem uma parceria com a empresa americana Fulcrum BioEnergy para produção de SAF a partir de resíduos sólidos urbanos, a qual tem previsão de entrar em operação em 2021, com capacidade de converter 175.000 toneladas de resíduos em mais de 10 milhões de galões de combustível por ano.

Segundo seu relatório de sustentabilidade de maio de 2021, a Cathay Pacific se comprometeu a comprar 1,1 milhão de toneladas de SAF ao longo de 10 anos, o que afirma ser suficiente para cobrir cerca de 2% de suas necessidades totais de combustível de acordo com o nível de operação de 2019. Consideram que a aeronave Airbus A350 oferece uma plataforma ideal para o uso de SAF dada sua tecnologia de ponta e alta eficiência de combustível. Por isso, destaca que, desde 2016, utilizam 41 Airbus A350-900 e A350-1000 aeronaves de Toulouse a Hong Kong com uma mistura de SAF feita de matéria-prima de açúcar sustentável por meio de nossos parceiros Total e Airbus. Até o momento, 67.500 galões de SAF foram usados, evitando aproximadamente 515 toneladas de CO<sub>2</sub>eq.

Vale lembrar que as certificações de SAF são feitas pela Administração Geral de Aviação Civil (ver: ZUXI, 2012). A Roundtable on Sustainable Biomaterials (RBS) está desenvolvendo um *roadmap* na China, mas ainda não está disponível (RSB, 2020).

### 1.2.3. Japão

As companhias aéreas japonesas devem acelerar o desenvolvimento tecnológico, a produção e a utilização de SAF por meio de cooperação e colaboração intensificadas com indústrias conectadas ao setor de aviação, utilizando 10% de SAF em 2030 pelo compromisso com a Clear Skies for Tomorrow. A JAL visa chegar a 100% em 2040 e divulgou seu *roadmap* para atingir seus objetivos (JAL, 2021c).

Para tanto, estima-se que a quantidade de SAF necessária para atingir emissões líquidas zero de CO<sub>2</sub> até 2050 para voos domésticos e internacionais de companhias aéreas japonesas e para companhias aéreas estrangeiras que operam no Japão é estimada em 2.300 milhões de KL. Além disso, argumenta-se que o mercado de SAF na Ásia deve atingir aproximadamente 22 trilhões de ienes, já que a demanda por transporte aéreo deve crescer significativamente no futuro (ANA, 2021).

Com o apoio estatal da NEDO, a JGC, a produtora de biodiesel Revo International e a refinadora Cosmo Oil devem construir uma cadeia de abastecimento de biocombustível doméstico até 2050, usando óleo de cozinha residual (UCO) como matéria-prima (JGC, 2021). A consultoria Argus (2021) divulgou os volumes que algumas refinarias poderão gerar de SAF no Japão, conforme a tabela a seguir:

**Tabela 2.** Volumes previstos da produção de SAF no Japão

Refinarias	Qtd. SAF
Bio-jet fuel	188,700 bl/yr
Cosmo Oil	100,000 b/d
Sakai refinery	377,400-629,000 bl/yr

Fonte: [Argus, 2021](#).

A [Argus \(2021\)](#), ainda, afirma que o Ministério de Terras, Infraestrutura e Transporte do Japão prevê que o consumo total de SAF do país para voos internacionais, originados dentro e fora do Japão, seja em torno de 43.000-97.000 barris por dia em 2030, o que valeria dizer 23-46% da demanda total de combustível para aviação que gera em torno de 188.000-212.000 barris por dia no mesmo ano de 2025.

#### 1.2.4. Alemanha

Em 2021, o parlamento federal alemão (*Bundestag*) aprovou um projeto de lei submetido pelo governo federal para o desenvolvimento da quota de redução de GEE, em uma versão substitutiva apresentada pelo comitê da maioria parlamentar (n. [19/27435](#)). Como parte dessa votação, foi aprovada uma resolução dos grupos de coalizão, no entanto a proposta do Partido Livre Democrático (FDP) foi rejeitada, embora estivesse embasada em diretiva de energia renovável RED II da União Europeia ([19/28437](#)). Como mostra de que o tema é amplamente debatido no Parlamento alemão, os partidos e coalizões CDU/CSU, SPD, AFD, o bloco de esquerda e os verdes votaram contra a proposta defendida pelos liberais. A votação baseou-se em parecer do Conselho Federal ([19/28183](#)) e em recomendação de resolução da Comissão do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear ([19/29850](#)). Em adição, o parlamento pretende introduzir uma quota mínima para a colocação no mercado de combustíveis renováveis para turbinas de aviação baseados na eletricidade. **A fim de promover os combustíveis baseados em eletricidade, o projeto de lei permite o crédito de combustíveis líquidos produzidos exclusivamente com energias renováveis e de hidrogênio verde** tanto no tráfego rodoviário quanto na produção de combustíveis convencionais ([BUNDESTAG, 2021](#)).

A projeção atual do governo alemão é a de já iniciar uma quota fixa para o uso de SAF a partir de 2026. Já a partir de 2028, o percentual obrigatório mínimo é de 1% e, a partir 2030, o percentual mínimo deverá ser de 2%, conforme o trecho a seguir:

## Seção 37a: Obrigações das distribuidoras de combustíveis [...]

g) “As pessoas obrigadas de acordo com o parágrafo 2 devem garantir uma proporção do combustível que substitui o combustível das turbinas das aeronaves a partir de energias renováveis de origem não biológica. O valor da ação especificado na frase 1 é

1. a partir de 2026	0,5 por cento,
2. a partir de 2028	1 por cento,
3. a partir de 2030	2 por cento.

As proporções mínimas de combustível de fontes de energia renováveis não biológicas. Cada origem se refere ao conteúdo de energia da quantidade de combustível fóssil de turbina de aviação mais a proporção de combustível de energias renováveis de origem não biológica. Os requisitos para esses combustíveis são regulamentados por uma portaria de acordo com a Seção 37d, Parágrafo 2, Cláusula 1. (Deutscher Bundestag, 2021, p.11)

Assim, acompanhando a Comissão da União Europeia, a Alemanha também observa as quotas a serem incluídas no Fit for 55, a fim de aumentar a proporção de SAF utilizado por todas as empresas aéreas. Essa política pública de âmbito transfronteiriço reforça as ações nacionais dos países da União Europeia. Nesse sentido, em 2019, o Working Paper OACI A40-WP/526 já informava a importância de se desenvolverem mecanismos para alavancar o desenvolvimento de PtL por meio da já citada iniciativa AIREG. Essa iniciativa é comprometida com o aumento da produção e uso de combustíveis regenerativos para aviação na Alemanha. A Caphenia declarou que são esperados 300.000 litros de produção SAF em 2024 (OACI, 2020).

Devemos destacar que a Lufthansa (2021) anunciou que “the Group’s Executive Board has decided to proactively acquire sustainable aviation fuel (SAF) for 250 million US-Dollars over the next three years”.

### 1.2.5. Noruega

Além do SAF, a Noruega também avança em estabelecer metas para que, em 2040, todos os voos de curta distância dentro da Noruega e países vizinhos com duração de até uma hora e meia deverão ser operados por aeronaves elétricas (ADVANCED BIOFUELS USA, 2018). Em agosto de 2018, foi realizada uma consulta pública pela Agência Ambiental da Noruega em nome do Ministério do Clima e Meio Ambiente, na qual participaram ONGs, *stakeholders* da indústria e de agências governamentais que forneceram contribuições para a proposta. A maioria dos atores foi favorável à sugestão de que a exigência deveria ser cumprida com biocombustíveis avançados em vez de biocombustíveis convencionais. No entanto, a recomendação era de que apenas entrasse em vigor a partir de 1 de janeiro de 2020 (MINISTRY OF CLIMATE AND ENVIRONMENT, 2018).

Nos últimos anos, a Noruega alcançou progressos reais na implementação das medidas de introdução do SAF na aviação. **Desde 2020, o país determina que, pelo menos, 0,5% do biocombustível avançado seja misturado ao querosene fóssil (NORUEGA, 2019), com a possível meta de aumentar o uso de SAF para 30% do combustível de aviação até 2030 (TRANSPORTØKO-**

NOMISK INSTITUTT, 2020). As especificações sobre quem deve realizar a mistura seguem a seguir, conforme regulamento de 30 de abril de 2019 n. 555 (em vigor a 1 de janeiro de 2020):

§ 3-4a. Requisitos para a venda de biocombustíveis avançados para aviação: **Aqueles que vendem** combustível devem garantir que um mínimo de 0,5% em volume da quantidade total de combustível vendido à aviação por ano, excluindo voos realizados por aeronaves militares, consista em biocombustíveis, produzidos a partir de matérias-primas listadas no Anexo V, Parte A e B. **Os requisitos podem ser cumpridos pelo comerciante individual ou por vários comerciantes em conjunto**. Para cumprimento dos requisitos do primeiro parágrafo, apenas o combustível que satisfaça os critérios de sustentabilidade nos § 3-6 a § 3-9 pode ser incluído, cf. § 3-5. Até 31 de março de cada ano, os concessionários devem relatar à Agência Ambiental Norueguesa o volume de combustível e biocombustível avançado convertido para a aviação nacional e para a aviação estrangeira. (LOVDATA, 2019, grifo nosso)

A coalizão NISA (Nordic Initiative for Sustainable Aviation) parece ter contribuído para impulsionar as iniciativas sustentáveis. Já em 2014, os membros da NISA tinham cooperado para fortalecer as condições para uma indústria de aviação sustentável. Em especial, a NISA tem ajudado a desenvolver medidas para o acesso desses combustíveis sustentáveis em escala comercial. Um ator central na implantação das políticas, como foi mencionado na seção 1.15, é a Avinor, uma empresa estatal que possui aeroportos estaduais e planeja infraestrutura de aviação civil. Essa iniciativa está alinhada com a meta do Fit for 55, da União Europeia, de aumentar o uso de **SAF para 30%** do combustível de aviação até **2030**.

A coordenação de sucesso dessas iniciativas depende do protagonismo de diversos agentes públicos e privados. Permaneceu proeminente a participação das autoridades com poder decisão, junto às organizações da indústria nórdica e nacional, representantes da OACI e da União Europeia, IATA, ATAG, empresas aéreas e participantes de iniciativas como a EU Flight Path (ICAO). De acordo com o relatório da European Union Aviation Safety Agency, a operadora estatal Avinor inclui SAF à mistura do combustível oferecido no Aeroporto de Oslo desde 2016. No ano seguinte, o projeto foi estendido para incluir o Aeroporto de Bergen (EASA, 2019).

A aviação norueguesa possui uma demanda significativa que pode estimular o aumento da produção de combustível sustentável no país. Especificamente para o espaço norueguês, o objetivo é reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> por passageiro-quilômetro em 45% em comparação com 2010 por meio da renovação da frota e do uso de combustíveis sustentáveis (NORWEGIAN, 2020). A Norwegian (2020) comprometeu-se a usar entre **16% e 28% de SAF até o final da década**, dependendo da proporção de renovação da frota. Assim, a meta é utilizar até 500 milhões de litros de combustível sustentável usados anualmente até 2030 (AVINOR, 2020, p. 31).

A **SAS** pretende, em 2025, reduzir em 25% as emissões de CO<sub>2</sub> de acordo com o nível de 2005 e ainda espera que, em 2030, chegue a 50% desse parâmetro. Já a **Widerøe** também está fazendo uso de SAF, mas as maiores reduções de emissões virão quando a frota de curta distância for eletrificada no período até 2030-2035. Já a Avinor pretende ter suas operações de aeroportos livres de fósseis até 2030. As empresas SAS, Norwegian e Widerøe sinalizaram uma demanda crescente por combustíveis sustentáveis até 2030 e estão interessados em entrar em um diálogo ativo com os fornecedores. Avinor, NHO Luftfahrt e LO também querem contribuir para a produção norueguesa de combustível sustentável para a aviação (AVINOR, 2020, p. 31).

### 1.2.6. México

AASA é responsável por garantir o controle de qualidade no seu próprio laboratório que abastece em seus 60 postos e 1 posto de distribuição. Para realizar a mistura do combustível fóssil com o biocombustível e as análises para garantir o cumprimento dos respectivos padrões de qualidade, utilizou o seu posto na Cidade do México. A ASA também trabalha com os princípios da RSB (ASA, 2013).

No plano de ação do México desenvolvido pela SCT em 2012, há uma intenção que houvesse **15% de SAF em 2020 e 50% em 2040** (SCT, 2012). Já no documento Prospectiva de Energias Renovables 2013-2027 do governo mexicano, o objetivo era de que, em 2015, pudesse ser utilizado **1% de bioquerosene de aviação** no seu país, sendo que isto representaria 40 milhões de litros (MEXICO, 2013b). No entanto, em seu *roadmap* de 2017, argumenta que o país desenvolveu políticas para promover os diferentes componentes da cadeia de valor e impulsionar o mercado de biocombustíveis sem adotar mandatos (SENER, 2017).

### 1.2.7. União Europeia

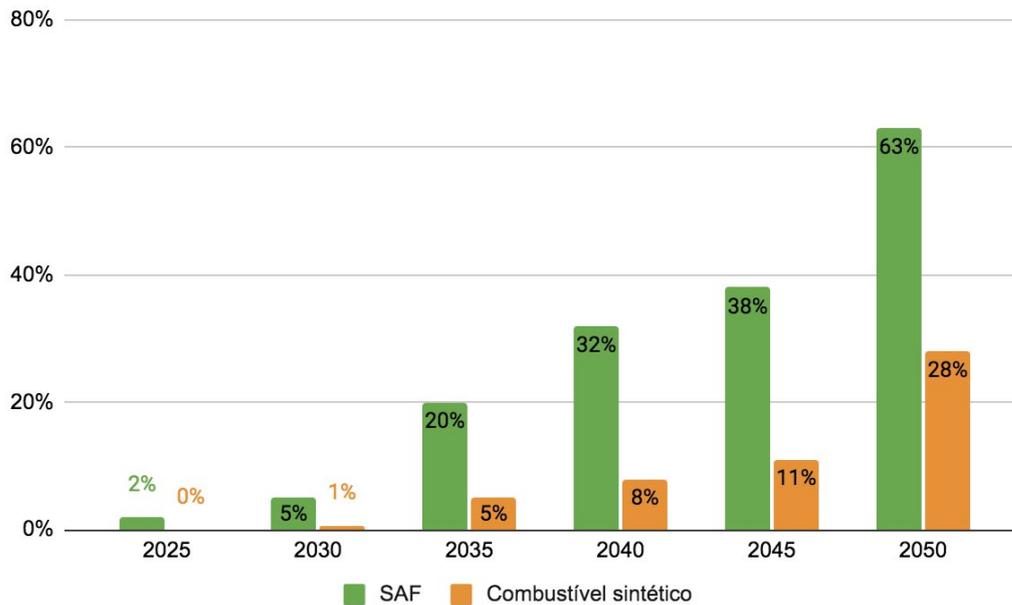
A iniciativa ReFuelEU, está relacionada aos “EU Green Deals” e da “Sustainable and Smart Mobility Strategy”. Essa política tem como objetivos: a) foco no desenvolvimento de novos combustíveis avançados, além do tipo de biocombustíveis de base agrícola atualmente em produção; b) metas confiáveis para novos combustíveis avançados que podem ser aumentados ao longo do tempo para atender aos cortes necessários pelo setor; c) uma ampla estratégia industrial para apoiar todos os aspectos do desenvolvimento desses combustíveis. O processo de definição das metas contou com a participação social, com consulta pública realizada no período de 5 de agosto a 28 de outubro de 2020.<sup>10</sup> Conforme relata a AIREG:

Foram várias rodadas de negociação no âmbito da iniciativa ReFuelEU Aviation e, após consulta pública, vários pacotes regulamentares de medidas para promover os combustíveis sustentáveis para a aviação na UE foram desenvolvidos (AIREG, 2021, p. 26 e 27).

Conforme mencionado em 1.1.7, houve uma declaração conjunta de oito ministros europeus de Ministros da França, Alemanha, Espanha, Suécia, Dinamarca, Finlândia, Luxemburgo e Holanda, além de um artigo da A4E sobre os mandatos no início de 2021. Vale destacar que em carta enviada em 30 de junho de 2021, Transport & Environment (T&E), Lufthansa, Global Alliance Powerfuels, representantes dos pilotos e outros da indústria da aviação e de energia, bem como dos aeroportos de Schiphol e Copenhague e fornecedores de *e-fuel*, defendiam que a Comissão Europeia deveria definir metas ambiciosas para e-querosene, um combustível sintético verde, quando propor a primeira lei de combustível sustentável do mundo (POWER-FUELS, 2021).

Por fim, em julho de 2021, conforme o Anexo I da ReFuelEU Aviation – European Commission (2021), foram estabelecidos os seguintes percentuais obrigatórios de mistura de SAF e de combustível sintético de aviação, como o PtL, presentes no gráfico a seguir:

10. Neste [site](#), é possível acompanhar os comentários (*feedbacks*) sobre as normas de SAF. Para ver toda proposta, cf. [European Commission, 2021](#).

**Gráfico 1.** Níveis mínimos de consumo de SAF e combustível sintético de aviação (PtL) na União Europeia (2025-2050)

Fonte: Adaptado de [BEALES \(2021\)](#); Dados de [ReFuelEU Aviation – European Commission \(2021\)](#).

No entanto, para entrar em vigor este mandato, é necessário a aprovação dos Estados-Membros e do Parlamento Europeu, um processo que pode demorar cerca de dois anos. De toda forma, essa proposta está alinhada ao **Fit for 55**, o qual se refere à meta de redução de emissões de pelo menos 55% que a UE estabeleceu para 2030. Na análise da [SkyNRG, 2021](#), são destacados os seguintes aspectos:

Com base na avaliação do impacto, esses mandatos para o SAF foram projetados para serem cumpridos primeiramente pela produção europeia e importação de apenas 5% da demanda. [...] Está prevista uma mudança limitada (3,2%) das matérias-primas lipídicas residuais usadas na produção de combustível no setor de transporte rodoviário para a aviação. Até 2035, os fornecedores de combustível não serão obrigados a fornecer fisicamente as quantidades mínimas de SAF aos aeroportos. Para fins de conformidade, eles estão autorizados a assumir uma parte média das SAF fornecidas a todos os aeroportos da União Europeia. Os fornecedores de combustível podem negociar certificados SAF de atores que superaram suas metas para atores que estiveram aquém das metas. **Além do mandato aos fornecedores de combustível, a proposta também inclui uma obrigação de aumento de combustível para as companhias aéreas a partir de 2035.** ([SkyNRG, 2021](#), grifo nosso)

As **penalidades** previstas na hipótese de descumprimento das obrigações por distribuidoras e companhias aéreas são as seguintes:

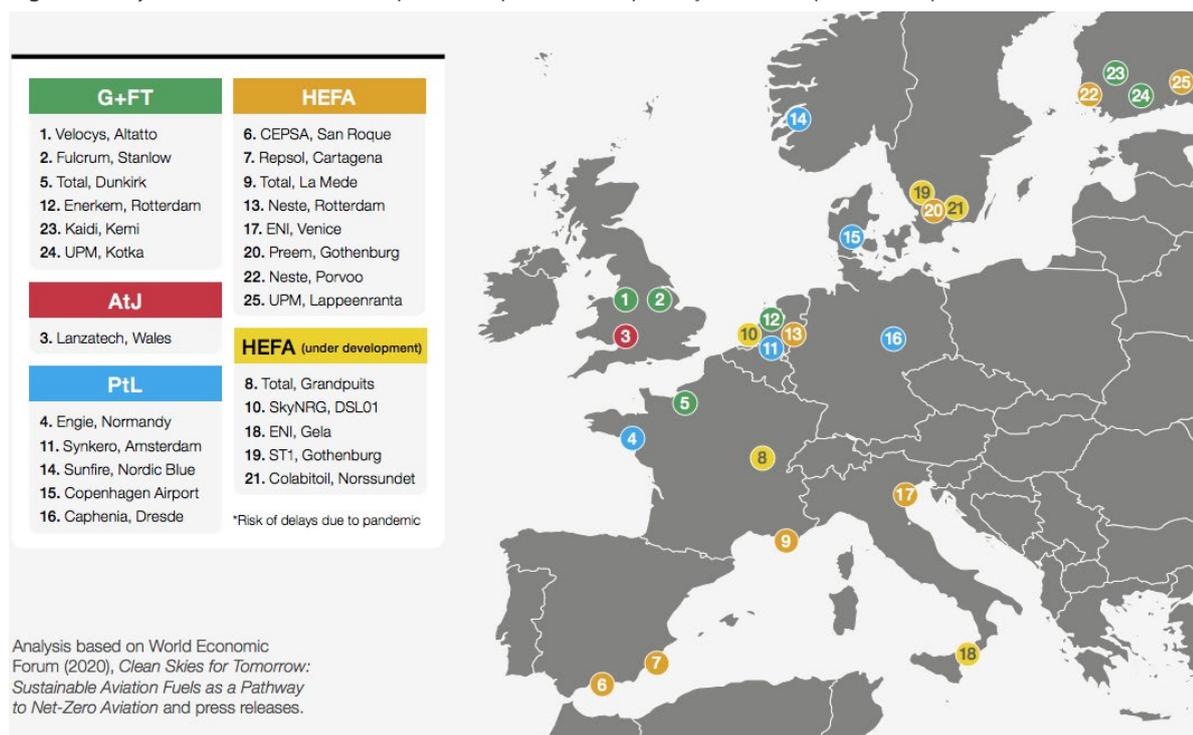
**Distribuidoras:** pelo menos duas vezes a diferença entre o preço médio anual do combustível fóssil para aviação e SAF, vezes a quantidade de SAF necessária para cumprir a meta especificada. Penalidades separadas serão aplicadas a deficiências no mandato biológico avançado e no mandato de combustível sintético. Com base na análise do SkyNRG, as penalidades de não conformidade em 2030 podem ser de cerca de € 1.000 e € 6.000 por tonelada de combustível para os mandatos de combustível biológico e sintético avançado, respectivamente. **Companhias aéreas:** pelo menos o dobro do preço médio anual do combustível de aviação convencional, multiplicado pela quantidade de SAF que não foi aumentada. Considerando um preço médio de mercado de € 600 por tonelada de combustível para aviação, as companhias aéreas podem arriscar uma multa de € 1.200 por tonelada de SAF sem tanque. (SkyNRG, 2021, grifo nosso)

Vale ressaltar que os países-membros da União Europeia exercem posição-chave ao incorporar mandatos internos de utilização de SAF. Essas medidas impulsionam toda a cadeia produtiva, incluindo os ministérios de desenvolvimento sustentável, energia, ambiente, inovação, aeronáutica, entre outros.

Segundo a European Aviation Safety Agency (EASA, 2019, p. 19), no ano de 2019, as empresas e países europeus que tinham planos de produzir SAF eram: Swedish Biofuels (Suécia); LanzaTech (Reino Unido); Quantafuel (Noruega); Preem (Finlândia); SkyNRG (Holanda); Neste (Finlândia). Indica que só a Total (França) estaria com produção a partir de 2019 e a Altolto (Reino Unido) e Repsol (Espanha) em meados de 2020. A agência afirmava que essa lista não era exaustiva e que outras empresas poderiam também planejar entrar no mercado de SAF europeu.

Já o Fórum Econômico Mundial (WEF, 2021) apresenta que, atualmente, há, no mínimo, oito instalações e cerca de 20 novas plantas ou expansões em locais já existentes sendo planejadas. A estimativa era de que pudessem produzir aproximadamente 3 milhões de toneladas (Mt) de SAF por ano, porém, devido a fatores limitantes, afirmam que esse número pode cair para 1,5-2 Mt / ano até 2025, equivalente a 2,5% a 3% da demanda de combustível de aviação na Europa. A ilustração seguinte apresenta os projetos de SAF na Europa em 2020.

Figura 4. Projetos anunciados na Europa com capacidade de produção de SAF (2020-2025)



Fonte: [WEF, 2021, p. 9](#).

Vale lembrar que, conforme afirma [Sooner \(2020, p.4\)](#), existem vários sistemas voluntários de certificação de sustentabilidade para biomassa para produção de energia e cadeias de abastecimento ([European Commission, 2021](#)). O sistema de certificação de sustentabilidade é o Roundtable for Sustainable Biomaterials (**RSB**), sendo que o RSB EU RED Standard é recomendado para produtores que pretendem vender na União Europeia ([RBS, 2021](#)).

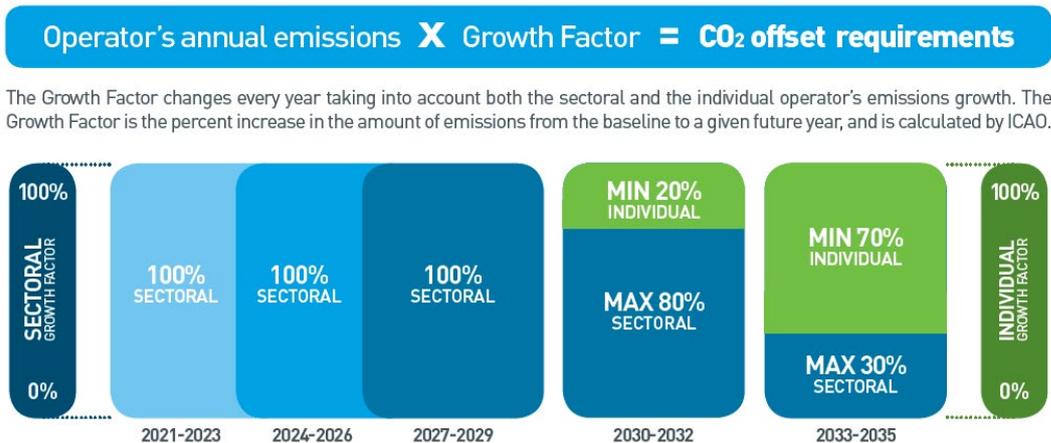
Em abril de 2021, o International Airlines Group ([IAG, 2021](#)) tornou-se o primeiro grupo europeu de companhias aéreas a se comprometer a abastecer 10% de seus voos com combustível de aviação sustentável (SAF) até 2030.

### 1.2.8. CORSIA

A meta do CORSIA previa, basicamente, que as emissões se estabilizassem nos níveis que inicialmente seriam observados em 2020. Devido à pandemia do Covid-19, as emissões absolutas de 2019 serão também utilizadas no ano de 2020, substituindo as emissões registradas este ano, com a finalidade de amortizar a queda de tráfego aéreo deste período ([OACI, 2020](#)).

O cálculo para encontrar o valor total da compensação exigirá as emissões anuais do operador multiplicadas pelo fator de crescimento, o qual é a porcentagem do aumento relativo ao ano base de 2019. A abordagem setorial / individual é aplicada a partir de 2030, a fim de gerar uma igualdade de tratamento do cálculo dos requisitos de compensação entre os operadores de avião que participam da primeira e segunda fases do CORSIA.

Figura 5. Cálculo das compensações de carbono no CORSIA



Fonte: [OACI, 2020](#).

As formas de *compliance* previstas estão descritas em Volume IV – Procedures for demonstrating compliance with the Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). Os valores estimados antes da Covid-19 para os créditos de compensação eram da ordem de US 6 to 12 \$/ton CO<sub>2</sub>-eq em um cenário mais moderado e entre 20 a 40 \$/ton CO<sub>2</sub>-eq em um cenário mais agressivo, segundo a IEA. A partir de 2021, o operador poderá diminuir o valor de suas compensações ao utilizar os combustíveis elegíveis pelo CORSIA que podem ser SAF ou LCAF. Até outubro de 2021, a OACI aprovou nove processos de conversão para produção de SAF, sendo sete rotas e duas formas de coprocessamento conforme tabela a seguir:

Quadro 10. Processos de SAF

ASTM reference	Conversion process	Abbreviation	Possible Feedstocks	Blending ratio by volume	Commercialization proposals / Projects
ASTM D7566 Annex 1	Fischer-Tropsch hydroprocessed synthesized paraffinic kerosene	FT	Coal, natural gas, biomass	50%	Fulcrum Bioenergy, Red Rock Biofuels, SG Preston, Kaidi, Sasol, Shell, Syntroleum
ASTM D7566 Annex 2	Synthesized paraffinic kerosene from hydroprocessed esters and fatty acids	HEFA	Bio-oils, animal fat, recycled oils	50%	World Energy, Honeywell UOP, Neste Oil, Dynamic Fuels, EERC
ASTM D7566 Annex 3	Synthesized iso-paraffins from hydroprocessed fermented sugars	SIP	Biomass used for sugar production	10%	Amyris, Total

ASTM D7566 Annex 4	Synthesized kerosene with aromatics derived by alkylation of light aromatics from non-petroleum sources	FT-SKA	Coal, natural gas, biomass	50%	Sasol
ASTM D7566 Annex 5	Alcohol to jet synthetic paraffinic kerosene	ATJ-SPK	Biomass from ethanol or isobutanol production	50%	Gevo, Cobalt, Honeywell UOP, Lanzatech, Swedish Biofuels, Byogy
ASTM D7566 Annex 6	Catalytic hydrothermolysis jet fuel	CHJ	Triglycerides such as soybean oil, jatropha oil, camelina oil, carinata oil, and tung oil	50%	Applied Research Associates (ARA)
ASTM D7566 Annex 7	Synthesized paraffinic kerosene from hydrocarbon-hydroprocessed esters and fatty acids	HC-HE-FA-SPK	Algae	10%	IHI Corporation
ASTM D1655 Annex A1	FOG Co-processing		Fats, oils, and greases (FOG) from petroleum refining	5%	
ASTM D1655 Annex A1	FT Co-processing		Fischer-Tropsch (FT) biocrude as an allowable feedstock for petroleum co-processing	5%	Fulcrum

Fonte: [OACI, 2021](#)

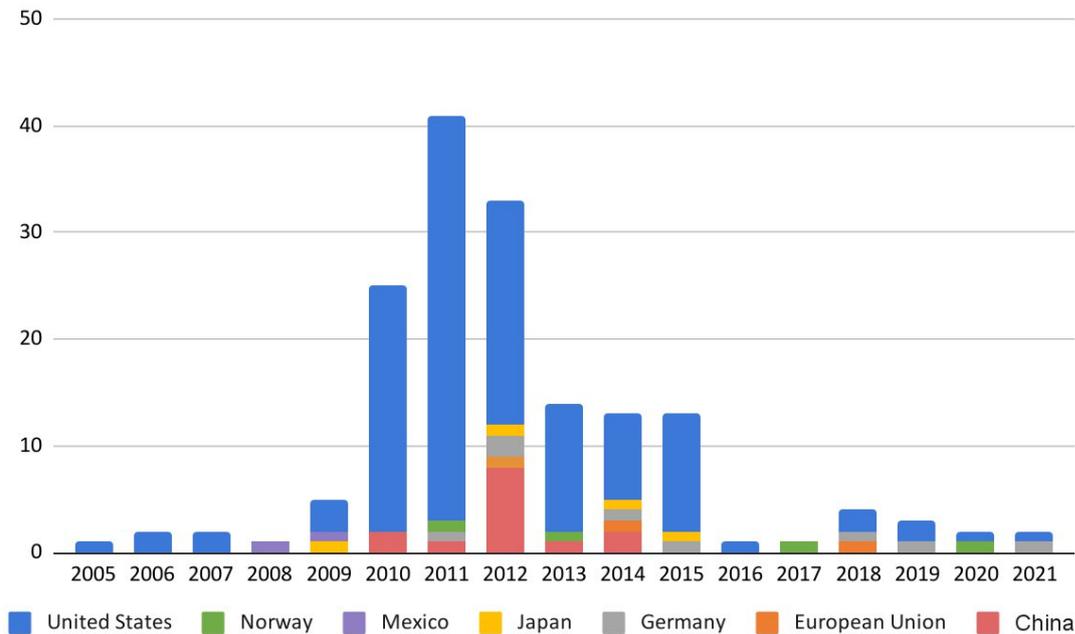
O Estado é o responsável pelo cumprimento desse mecanismo, por isso deve calcular os valores de compensação finais totais do operador no final de cada período de conformidade, subtraindo as reduções de emissões do uso de Combustíveis Elegíveis CORSIA dos valores de compensação do operador durante o período de conformidade. Os períodos de *compliance* são de três em três anos, iniciados a partir de 2021. Porém os relatórios de monitoramento são anuais. Os países devem tomar as medidas necessárias em suas políticas nacionais e marcos regulatórios para o cumprimento e aplicação do CORSIA.

### 1.3. Análise comparativa dos sistemas e instrumentos de governança

Vários tipos normativos e políticas públicas sobre produção e comercialização estão sendo utilizados para promover os combustíveis sustentáveis de aviação (SAF). Nesta seção iremos verificar comparativamente os países selecionados e instrumentos que vêm a ser adotados por eles. Entre as principais políticas para incentivar a implementação de SAF, estão os incentivos fiscais diretos, como os subsídios, subvenções diretas pelos recursos investidos em SAF, compras governamentais, contratos e empréstimos subsidiados; e os mandatos, que podem ser relacionados à tipo de SAF, percentual de mistura, volume ou mesmo redução de emissão).

Utilizaremos tanto os materiais e fontes primárias quanto dados diretos das bases de dados disponíveis no site da OACI.

**Gráfico 2.** Quantidade de iniciativas de PD&I em SAF e biocombustíveis em geral nos países selecionados (2005 a 2021)



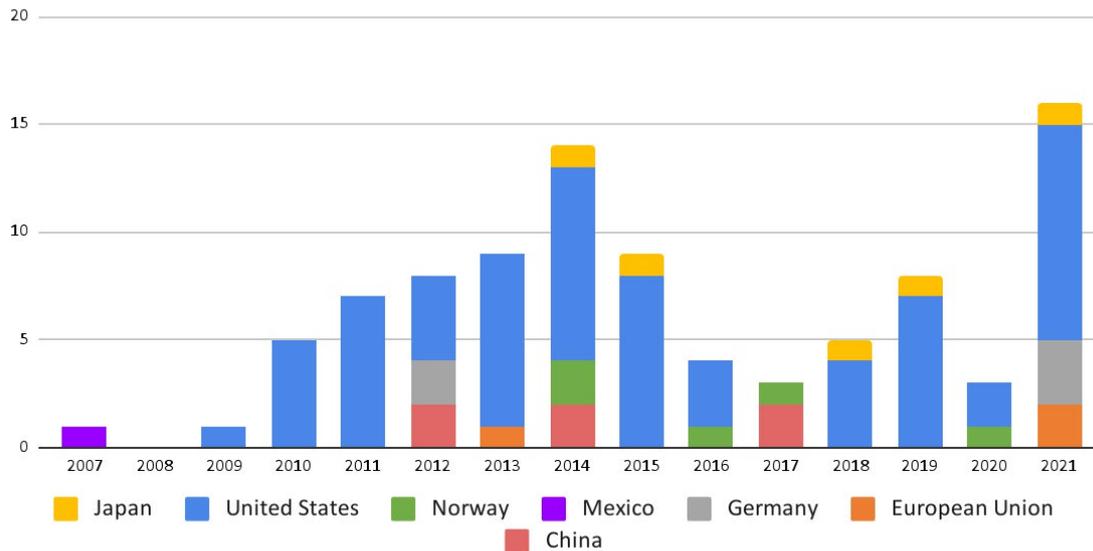
Fonte: Elaboração própria, 2021. Base de dados OACI (SAAFA).

Os Estados Unidos são o país que mais investiu em **PD&I** de SAF. Conforme o Gráfico 2, considerando o ano de 2011, este país teve 38 iniciativas de um total de 125 no período de 2005 a 2021. Em 2010 foram 23 e 21 em 2012, lembrando que, no ano de 2012, houve um aporte do USDA, DOE e a Marinha (Navy) no valor de US\$ 510 milhões para projetos com as empresas Emerald Biofuels, Fulcrum BioEnergy, e a Red Rock Biofuels. Em 2021 foram anunciados investimentos na ordem de US\$4,3 bilhões para PD&I. A China fica em segundo lugar com 14 iniciativas identificadas pela OACI e a Alemanha em terceiro com oito. O Japão teve apenas quatro, mesmo número identificado para as iniciativas na Noruega.

Ressalta-se também que a Boeing em especial tem liderado as várias iniciativas de cooperação técnica no mundo, tendo feito parcerias na China, Japão, México, por exemplo. O México desenvolveu o *cluster* Bioturbosina para promover o desenvolvimento desse biocombustível e o Japão tem forte atuação da NEDO financiando parcerias e projetos inovadores para integração da cadeia. A Noruega e Alemanha possuem seus Hubs.

Quando consideramos as iniciativas de **implementação (deployment)**, colocados no Gráfico 3, ainda temos a liderança dos Estados Unidos com 68, seguidos da China com seis e da Noruega e Japão cada um com cinco indicações. Cabe observar que a informação do México, considerada em 2007 no banco de dados, na verdade é de 2012 e se refere ao anúncio da planta de Chiapas.

**Gráfico 3.** Quantidade de iniciativas de Implementação (*deployment*) em SAF e biocombustíveis em geral nos países selecionados (2005 a 2021)



Fonte: Elaboração própria, 2021. Base de dados OACI (SAAFA).

Em sua base de dados específica de SAF, a OACI apresenta 21 políticas, das quais cinco correspondem aos países analisados. Ainda consideram nessa base o CORSIA, o Programa ReFuelEU e o Renovabio do Brasil. Dessas cinco, três são dos Estados Unidos, sendo duas já adotadas, nomeadamente o Renewable Fuel Standard (RFS) e o Low Carbon Fuel Standard (LCFS) da Califórnia, além do projeto de lei Sustainable Aviation Fuel Act apresentado em maio de 2021 (OACI, 2021).

Tanto o RFS quanto o LCFS, ainda que não tenham promovido especificamente o biocombustível de aviação, são instrumentos significativos, pois têm incentivado, por exemplo, o diesel verde que é um produto no mesmo processo de bioquerosene. De todo modo, ainda estão buscando viabilizar um crédito tributário ao SAF. Mas não há um mandato de porcentagem específico sendo adotado nos EUA, ainda que as FAA já tenham implementado. O Governo Biden anunciou a meta de 3 bilhões de galões/ano até 2030 e 35 bilhões até 2050.

No caso da UE, a partir de 2025, os fornecedores de combustível deverão incluir o mínimo de 2% de SAF na mistura de combustível, chegando a 5% em 2030, 32% em 2040 e 63% em 2050; e para providenciar suficiente oferta de SAF para o mercado (e-querosene ou bioquerosene), a União Europeia propõe um submandato de combustível sintético, começando em 0,7% em 2030, 0,8% em 2040 e 28% em 2050.

Assim, no que tange a mandato, o destaque é da Noruega que é o único país a promover a obrigatoriedade de 0,5% de SAF desde 2020, podendo chegar a 40% em 2040. A Alemanha também busca iniciar um mandato em 2026. Não foi encontrada nenhuma meta ou mandato governamental de SAF específica para China e Japão até o momento, ainda que algumas empresas aéreas nesses países já estejam adotando seus compromissos. A tabela a seguir apresenta os mandatos desejados e previstos, por parte governamental ou de algum organismo/empresas.

**Quadro 11.** Tabela Mandatos de SAF

País / OIG	Teor de SAF	Mecanismo
EUA	3 bilhões de galões/ano até 2030 e 35 bilhões até 2050	Meta governamental desejada
China	n.d.	n.d.
Japão	n.d.	n.d.
Alemanha	0,5% (2026), 1 % (2028); 2% (2030)	Meta governamental estabelecida
Noruega	0.5% (2020); 1% (2021)	Meta governamental estabelecida
UE	2% (2025); 5% (2030); 20% (2035); 32% (2040); 38% (2045); 63% (2050). <i>minimum share of synthetic aviation fuels: 0,7% (2030); 5% (2035); 8% (2040); 11% (2045); 28% (2050)</i>	Meta supranacional (ReFuelEU Aviation)
México	15% (2020); 50% (2040)	Meta de mistura desejada- Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA)

Fonte: Elaboração própria, dados de [IATA, 2015](#); [NRL, 2021](#), p.96.; [BMU, 2021](#); [Noruega, 2019](#); [EC, 2021](#).

Vale destacar ainda que o sistema de Comércio de emissões da UE (EU ETS), que se aplica a voos intra-UE/EEE, fornece incentivo para os operadores de aeronaves usarem SAF baseados em biomassa certificados como em conformidade com os critérios de sustentabilidade de RED ou RED II, atribuindo-lhes emissões zero de acordo com o esquema, o corte das emissões relatadas pelas operadoras e das licenças ETS que elas precisam adquirir. Alguns países da UE, incluindo Holanda, França, Finlândia, Suécia e Portugal, já implementaram ou estão planejando medidas de apoio a políticas, como obrigações de fornecimento de SAF. Há também uma série de iniciativas em países da UE para apoiar o desenvolvimento de SAF, como Bioquerosene na Espanha, AIREG na Alemanha e a Iniciativa Nórdica para a Aviação Sustentável (NISA).

**Quadro 12.** Resumo das formas de incentivo ao SAF em países selecionados

Países/OI	Mandato	PD&I	Incentivos não monetários (MBM)	Linhas de financiamento	Incentivos sub-nacionais
EUA	*	x	x		x
China		x			
Japão		x			x
Alemanha	x	x	x		
Noruega	x	x			
União Europeia	x	x	x		
México	*	x			x

\*Intenções anunciadas pelo governo em algum momento.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

O próprio CORSIA foi criado para acelerar a neutralidade do carbono na aviação internacional. Desde 2020, a OACI iniciou a regulamentação dos procedimentos necessários para que os produtores possam compreender quais os combustíveis sustentáveis são elegíveis para o CORSIA e para que os operadores das aeronaves possam reivindicar créditos para compensação de suas emissões. Esse é um *driver* importante para configurar instrumentos locais para suprir a demanda de SAF do CORSIA, podendo ser considerado também um instrumento não monetário por parte dos países que irão participar na fase mandatária.

## 2. Mapeamento das mais importantes políticas públicas

Nesta seção nos aprofundaremos tanto nas motivações quanto nas políticas públicas que ajudaram os países selecionados a começarem a desenvolver SAF.

### 2.1. Estados Unidos

Os dois maiores programas de incentivo aos biocombustíveis vigentes nos Estados Unidos são o Renewable Fuel Standard (RFS) que estabeleceu uma meta de 36 bilhões de galões de biocombustíveis até 2022 e o Low Carbon Fuel Standard (LCFS) da Califórnia que prevê a redução de 20% da intensidade de Carbono nos combustíveis de transporte até 2030.

Apesar de não especificado nas metas do RFS, a [EPA \(2010\)](#) permite SAF no RFS na geração de créditos, chamados de Renewable Identification Numbers (RINs). Na regra final RFS de março de 2010, foi determinado pela EPA uma série de rotas de combustível de aviação se qualificam como biocombustível avançado ou biocombustível celulósico com base em suas reduções do ciclo de vida nas emissões de GEE em comparação com a linha de base combustível e as matérias-primas usadas para produzi-los. Além disso, a [EPA \(2013\)](#) também declarou, em março de 2013, que alguns processos de diesel renovável que tinham sido anteriormente avaliados poderiam ter rotas adicionais de combustível de aviação. Dessa forma, o RFS dos EUA permite que o SAF gere RINs do tipo D4, D5 e D7 se forem produzidos por hidrotratamento usando matérias-primas específicas (D4, D5) ou produzidas a partir de material celulósico (D7), seguindo as exigências de redução de gases de efeito estufa, conforme a tabela a seguir.

**Quadro 13.** Divisão dos RINs no RFS

Código do RIN	Tipo de combustível	Redução de GEE requerida	Combustível
D3 / D7	Celulósico	60%	Etanol celulósico, nafta celulósica, diesel celulósico (D7), gás natural comprimido (GNC) ou gás natural liquefeito (GNL) renováveis
D4	Diesel a base de biomassa	50%	Biodiesel e diesel renovável
D5	Biocombustíveis avançados	50%	Etanol de cana, biogás, óleo de aquecimento renovável
D6	Combustíveis renováveis	20% ou menos	Etanol de milho

Fonte: Adaptado de [EPA](#).

Houve a aprovação de duas rotas específicas, sendo a primeira produzida nacionalmente a pedido da [“Texmark Chemicals, Inc. and Neste”](#), em 2019, e a segunda produzida na Holanda a pedido de [Koole Tankstorage Botlek B.V. \(Koole\) and Neste Oyj \(Neste\)](#) foi aprovada em julho de 2021.

Essa abordagem ajuda a tornar o SAF mais competitivo com diesel renovável e aumenta familiaridade com SAF, embora não se aproxime de uma obrigação de uso. Os detalhes específicos de como os RINs são criados por meio da mistura de SAF é importante: quando o SAF é produzido usando a via de hidrotreatamento (que é elegível para D4 RINs), ele gera 1,6 RINs<sup>11</sup> por galão, não 1,7, devido à menor densidade de energia volumétrica da aviação combustível (é ligeiramente abaixo do valor de aquecimento limite de 123.500 unidades térmicas britânicas (Btu) / galão para 1,7 RINs) (GHATALA, 2020).

Já no caso do LCFS da Califórnia e também do Programa do Oregon, há a possibilidade de que o SAF gere créditos de *compliance*. A partir de 2019 na Califórnia, os produtores de combustível de aviação alternativo têm como parâmetro a intensidade de carbono (CI) de 89,37 gCO<sub>2</sub>/MJ do combustível fóssil de aviação para gerar créditos LCFS, enquanto as alternativas ao diesel precisam superar uma pontuação de CI de 94,17 gCO<sub>2</sub>/MJ, conforme a tabela (CARB 2018; CARB 2020). No caso de Oregon, esse valor é de 90,8 gCO<sub>2</sub>/MJ até 2025, depois vai para 88,87 gCO<sub>2</sub>/MJ.

**Tabela 3.** Benchmarking no LCFS na Califórnia

Ano	Média de IC Diesel (gCO <sub>2</sub> e/MJ)	Média de IC Jet Fuel (gCO <sub>2</sub> e/MJ)
2019	94,17	89,37
2020	92,92	89,37
2021	91,66	89,37
2022	90,41	89,37
2023	89,15	89,15
2024	87,89	87,89
2025	86,64	86,64
2026	85,38	85,38
2027	84,13	84,13
2028	82,87	82,87
2029	81,62	81,62
2030	80,36	80,36

Fonte: Adaptado de CARB, 2020.

No exemplo dado por Ghatala (2020), considera-se a IC de Diesel Verde (DV) no valor de 32 e a média de IC de SAF é de 35. Nesse sentido, para se verificar quantos créditos podem ser gerados, a conta do DV ficaria  $92,92 - 32 = 61$ ; enquanto, no caso de SAF, ficaria  $89,37 - 35 = 54,37$ . Dessa forma, o DV gera 11% mais créditos<sup>12</sup> do que o SAF. Por isso, considera-se que esse é um dos motivos pelos quais a produção de diesel renovável ainda é mais atraente do que a produção de SAF, o que ainda será o caso nos próximos anos. Porém, a partir de 2023, o *benchmarking* entre *jet fuel* e *Diesel* fica no mesmo patamar, então o que irá fazer a diferença é a IC de SAF vs. DV.

11. Informações sobre os preços de RINs podem ser acessadas em EPA, 2021.

12. Informações sobre os valores dos créditos do LCFS estão disponíveis em Carb (2021).

**Quadro 14.** Comparação dos incentivos de Diesel Verde e SAF no RFS e LCFS

Incentivo	Elegibilidade do incentivo DV	Elegibilidade do incentivo SAF
Geração de crédito no LCFS	<b>SIM</b> (vs. linha de base do diesel)	<b>SIM</b> (vs. linha de base do combustível fóssil de aviação), resultando em menos créditos LCFS por volume de combustível equivalente
<b>Custo de conformidade Cap-and-Trade em combustíveis fósseis cobertos</b>	<b>SIM</b> (DV inclui valor de redução Custo de conformidade Cap-and-Trade para combustível diesel)	<b>NÃO</b> (combustível fóssil de aviação não é obrigatório sob Cap-and-Trade devido à preempção federal)
Custo de conformidade LCFS coberto combustíveis fósseis	<b>SIM</b> (DV inclui valor de redução Custos de conformidade LCFS para diesel combustível)	<b>NÃO</b> (combustível fóssil de aviação não é obrigatório sob LCFS devido à preempção federal)
<b>US RFS RIN generation</b>	<b>SIM</b> (DV gera 1,7 RINS por galão)	<b>SIM</b> , mas não há competitivamente (SAF gera 1,6 RINS por galão)

Fonte: Adaptado de [Ghatala \(2020\)](#).

A [EPA](#) também estabeleceu, no começo de 2021, os padrões de emissão de gases de efeito estufa (GEE) que se aplicam a certos novos aviões comerciais, incluindo todos os grandes jatos de passageiros. A agência afirma que esses padrões estão em conformidade com os padrões da OACI. Depois que a EPA emite as regras para os padrões de GHG, a FAA emitirá um regulamento para fazer cumprir esses padrões e quaisquer custos potenciais de certificação para os padrões de GHG serão atribuídos às regras da FAA.

É importante mencionar que a FAA não regula diretamente os combustíveis, mas a aeronavegabilidade das aeronaves e seus motores são certificadas por uma autoridade no país onde o equipamento é fabricado. Nos Estados Unidos, a FAA fornece os requisitos para a certificação de motores. O programa de redução contínua de energia, emissões e ruído (CLEEN) da FAA oferece uma divisão de custos de 50% com os fabricantes de equipamentos de origem com o objetivo de desenvolver e demonstrar combustíveis alternativos para a aviação e tecnologias de aeronaves ([NREL, 2021](#)).

Em 2012, em um MOU, o USDA, DOE e a Marinha (*Navy*) investiram US\$ 510 milhões para iniciar uma parceria com o setor privado e produzir combustíveis *drop-in* avançados para aviação e para transporte marítimo. As empresas beneficiadas foram Emerald Biofuels, Fulcrum BioEnergy e a Red Rock Biofuels ([UNITED STATES, 2011](#)).

Já mencionamos a mais recente política do chamado [Sustainable Aviation Fuel Grand Challenge](#), no qual os combustíveis renováveis irão emitir 50% das emissões quando comparados aos combustíveis fósseis. O governo calcula US\$4,3 bilhões em investimentos para produção de SAF. A título de exemplo, o DOE vai destinar mais de US\$64 milhões para financiar 22 projetos voltados a: expansão de biotecnologias; açúcares celulósicos limpos e acessíveis para conversão de alto rendimento; separações para ativar a conversão de biomassa; aquecedores de madeira residenciais; gás natural renovável ([DOE, 2021](#)). Além disso, em nova chamada do [DOE \(2021\)](#), é divulgada uma segunda Scale-Up Funding Opportunity Announcement (FOA). Nesse programa, o valor despendido na primeira chamada foi de US\$33 milhões, no qual são previstos recursos para projetos-pilotos, projetos em escala de demonstração e, ainda, deve permitir projetos que estão em fase de planejamento, bem como aqueles que já possuem um pacote de design e estão prontos para serem construídos.

No documento também é colocada a questão da viabilização de um crédito tributário para os SAF também. Como afirmado anteriormente, o Departamento de Tesouro havia aportado investimentos para um crédito tributário específico para SAF dentro do seu Green Book de maio de 2021. A proposta introduziria um crédito fiscal de produção de US\$1,50 por galão para combustível de aviação sustentável que atingiria pelo menos uma redução de 50% nas emissões em relação ao combustível de aviação convencional. O crédito seria oferecido para combustível produzido depois de 31 de dezembro de 2021 e antes de 1º de janeiro de 2028. Um crédito suplementar de até US\$0,25 por galão estaria disponível em uma escala móvel dependendo da redução de emissões em relação ao combustível de aviação convencional. O valor da certificação de redução de emissões seria de US\$ 0,01 para cada dois pontos percentuais acima da linha de base de redução de 50 por cento. O combustível de aviação sustentável com uma redução de emissões de 50 por cento em relação ao combustível convencional receberia um crédito de US\$ 1,50 por galão, enquanto o combustível com uma redução de emissões de 100 por cento receberia um crédito de US\$ 1,75 por galão.

No dia 11 de setembro de 2021, a Comissão de Assuntos Tributários divulgou o texto das porções de energia verde de sua apresentação de reconciliação, e o **crédito de imposto de combustível de aviação sustentável** foi incorporado na seção 136203. Na seção 136201 também há a prorrogação do **crédito ao biodiesel**, diesel renovável e combustíveis alternativos (conhecido como BTC) até 2031. O valor desse crédito é de US \$1 para cada galão de biodiesel e diesel renovável misturado para o abastecimento de transporte dos EUA.

No Congresso já estavam tramitando iniciativas relativas a um crédito tributário ao SAF. Em fevereiro de 2021, a Dep. Julia Brownley (D-CA inclusive apresentou o projeto de lei “Sustainable Aviation Fuel Act” que previa um fundo de US\$1 bilhão para a produção de SAF além de crédito tributário. Em maio do mesmo ano, foi proposto o Sustainable Skies Act por Bradley Schneider (D-IL), Dan Kildee (D-MI) e novamente Julia Brownley (D-CA) e estabeleceria um crédito fiscal de US\$ 1,50 por galão para SAF que reduz as emissões em 50%. Se a redução for superior a 50%, US\$0,01 é adicionado para cada ponto percentual no máximo de US\$2.

**Quadro 15.** Leis em tramitação de SAF nos Estados Unidos

Data	Proponente	Nome do Projeto de lei	Objeto
03/02/2021	Julia Brownley (D-CA)	H.R. 741 <u>Sustainable Aviation Fuel Act</u>	Gera um fundo de 1 bilhão de dólares para a produção de SAF, além de crédito tributário
13/05/2021	Sen. Whitehouse, Sheldon (D-RI)	S. 1608 – <u>Sustainable Aviation Fuel Act</u>	Estabelece o <b>Low Carbon Aviation Fuel Standard</b> e cria um programa de subsídios autorizado em US\$1 bilhão em 5 anos para expandir o número de instalações de SAF; crédito aos misturadores de US\$1,50 a US\$1,75.
20/05/2021	Bradley Schneider (D-IL), Dan Kildee (D-MI) e Julia Brownley (D-CA)	H.R.3440 <u>Sustainable Skies Act</u>	Cria um crédito fiscal de US\$1,50 a US\$1,75 por galão para SAF podendo chegar a até US\$2.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Além disso, outras comissões da Câmara dos Representantes dos EUA reuniram suas contribuições para o projeto de conciliação orçamentária de US\$ 3,5 trilhões, sendo que dois deles também incluem diretrizes sobre aviação.

A seção 110011 do projeto de reconciliação da Comissão de Transporte e Infraestrutura destina US\$ 1 bilhão “para o Departamento de Transporte fornecer subsídios e celebrar acordos de compartilhamento de custos com entidades elegíveis para realizar projetos nos Estados Unidos que (1) desenvolva, demonstre ou aplique tecnologias de aviação de baixa emissão; ou (2) produza, transporte, misture ou armazene combustíveis de aviação sustentáveis que reduzirem as emissões de gases de efeito estufa...” A legislação também destinará US\$ 6 milhões para ajudar a implementar totalmente o CORSIA. Há ainda questões sensíveis nas definições de SAF e grupos que defendem uso de biomassa como matéria-prima pressionam para que estas questões sejam melhor regulamentadas ([GROWTH ENERGY et al., 2021](#)).

A proposta da Comissão de Ciência, Espaço e Tecnologia destina US\$225 milhões para a pesquisa aeronáutica da NASA para “o avanço da pesquisa e desenvolvimento aeronáutico na aviação sustentável, incluindo despesas administrativas relacionadas, de acordo com as responsabilidades autorizadas nas seções 40701 e 40702 do título 51, Código dos Estados Unidos. Afirma que o Administrador deve priorizar a sustentabilidade ambiental, a eficiência energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa e impactos ambientais em todos os esforços que usam os fundos apropriados desta seção”.

Vale mencionar que, em 2014, o DOD oferecia um crédito para a mistura de biocombustíveis para uso no F-76 ou JP-5 no âmbito do **Farm-to-Fleet Program Biofuel Production Incentive (BPI)**. Os fundos para financiar esse programa eram advindos do USDA. Para cada 1% de conteúdo de biocombustível acima de 10%, a taxa de pagamento do BPI aumentará 0,8335 centavos, até uma taxa máxima de pagamento de 25 centavos. O Programa durou até início de 2018 ([UNITED STATES, 2018](#)).

**Tabela 4.** Valor do crédito de acordo com a porcentagem de biocombustível

Porcentagem da mistura de biocombustível	Valor do crédito
10%	8.3350 cents
11%	9.1685 cents
15%	12.5025 cents.
20%	16.6700 cents
25%	20.8375 cents
30% ou mais desde que permitido pela MILSPEC*	25.0000 cents

\*Military Defense Standard. Fonte: [UNITED STATES, 2016](#).

## 2.2. China

As primeiras iniciativas da Civil Aviation Administration of China (CAAC) foram feitas em 2008, com o lançamento dos documentos “Civil Aviation Industry Energy Conservation and Emissions Reduction Plan (2005-2015)” e “Circular on the Full – Scale Implementation of Energy Conservation and Emissions Reductions throughout Civil Aviation Industry” como parte de uma força-tarefa para lidar com as reduções de emissões do setor aéreo, bem como com a conservação da energia. Seguindo nessa lógica, em 2011 lançou o “Guidelines to Speed up the Promotion of Energy Conservation and Emissions Reduction Regime in Civil Aviation Industry”, como parte do seu Décimo Segundo Plano da Indústria da Aviação Civil e o Plano de Conservação de Energia e Redução de emissões de (2005-2015).

Há algumas informações que a CAAC, em 2012, utilizou do Civil Aviation Development Fund (CADF) para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras de biocombustíveis. As empresas teriam recebido subsídios que variam de 30% do investimento total para esforços de redução de emissões até 60%. Os passageiros teriam de pagar 50 yuans para rotas domésticas e 90 yuans em rotas internacionais. Com isso, era esperado que o governo arrecadasse 15,4 bilhões de yuans no CDAF naquele ano ([CHINA.ORG, 2012](#)).

**Quadro 16.** Projetos de Pesquisa de SAF na China

Ano	Parcerias	Projetos
2010	<a href="#">Boeing / PetroChina sustainable biofuel initiative</a>	Avaliação, análise de viabilidade, problemas e benefícios do desenvolvimento de uma cadeia de valor na China
2010	<a href="#">CAS Qingdao Institute / Boeing joint laboratory on alternative fuels</a>	O laboratório foi projetado para acelerar as aplicações comerciais de biocombustíveis de aviação sustentáveis com foco no desenvolvimento de algas.
2012	<a href="#">Boeing, Comac joint technology center</a>	PD&I sobre eficiência de combustível e redução de emissões (incluindo biocombustíveis)
2012	<a href="#">Airbus, Tsinghua University</a>	PD&I (ACV e forma de apoiar o desenvolvimento da cadeia de valor)
2012	<a href="#">Sinopec, Airbus</a>	Cooperação para certificação de combustíveis e promoção de biocombustíveis para aviação
2012	<a href="#">Joint venture Airbus, EADS, ENN</a>	PD&I para combustível de algas

Fonte: Elaboração própria, dado de [OACI, 2013](#).

Em 2017, a CAAC tinha uma meta de reduzir os GEE em 4% ou mais até 2020, quando comparados aos níveis de 2011 a 2016. Em seu [discurso](#) na ONU em setembro de 2020, o Presidente Xi Jinping declarou “We aim to have CO<sub>2</sub> emissions peak before 2030 and achieve **carbon neutrality before 2060**”. Estratégia que foi consolidada no [Décimo Quarto Plano Quinquenal da China](#). Na [conferência anual da IATA](#) realizada em outubro de 2021, essa meta de 2060 foi levantada pela China Eastern Airlines, pois a IATA propôs a meta de carbono zero até 2050 e os chineses argumentaram que essa meta deveria ser adiada por 10 anos para se adequar a meta de Xi Jinping. Porém, a indústria, de forma geral, pressionada inclusive com a próxima COP, resolveu aderir a meta de 2050 ([LEWIS, 2021](#); [GEORGIADIS & BUSHEY, 2021](#)).

Em Taiawn, desde 2015 existe o Greenhouse Gas Reduction and Management Act que está sendo reformulado pela [Environmental Protection Administration \(EPA\)](#). Segundo este órgão, deve ser estabelecido um mecanismo central de relatórios de adaptação às mudanças climáticas, impondo taxas de gestão de emissões de GEE compatíveis com práticas internacionais de precificação de carbono e estabelecendo um sistema de incentivos econômicos. A EPA ressalta que quer desenvolver tecnologias de baixo carbono com o Fundo de Gestão de GEE para promover uma economia de baixo carbono. Além disso, buscará revisar o padrão de desempenho de emissão de GEE (EPS) para melhorar a qualidade regulatória, adicionar novos regulamentos sobre adaptação às mudanças climáticas e as medidas de adaptação necessárias e estabelecer sistemas de resiliência climática para governos em todos os níveis.

### 2.3. Japão

Há uma legislação de 2009 chamada **Act on Sophisticated Methods of Energy Supply Structures**, na qual está prevista a promoção do uso de recursos não fósseis e o uso de fontes fósseis mais eficazes por empresas de energia. Ainda estão previstas medidas necessárias para promover o uso de fontes de energia renováveis, como luz solar e eólica, recursos não fósseis, incluindo energia nuclear (METI, 2009).

Ainda que não de forma muito desenvolvida, os biocombustíveis para o setor de aviação foram citados no Long-term Low-carbon Vision de 2017 desenvolvido pelo Global Environment Committee ligado ao Central Environment Council que é um órgão do Ministério do Meio Ambiente do Japão.

Antes disso, como foi mencionado, a INAF desenvolveu o *roadmap* de 2015 com os 46 *stakeholders*, incluindo agentes governamentais. Neste *roadmap* também propôs, como marco para voos utilizando SAF, as Olimpíadas de Tóquio que seriam realizadas em 2020. Existem documentos governamentais disponíveis pelo Committee for the Introduction of BJT for the 2020 Olympic and Paralympic Games in Tokyo no site do Ministério da Economia, Comércio e Indústria de 2018, explicando que o Comitê<sup>13</sup> Responsável se reunia duas vezes por ano para discutir o estágio de desenvolvimento e propostas de P&D para viabilizar o SAF em 2020 (METI, 2018).

No documento “Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in 2050” divulgado em junho de 2021 por vários ministérios liderados pelo Gabinete do Governo, explica-se que, baseado nas metas da IATA e do OACI prevendo crescente demanda por tecnologias de baixo carbono, o desenvolvimento destas é indispensável para superar as mudanças climáticas e contribuir para manter e fortalecer a competitividade da indústria aeronáutica do Japão (METI, 2021).

Nesse sentido, afirma-se que o Japão deve promover o desenvolvimento de tecnologias individuais e considerar medidas para promover a introdução de novas tecnologias em aeronaves e equipamentos, além de revisar e melhorar os padrões de segurança e ambientais e contribuir para o baixo carbono setor de aviação.

Nesse mesmo documento (METI, 2021, p. 129), avalia que o Japão deve investir nos aviões elétricos e na utilização de tecnologias a hidrogênio. Mas também cita que seu país tem feito esforços no desenvolvimento de SAF. Aponta, no entanto, que serão necessários esforços para resolver os seguintes problemas de produção:

- para a síntese de FT de gaseificação, tecnologia de tratamento de britagem para equalizar a qualidade de várias matérias-primas;
- para ATJ, tecnologia para controlar a reação catalítica em condições de alta temperatura; e para o cultivo de microalgas, (1) as algas têm baixa eficiência de absorção de CO<sub>2</sub> e a velocidade de crescimento é lenta (baixa produtividade), e (2) a fraca tolerância das algas ao ambiente externo torna difícil o crescimento estável (produção frágil estabilidade), e isso permanece no estágio de demonstração em pequena escala (custo de produção atual da NEAT de 200-1.600 ienes / L (produto existente: 100 ienes / L).

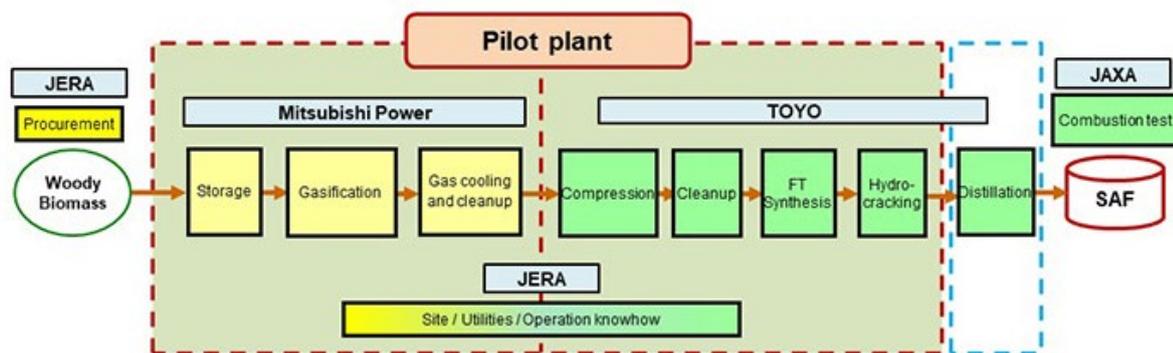
13. A lista completa de *stakeholders* presentes na reunião em abril de 2018 está disponível em METI (2018b).

Para isso, afirmam que irão promover PD&I e para redução de emissões de CO<sub>2</sub>, com o objetivo de estabelecer rapidamente uma fabricação SAF estável e de baixo custo (no nível de 100 ienes/L) e desenvolver um sistema de abastecimento apoiado por fabricantes nacionais em aeroportos nacionais, onde a demanda total deverá ser de aproximadamente 250 a 560 bilhões de ienes em 2030.

No que tange a investimentos em PD&I, a NEDO tem financiado projetos que ajudam no desenvolvimento desses combustíveis desde 2017<sup>14</sup> com o projeto de Desenvolvimento de Tecnologias de Produção para Combustíveis Biojet. O objetivo é produzir um sistema de produção integrado a partir da aquisição de resíduos de madeira e cultivo de microalgas como matéria-prima para SAF. Para tanto, foi criada uma planta-piloto nas instalações da JERA em Nagoya (província de Aichi). Estão envolvidas no projeto também: Mitsubishi Power, Toyo Engineering Corporation, Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) e IHI Corporation, conforme o esquema a seguir. Os SAF produzidos são disponibilizados no **Aeroporto Internacional de Tóquio**.(NEDO, 2021).

Figura 6. Process Flow de SAF pela Mitsubishi

#### Process Flow



Fonte: [Mitsubishi, 2021](#).

Em maio de 2020 a NEDO abriu uma chamada para Projeto de desenvolvimento de tecnologia de produção de biocombustível (demonstração de tecnologia básica de microalgas) e também para um Projeto para a Construção de modelo de cadeia de suprimentos por meio de demonstração, desenvolvimento de tecnologia básica de microalgas em consonância com a planta de Euglena.

Já em agosto de 2021, foi anunciada uma nova parceria, dessa vez utilizando óleo de cozinha residual na qual participam JGC Holdings Corporation, a REVO International, a Cosmo Oil e a JGC Japan Corporation. A Odakyu Electric Railway também será parceira nesta iniciativa. Com o apoio da NEDO há subsídios o estudo de negócios para o início da produção e fornecimento do SAF, o custo do projeto e construção das instalações de produção do SAF, o custo da operação de demonstração e fornecimento de serviços públicos, bem como estudar o custo de aquisição de óleo de cozinha usado como matéria-prima (JGC, 2021).

14. Vídeo sobre o projeto disponível em: [Youtube](#).

## 2.4. Alemanha

A Alemanha possui um arcabouço legal para estimular energias renováveis e políticas climáticas. Desde 2015, as energias renováveis nos transportes têm sido promovidas na Alemanha por meio da cota de redução de gases com efeito de estufa, após inicialmente uma cota obrigatória de biocombustíveis estar em vigor desde 2007. Com a cota de redução de gases de efeito estufa, as empresas que colocam combustíveis no mercado são obrigadas a reduzir as emissões de gases de efeito estufa de todos os seus combustíveis colocados no mercado em uma determinada porcentagem, entre outras coisas, utilizando fontes renováveis.

Com esta medida, a Alemanha se adequou às especificações da Diretiva 2009/28/CE sobre a promoção do uso de energia de fontes renováveis. A Diretiva obriga os estados-membros a, a partir de 2020, incluir pelo menos 10% de energias renováveis nos transportes. A cota de redução de gases de efeito estufa também atende aos requisitos da Diretiva de Qualidade de Combustível 2009/30/CE (FQD), que, em 2020, requer a redução das emissões de gases de efeito estufa dos combustíveis em pelo menos 6%. A norma determina o desenvolvimento da quota de redução de gases de efeito estufa, inclusive estabelecendo obrigações para as distribuidoras de combustíveis, que devem garantir uma proporção do combustível das turbinas das aeronaves a partir de energias renováveis de origem não biogênica (BMU, 2021).

No caso da produção sustentável a partir de biomassa, entre os normativos e regulamentos específicos, destacam-se o Ato Federal de Controle de Emissões, a Ordenança para Biocombustíveis Sustentáveis, a Ordenança para Energias Sustentáveis da Biomassa, as Metas oficiais de redução de emissão de GEE, bem como as Metas de redução de emissão de GEE nos casos de mistura de energia proveniente da biomassa (BLE, 2021).

Dessa forma, a estratégia alemã para alcançar as metas de descarbonização do setor aéreo é ampla e abrange todos os setores e atores, oferecendo ao sistema mecanismos customizados. Além de adequadas ao *Fit for 55* da União Europeia, são várias as políticas públicas que estruturam o setor de descarbonização aérea da Alemanha, direta ou indiretamente.

No âmbito governamental, o Ministério Federal dos Transportes e Infraestrutura Digital (BMVI) tem à sua disposição um total de 1,3 bilhão de euros do Fundo de Energia e Clima para a produção e *ramp-up*, bem como o desenvolvimento de combustíveis renováveis a partir de eletricidade e biomassa avançada. Já o Ministério Federal para Assuntos Econômicos e Energia (BMWi) está apoiando projetos de pesquisa para a produção e uso de combustíveis alternativos baseados em eletricidade com cerca de 87 milhões de euros como parte de sua transição energética no setor de transportes: acoplamento do setor por meio do uso de combustíveis à base de eletricidade “iniciativa de pesquisa” (BMU *et al.*, 2021, p. 20-21).

Em uma perspectiva mais abrangente da descarbonização do setor de transporte alemão, as políticas públicas provêm variadas soluções para modernizar o sistema tributário, concedendo incentivos verdes específicos para a mobilidade. A propósito, o quadro a seguir divulgado pela German Watch (2020) resume as medidas:

**Quadro 17.** Políticas de incentivos a descarbonização por setor de transporte na Alemanha

	Road	Rail	Aviation
Access charges	Only HGVs (above 7.5t) on around 6% of the road network; cars and coaches do not pay	Yes, full costs (fixed and marginal costs) for passenger transport. Half-price for freight.	Yes, for take-off and landing in airports, and for parking
Fuel taxes	Petrol/diesel taxes; diesel tax benefits and company car tax benefits	Full electricity tax rate for long-distance, reduced rate for regional trains	No kerosene tax
Renewables surcharge	No (only electric vehicles pay surcharge)	Yes (on around 9096 of transport volume)	No
Emissions trading scheme	No	Yes (for electricity), all allowances under auctioning	Yes, but 85% of free allowances and extra-EU flights not covered
VAT on tickets	Full rate of 1996 on coach/bus tickets, and on fuel for cars/HGVs	Reduced rate of 796	Full rate of 19% on domestic flights; No VAT on cross-boundary flights
R&D resources 2009-2018	€ 363.9 million	€ 42.3 million	€ 60.8 million
Share of transport infrastructure investment (2016-17 average)	66%	27%	5%

Fonte: [German Watch, 2020](#).

As quotas de redução de GEE no setor de transportes por meio da inclusão das energias renováveis dá-se início em 2015, após inicialmente uma cota obrigatória de biocombustíveis estar em vigor desde 2007. Com a quota de redução de gases de efeito estufa, as empresas que colocam combustíveis no mercado são obrigadas a reduzir as emissões de gases de efeito estufa de todos os seus combustíveis colocados no mercado em determinada porcentagem, entre outras coisas, utilizando fontes renováveis.

Vale destacar a quão interligada é a relação entre governo e instituições privadas na concretização de soluções para demandas no setor. A Agência Alemã de Meio Ambiente ([GERMAN ENVIRONMENT AGENCY, 2021](#)), por exemplo, propôs que se estude uma ampliação regulatória com a utilização de múltiplos instrumentos legais para acelerar o plano da Comissão Europeia Zero Pollution Action Plan, com repercussões sobre o setor aéreo. A análise inclui, um detalhamento sobre a melhor forma de integrar as diferentes políticas públicas ambientais para potencializar seus efeitos nas práticas.

Assim, acompanhando a Comissão da União Europeia, a Alemanha também observa as quotas a serem incluídas no **Fit for 55**, a fim de aumentar a proporção de SAF utilizado por todas as empresas aéreas. Essa política pública de âmbito transfronteiriço reforça as ações nacionais dos países da União Europeia.

Além disso, o Ministério Federal dos Transportes e Infraestrutura Digital da Alemanha (BMVI) implementou um projeto internacional abrangente de pesquisa e demonstração em relação ao uso de combustível renovável para aviação no aeroporto Leipzig/Halle (DEMO-SPK). O principal objetivo do projeto DEMO-SPK é examinar o comportamento de diferentes multimisturas de combustíveis fósseis e renováveis para aviação em condições reais, dentro da infraestrutura geral de abastecimento de combustível de um aeroporto, para analisar os impactos de confiabilidade e segurança na operação, bem como determinar eventuais necessidades de ajustes técnicos. Vários combustíveis renováveis para aviação vêm sendo usados e testados em diferentes processos de fabricação, apurando o processo de aprendizagem ([AIREG, 2021b](#); [DBFZ, 2021](#)).

Sob essa perspectiva das políticas públicas, também é preciso notar que a iniciativa AIREG compromete-se com a ampliação da política de descarbonização da Alemanha, incluindo incentivos ao uso de combustíveis regenerativos para a aviação. A AIREG foi fundada em 2011 e congrega organizações governamentais e diversos setores da iniciativa privada, como já referido nos itens 1.1.4 e 1.2.4.

O Ministério Federal dos Transportes estabeleceu uma plataforma para o desenvolvimento, teste e demonstração de diferentes processos de produção de energia Power-to-Liquid, enquanto o Ministério Federal do Meio Ambiente ficou responsável pela análise das biorrefinarias, com o fim de otimizar o desenvolvimento tecnológico de instalações de PtL e componentes associados e facilitar sua integração na produção em escala industrial. Para isso, são necessárias biorrefinarias de demonstração e piloto, já que até agora os testes de processos de produção só foram realizados em nível de bancada. Para isso, os critérios de sustentabilidade devem ser uniformes e vinculativos, bem como consistente e ambientalmente corretos e socialmente justos. O querosene sustentável baseado em eletricidade só pode ser produzido a partir de fontes de energia renováveis adicionais e deve demonstrar uma redução de emissões de gases de efeito estufa especificada. À medida que os critérios de sustentabilidade continuam a ser atualizados, os envolvidos no roteiro irão pressionar para o estabelecimento de normas europeias e internacionais vinculativas ou mais rigorosas possíveis para os critérios de sustentabilidade. Esses padrões devem estar relacionados não apenas ao consumo de eletricidade, mas também a aspectos como disponibilidade de água, uso da terra e impactos ambientais (SCHMIDT *et al.*, 2016).

Ao apoiar o crescimento do mercado, é essencial que o governo estabeleça metas vinculativas para o uso e venda de querosene verde, definir as condições do esquema regulatório necessário e determinar o tipo de apoio governamental, aberto a todas as tecnologias, é necessário para garantir um mercado autossustentável. Neste contexto, o **PtL Roadmap (BMVI, 2021)** estabelece que o governo alemão e os estados federais apoiarão o desenvolvimento e a produção de querosene para conversão de energia em líquido, a fim de criar um abastecimento inicial. Uma quota mínima obrigatória para os combustíveis para aviação vendidos na Alemanha, combinada com uma obrigação de compra, garantirá a procura e a certeza do investimento para os intervenientes no mercado, apesar dos custos mais elevados dos combustíveis. Tal não deve conduzir a distorções da concorrência no setor dos transportes aéreos. Para o efeito, as medidas regulamentares devem ser concebidas de forma a serem eficazes e neutras em termos de concorrência. Com base nisso, as transportadoras aéreas se comprometeram a comprar quantidades significativas de querosene à base de eletricidade nos próximos anos.

Ambas as iniciativas PtL e PtX também têm o objetivo de fomentar a oferta de empregos nas áreas especialmente de pesquisa, engenharia e outras áreas específicas. Além disso, a necessidade de terras disponíveis e outros recursos faz que outras iniciativas sejam necessárias para expandir a produção de energias renováveis.

No arcabouço normativo, o Projeto de Lei do governo federal para a redução de emissões de GEE, de 22 de setembro de 2020, estabelece regras mandatórias direcionadas para subsectores do mercado de aviação, como, por exemplo, as obrigações dos distribuidores de combustíveis, constantes do Artigo 1º, 3, Seção 37a, que informa que qualquer comerciante isento sob os critérios gerais estabelecidos pela Lei de Energia deverá garantir o suprimento de combustível sustentável para todo o ano civil, combustível esse que deverá atender às determinações legais de sustentabilidade.

Por todo o exposto, a Alemanha demonstra que os desafios da descarbonização do setor aéreo podem ser superados e que os SAF serão essenciais para a competitividade no setor aéreo. Iniciativas regionais e nacionais de apoio à inclusão de SAF aspiram alcançar, em conjunto, o alvo de 10% de mistura de SAF até 2025 ([SUSTAINABLE AVIATION, 2020](#)). É uma meta de curto prazo ambiciosa e que exige o protagonismo da participação das indústrias do setor, embasado pelo apoio governamental e pelo cronograma de longo prazo do CORSIA. No âmbito nacional, a Alemanha estabeleceu uma cota fixa de uso de SAF para aeronaves a partir de 2026, devendo chegar a 2% de adição de SAF ao combustível de aviação tradicional a partir de 2030. Nesse sentido, a Estratégia Nacional para o Hidrogênio inclui um orçamento de 600 milhões de Euros que o Ministério do Meio Ambiente alemão irá utilizar em pesquisas para a produção de combustíveis derivados da eletricidade, tanto para a aviação quanto para a navegação.

Vale ressaltar que, em 2021, houve também o anúncio de uma parceria bilateral com os Estados Unidos no âmbito da energia de forma geral ([UNITED STATES, 2021](#)), sendo que ambos os países em 2012 haviam estabelecido uma parceria “U.S.-German bilateral agreement on the development of sustainable alternative aviation fuel”.

## 2.5. Noruega

Nos últimos anos, a indústria aérea mundial vem pressionando os governos em geral para que estabeleçam políticas públicas de incentivos para a produção de SAF. Os efeitos negativos da pandemia sobre o setor aéreo aumentaram a urgência de intervenção governamental que permita a adoção de SAF por meio de políticas públicas que estabeleçam créditos, mandatos, redução de volume de emissão, desde que não diminua ainda mais a margem econômica das companhias aéreas. A Noruega, nesse sentido, é pioneira mundial na adoção de um mandato de SAF, ao determinar a inclusão de no mínimo 0,5% de SAF em todo combustível de aviação fornecido no país, a partir de janeiro de 2020. Com isso, aumenta-se a pressão sobre a União Europeia para que também passe a vincular os demais países europeus a adotarem mandatos de SAF, alavancando o mercado ([IHS, 2021](#)).

Como parte do Acordo EEE da União Europeia, a Noruega implementou o [Regulamento de Execução \(UE\) 2019/317](#) da Comissão, de 2019, que estabelece um regime de desempenho e cobrança no Céu Único Europeu. O regulamento exige a adoção de um plano de desempenho dos serviços de navegação aérea para o terceiro período de referência (2020-2024), quer a nível nacional, quer a nível de bloco funcional de espaço aéreo (FAB). A Noruega também implementou o [Regulamento de Execução \(UE\) 2020/1627](#) da Comissão, de 2020, sobre medidas excepcionais para o terceiro período de referência (2020-2024) do desempenho do céu único europeu e regime de cobrança devido à pandemia Covid-19. Este regulamento requer a adoção de um plano de desempenho revisado. A Noruega apresentou recentemente um projeto de plano de desempenho nacional revisado. O Órgão de Fiscalização da EFTA (ESA), apoiado pelo Órgão de Avaliação do Desempenho do Céu Único Europeu (PRB), deve primeiro verificar se os projetos de planos de desempenho apresentados pela Noruega contêm todos os elementos necessários para avaliar o cumprimento dos requisitos regulamentares. Sendo constatado que o plano contém todos os elementos necessários, a ESA e o PRB procederão a uma avalia-

ção mais completa do plano de desempenho nacional, considerando se o plano cumpre os critérios de objetivo de desempenho definidos pelo regulamento e pela Decisão de [Execução da Comissão \(UE\) 2021/891](#) que fixa os objetivos de desempenho revistos a nível da União para a rede de gestão do tráfego aéreo para o terceiro período de referência. ([CAA Norway, 2019](#))

Em 2019, a Noruega firmou um compromisso com a Nova Zelândia, Costa Rica, Fiji e Islândia para iniciar negociações sobre um acordo ambicioso e vinculativo sobre mudança climática, comércio e sustentabilidade. Priorizando a emergência climática, os países consideraram medidas de política comercial, como eliminação de tarifas sobre bens ambientais, estabelecimento de novos compromissos para serviços ambientais, reduções nos subsídios aos combustíveis fósseis e esquemas de certificação/rotulagem ecológica. Esse passo de cooperação multilateral prevê a abertura para todos os países no âmbito da OMC. O acordo deve ainda abranger normativos para eliminar subsídios a combustíveis fósseis para reverter os efeitos perversos ao meio ambiente e os prejuízos sociais de tributos regressivos ([ACCTS, 2019](#)).

## 2.6. México

O México possui um arcabouço normativo com leis de estímulo à energia limpa e renovável. Especificamente, sobre biocombustíveis, a lei foi criada em 2008. Os objetivos desta lei abrangem a diminuição dos gases de efeito estufa, o uso de matérias-primas que não competem com alimentos, gerar o desenvolvimento rural e a coordenação entre os governos locais, estaduais e federal, bem como com entes privados.

Os instrumentos e as ações para o incentivo aos biocombustíveis não estão especificados, mas sinalizam que haverá programa para definir tais. Mas é importante notar que já estabelecem que os incentivos serão direcionados a todos aqueles que contribuem para o desenvolvimento da indústria de bioenergia e aos pesquisadores de tecnologias. A regulamentação dessa lei prevê que podem haver acordo e convênios entre os órgãos e entidades interessadas que possam por exemplo atrair investimentos para promover o desenvolvimento de insumos e produção de bioenergia, formação de recursos humanos, entre outros.

Na lei de transição energética (2015) também há estímulo para bioenergia para geração de eletricidade, ao mesmo tempo que indica a importância de substituir os combustíveis fósseis no transporte individual. São previstos recursos para apoiar os biocombustíveis de segunda geração na lei de mudanças climáticas (2012). Já na lei de equilíbrio ecológico e proteção ambiental, estão previstos estímulos fiscais para pesquisa e incorporação de sistemas de economia de energia e utilização de fontes de energia menos poluentes. Há a previsão de acordo de coordenação para diminuir as emissões de gases na lei da aviação civil (2017) e no seu regulamento (2020) estabeleceu um monitoramento das emissões de gases de efeito estufa. Nas concessões de aeroportos também estão previstas questões de proteção ambiental, mas não há nenhuma menção ao uso de biocombustíveis.

**Quadro 18.** Instrumentos normativos relacionados a biocombustíveis e SAF no México

Ano	Instrumentos normativos
2005	Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética ( <a href="#">LORCME</a> )
2008	Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos ( <a href="#">LPDB</a> )
2015	Ley de <a href="#">Transición Energética</a>
2009	<a href="#">Reglamento</a> de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB)
2013	Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética ( <a href="#">LAERFTE</a> )
2014	Ley de Petróleos Mexicanos ( <a href="#">LPEMEX</a> ) Medio Ambiente
2012	Ley General de Cambio Climático ( <a href="#">LGCC</a> )
2021	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente ( <a href="#">LGEEPA</a> )
2017	Ley de Aviación Civil ( <a href="#">LAC</a> )
2021	Ley de Aeropuertos ( <a href="#">LA</a> )
2020	Reglamento de la Ley de Aviación Civil ( <a href="#">LAC</a> )
2018	Reglamento de la Ley de Aeropuertos ( <a href="#">LA</a> )

Fonte: Elaboração própria, 2021.

No âmbito subnacional, temos por exemplo o **Plano de Desenvolvimento de Sinaloa de 2011-2016** que ressalta a produção de biocombustíveis a partir de pinhão manso ([Sinaloa, 2010](#)). O **Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (2013-2018)** dentro do **Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018** destaca as iniciativas de bioquerosene, argumentando que o uso dos biocombustíveis pode contribuir para o desenvolvimento sustentável do país por meio de sua participação em diversificação da matriz energética, e como instrumento de mitigação das mudanças climáticas. Além disso, ressalta que a produção e o uso de biocombustíveis permitem tirar proveito de grande diversidade de insumos em apoio ao agronegócio, silvicultura, gestão abrangente de resíduos e desenvolvimento científico e tecnológico ([PEAER, 2013](#)).

No documento **Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027**, produzido pelo [SENER \(2013\)](#), defende-se que a identificação da distribuição geográfica da produção é essencial para desenvolvimento de bioquerosene e outros biocombustíveis, sem a necessidade de o governo conceder apoio direto. Já no que tange aos **Programas para mitigar el cambio climático**, este menciona que o programa de desenvolvimento de bioquerosene mexicano promovido pela ASA é um exemplo para o mundo.

No que tange ao **Programa Sectorial de Energía 2020-2024**, há um objetivo que trata de aumentar o nível de eficiência e sustentabilidade na produção e uso das energias em território nacional. Nesse sentido, aponta que a SENER está alterando as Diretrizes para outorga de licenciamento de produção, transporte e comercialização de bioenergéticos do tipo etanol anidro (Bioetanol), biodiesel, bioturbosina e biogás, bem como a emissão de uma política pública de biocombustíveis, de forma a contribuir para a elevação do nível de eficiência e sustentabilidade na produção e utilização de energia no território nacional ([DOF, 2020](#)).

## 2.7. União Europeia

O Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS) mecanismo foi criado ainda em 2003 pela [Directive 2003/87/EC](#) e entrou em vigor em 2005, para a compensação das emissões de GEE dentro do Espaço Econômico Europeu (EEE ou EEA, da sigla em inglês). A [Directive 2008/101/EC](#) substituiu a de 2003. Trata-se de um sistema obrigatório, que prevê a elaboração de relatórios anuais para registro do cumprimento das metas de redução de emissões de GEE. O sistema é baseado em *cap and trade*, no qual o limite é gradualmente reduzido ao longo do tempo, em alinhamento com as metas gerais de GEE.

Desde 2012,<sup>15</sup> as emissões de CO<sub>2</sub> da aviação foram incluídas no EU ETS. Os normativos do EU ETS preveem que os operadores das aeronaves monitorem, relatem e verifiquem as emissões dos seus voos. Eles recebem créditos negociáveis que podem compensar parte das emissões anuais de GEE. Em 2016, a União Europeia, em atenção aos termos do CORSIA, decidiu assim limitar o âmbito do EU ETS aos voos dentro do EEE até 2016, estendendo para 2017 em diante.

A União Europeia fez progressos substanciais na descarbonização da sua economia, reduzindo as emissões gerais a partir de 2018 em mais de 20% em relação aos níveis de 1990, porém as emissões de GEE da aviação da UE continuam a aumentar. As emissões totais da aviação na União Europeia, incluindo voos internacionais de e para o bloco, aumentaram para 144 milhões de toneladas de equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>e) em 2018, refletindo uma taxa de crescimento anual composta de cinco anos de 4,5%. Das emissões cobertas pela União Europeia pelo ETS, principalmente aqueles dentro do Espaço Econômico Europeu (EEA), as emissões aumentaram 27,6% em relação aos níveis de 2013. (PAVLENKO & SEARLE, 2021, p. 2)

Por meio da [Diretiva 2009/28 / EC](#) no Artigo 17º, a UE passou a exigir uma redução do ciclo de vida das emissões de gases de efeito estufa do uso de biocombustíveis de pelo menos 35% até 2017. O atual compromisso dos países que compõem a UE é de alcançar o mínimo de 55% de redução nas emissões de GEE até 2030, comparado aos níveis de 1990 ([Green Deal](#)).

Para o setor aéreo, o Regulamento relativo à garantia de condições de concorrência equitativas para um transporte aéreo sustentável ([COM\(2021\) 561, p. 2](#)) considera que os combustíveis de aviação sustentáveis devem representar pelo menos 5% dos combustíveis de aviação até 2030 e 63% até 2050. Por isso, é essencial que as tecnologias apoiadas neste regulamento tenham o maior potencial em termos de inovação, descarbonização e disponibilidade. Esta é uma condição *sine qua non* para atender a procura futura da aviação e contribuir para a concretização dos objectivos de descarbonização. Esse deve abranger, nomeadamente, os biocombustíveis avançados e os combustíveis sintéticos para a aviação.

Percebe-se que, no que tange às políticas públicas de utilização do SAF, no contexto da União Europeia, é fundamental a atuação da Comissão Europeia na conformação dos procedimentos, normativos e múltiplos processos de incentivo ao uso dos SAF. A integração dos procedimentos do EU ETS dentro do EEA e das regras da Diretiva das Energias Renováveis, aprovada em 2018 (RED II) mostra-se ainda necessária para solucionar problemas relacionados ao SAF que tenham sido fornecidos na Europa sob as regras do RED II e não no âmbito do EU ETS.

15. Apesar de as emissões do setor aéreo serem incluídas em 2012, há um memorando da Comissão da UE para a Ação Climática, Connie Hedegaard, requerendo *stop-the-clock*, isto é, que este início fosse postergado em um ano. (HEDEGAARD, 2012).

O RED II prevê que os estados-membros elaborem um Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC), que deve incluir metas nacionais, contribuições, estratégias, medidas que enfrentem os processos de descarbonização, eficiência energética, segurança energética, mercado interno de energia e pesquisa, inovação e competitividade. Incluído neste plano nacional, deve ser incluída a meta de descarbonização do setor aéreo.

São diversas as políticas já em curso no âmbito da União Europeia, com o fim de fomentar a utilização de SAF. Desde que se tornou operacional, a Comissão Europeia tem sido uma pedra fundamental para a imposição de instrumentos de mitigação de GEE, com alcance de cerca de 45% do total de emissões da União Europeia ([WORMSLEV et al., 2016](#)).

Os acordos internacionais, como o CORSIA são também de extrema relevância. Em função do CORSIA, A UE alterou seus normativos estabelecendo a [Regulation \(EU\) 421/2014](#) e a [Regulation \(EU\) 2017/2392](#), que entraram em vigor e fizeram com que os voos internacionais europeus fossem objetos do CORSIA, isto é, apenas são considerados os voos domésticos para fins de compensação no ETS, conforme a passagem a seguir:

*The EU, however, decided to limit the scope of the EU ETS to flights within the EEA until 2016 to support the development of a global measure by the International Civil Aviation Organization (ICAO). In light of the adoption of a Resolution by the 2016 ICAO Assembly on the global measure [...], the EU has decided to maintain the geographic scope of the EU ETS limited to intra-EEA flights from 2017 onwards. The EU ETS for aviation will be subject to a new review in the light of the international developments related to the operationalisation of CORSIA. (EUROPEAN COMMISSION, 2021)*

As certificações de sustentabilidade aprovadas pelo Conselho da OACI permitem analisar os requisitos de certificação para elegibilidade do CORSIA, garantindo assim uma uniformidade na metodologia que deve ser adotada pelos países da União Europeia para o cálculo dos valores reais das emissões do ciclo de vida<sup>16</sup> ([OACI, 2021](#)).

O Relatório Sustainable Aviation Fuel Monitoring System, produzido pela [EASA \(2019\)](#) alerta que há imprecisão da informação sobre a quantidade e a origem de SAF utilizado pelos operadores das aeronaves. As normas do EU ETS não incluem a utilização de SAF fora do âmbito do EEE. Assim, as informações podem ser inconsistentes, por exemplo, caso os operadores não europeus registrem, em seus relatórios, o uso de SAF que foi fornecido por país fora da Europa ou, ainda, registrem, para seu país de origem (fora do âmbito do EEE), SAF que tenha sido fornecido por país europeu.

Porém, em agosto de 2021, a UE anunciou que, em breve, iria divulgar o reconhecimento dos primeiros esquemas voluntários de adoção de SAF sob as normas da RED II. Para aumentar a utilização das energias renováveis, o RED II prevê a meta obrigatória de 32% de fontes renováveis até 2030. Nesse sentido, a Comissão Europeia informou que alguns esquemas voluntários foram preliminarmente aprovados, incluindo a Certificação europeia denominada International Sustainability and Carbon Certification (EU ISCC). Assim, os países-membros poderão solicitar certificação nas transações que demonstrem conformidade com os critérios estabelecidos no RED II ([ISCC, 2021](#)).

16. Para comparações entre o EU ETS e o CORSIA, ver [ICF et al., 2020](#).

Por fim, como parte do Plano Green Deal Europeu, a União Europeia estabeleceu, sob o regimento do Direito Climático Europeu, de 30 de junho de 2021, a sua meta vinculativa de neutralidade climática até 2050. E como passo intermediário, a União Europeia alterou sua ambição climática para reduzir suas emissões em pelo menos 55% até 2030 ([Regulation \(EU\) 2021/1119](#)). Nesse sentido, é que foi lançado, em 14 de julho de 2021, que é o pacote de decisões climáticas Fit for 55, para alinhar a legislação às novas ambições para 2030 e 2050.

Assim, considerando o aumento da meta geral de descarbonização de 40% para pelo menos 55% até 2030, tendo como linha de base de 1990, e considerando ainda o nível de emissão de CO<sub>2</sub> no espaço europeu em 2018 de aproximadamente 15% do total global, a União Europeia assumiu os seguintes compromissos para o setor aéreo: (1) consolidar a quantidade total de licenças de aviação nos níveis atuais e aplicar o fator de redução linear em conformidade com o art. 9º da Diretiva EU ETS; (2) aumentar o leilão de abonos da aviação; (3) continuar a utilização do EU ETS adequando-o ao CORSIA, inclusive para voos fora da Europa; (4) assegurar tratamento igualitário a todas as companhias aéreas no que se refere às obrigações com impactos econômicos. ([COM \(2021\) 552, p. 3](#))

Dessa forma, o Fit for 55 fornece novo quadro de objetivos e busca também maior uniformidade e consistência dos normativos e metas individuais dos países europeus. Entre as principais iniciativas, está justamente a revisão das metas do EU ETS (cuja fase 4 é prevista para o período 2021-2030), inclusive com modificações nos limites das emissões permitidas para o setor aéreo, estabelecendo ajustes ao ReFuelEU Aviation Initiative para SAF ([European Commission, 2021](#)).

## 2.8. CORSIA

De acordo com a Resolução da Assembleia A39-3, parágrafo 4, o papel de um esquema MBM (*market-based measure*) global é complementar a um pacote mais amplo de medidas para atingir a meta aspiracional global (de crescimento neutro em carbono de 2020 em diante). O parágrafo 5 da Resolução da Assembleia decide implementar um esquema MBM global na forma do Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Internacional (CORSIA) para abordar qualquer aumento anual nas emissões totais de CO<sub>2</sub> da aviação civil internacional (ou seja, voos da aviação civil que partem de um país e chegar em um país diferente) ([OACI, 2016](#)).

A OACI também incentiva políticas nacionais que seus estados-membros possam adotar para promover diminuição das emissões de GEE, que podem ser encontradas nos Planos de Ação nacionais. No seu site, apresenta que hoje existem 21 políticas adotadas ou em vias de entrar em vigor para promoção de SAF. Dessas 21, oito foram trabalhadas neste estudo. Além disso, é válido mencionar que a OACI também indica que tecnologias de aeronaves, como fuselagens mais leves, melhor desempenho do motor e novos padrões de certificação, melhorias operacionais (por exemplo, melhores operações terrestres e gerenciamento de tráfego aéreo), combustíveis de aviação sustentáveis podem ser bastante úteis na diminuição das emissões.

Importante ressaltar que, embora as diretrizes internacionais sejam acordadas pelos países-membros da OACI, o compromisso do CORSIA só se tornará efetivamente implementado com o engajamento de todos os integrantes da cadeia produtiva. Nesse sentido, é importante que mecanismos de governança multinível sejam observados para melhorar e acelerar o *compliance* de todos os *stakeholders*.

## 3. Análise das iniciativas brasileiras

É importante registrar características específicas do Brasil, que incluem não só o seu arcabouço normativo, mas também sua trajetória tecnológica e seus recursos naturais. A energia é considerada uma área prioritária da chamada infraestrutura crítica, compreendida como “as instalações, serviços e bens que, se forem interrompidos ou destruídos, provocarão sério impacto social, econômico, político, internacional ou à segurança nacional” (Portaria GSIPR n. 2, 2008).

A compreensão da infraestrutura energética já existente, formada a partir da década de 1970, é essencial para a elaboração de um planejamento energético para a aviação sustentável e que esteja alinhado aos critérios do CORSIA. Viabiliza-se com esse levantamento que o tomador de decisão possa comparar as vantagens e desvantagens do presente sistema energético com as características tecnológicas das novas fontes energéticas disponíveis no mercado, notadamente as que são técnica e economicamente viáveis, ambientalmente sustentáveis, porém com baixa representação no mercado energético brasileiro.

### 3.1. Análise de políticas públicas no setor aéreo e seus motivadores

Com foco nas rotas possíveis de fabricação de SAF, passa-se a analisar as iniciativas brasileiras, considerando que o Brasil é atualmente o segundo maior produtor mundial de biocombustíveis e que o etanol é o principal biocombustível produzido e consumido no Brasil, contando com uma cadeia de suprimento bem estabelecida, iniciada na década de 1970 por meio do Programa Nacional do Alcool (Proálcool).

O Proálcool foi criado pelo Decreto n. 76.593/1975 que estruturou políticas de incentivo à produção de álcool combustível para atender as necessidades do mercado em reduzir o uso de gasolina, com transbordamentos positivos para o parque automotivo do país. Além disso, o programa modernizou e expandiu as fronteiras agrícolas do país para a região Centro-Oeste, iniciando o processo de interligação do setor energético com o agronegócio. No final da década de 1980, o Proálcool entra em crise em razão do aumento da demanda. A interdependência entre o açúcar e o álcool faz que as usinas sejam estimuladas a produzir mais do produto que tiver maior valorização no mercado. Assim, na década de 1970, quando o programa foi criado, aproveitou-se o excedente da colheita de cana e os baixos preços do açúcar no mercado internacional. Na década seguinte, o curso inverteu: os preços do petróleo se estabilizaram no exterior, houve aumento do preço do açúcar no mercado internacional e o Estado brasileiro passou por uma severa crise econômica e aceleração inflacionária, que impediram aporte financeiro significativo no Proálcool (CAVALCANTI, 1992).

Para fomentar o biodiesel na matriz energética brasileira, o Governo Federal lançou, em dezembro de 2004, o **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)**, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional. O PNPB é um programa interministerial que tem como objetivo a implementação da cadeia de produção do biodiesel no Brasil. As principais diretrizes do programa relacionam-se a implementação de um programa sustentável, promovendo inclusão social por meio da geração de renda e emprego; garantia de preços competitivos, qualidade e suprimento; produção do biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas, fortalecendo as potencialidades regionais para a produção de matéria-prima. O

PNPB é conduzido por uma Comissão Executiva Interministerial (CEIB), que busca elaborar, implementar e monitorar o programa, propor os atos normativos necessários à sua implantação, assim como analisar, avaliar e propor outras recomendações e ações, diretrizes e políticas públicas. O PNPB é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e integrado por alguns ministérios membros da CEIB e órgãos como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Petrobras e Embrapa (PNPB, 2021).

O principal resultado da primeira fase do PNPB foi a definição de um arcabouço legal e regulatório. A partir de 2008, entrou em vigor a mistura mínima obrigatória de 2% de biodiesel ao diesel convencional (B2) em todo território nacional. Com o amadurecimento do mercado brasileiro, esse percentual foi sucessivamente ampliado até o atual percentual de 10% (B10) e é alterado pelo Governo de acordo com as necessidades de ajuste em razão de produção ou inflação agrícola. Cita-se, nesse tema, os esforços da União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio), que busca garantir que a adição obrigatória do biodiesel continue avançando, de forma gradual, aproveitando o potencial produtivo do país, gerando riqueza em todas as regiões brasileiras e melhorando a qualidade do ar que respiramos (UBRABIO, 2021).

Sob a perspectiva de infraestrutura organizacional, o **Plano Aeroviário Nacional (PAN)** é importante marco para o setor de transporte aéreo brasileiro. Além de cumprir a previsão legal, atende às recomendações da Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) quanto à necessidade de os países estruturarem suas ações voltadas à aviação civil em planos estratégicos. Ele destaca também o conjunto de ações, programas, políticas e regulações elencados como estratégicos para o alcance dos objetivos do transporte aéreo (PLANO AEROVIÁRIO NACIONAL, 2020). Antes disso, porém, a **Política Nacional da Aviação Civil (PNAC)** foi aprovada por meio do Decreto n. 6.780, de 18 de fevereiro de 2009 e instituiu ações específicas para garantir a eficiência das operações da aviação civil o estabelecimento de “diretrizes que confirmam ao mercado o papel de equilibrar a oferta e a demanda, prevalecendo a liberdade tarifária nos serviços de transporte aéreo”. É importante observar a concepção de tal documento legal como um reflexo das “intenções políticas da sociedade brasileira para o desenvolvimento do Sistema de Aviação Civil” (ANAC, 2009).

Por sua vez, a **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)** revisou as normas de qualidade de querosene de aviação fóssil (Resolução ANP n. 37/2009) e renovável (Resolução ANP n. 63/2014; 779 e 779/2019). A revisão visou aprimorar a qualidade desses combustíveis, além de alinhar tais especificações às internacionais, originárias da ASTM International. No dia 22 de outubro de 2021, a ANP aprovou a Resolução n. 856 que versa sobre as especificações do querosene de aviação JET A e JET A-1, dos querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C (JET C). Esta resolução ainda trata sobre como as obrigações quanto ao controle da qualidade devem ser atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional. Estas resoluções serão exploradas na seção 5.2.

As várias iniciativas de pesquisa e desenvolvimento no país estão categorizadas na próxima seção e tem origem em 2009, objetivando a criação da Brazilian BiojetFuel Platform (BPP). O primeiro teste foi realizado em 2010 pela TAM, com aeronave da Airbus, saindo do aeroporto do Rio de Janeiro com querosene alternativo utilizando óleo de pinhão-manso, produzido pela Honeywell UOP (BREAKING TRAVEL NEWS, 2010). No ano seguinte, a Embraer e a GE também realizaram testes no aeroporto de Gavião Peixoto, utilizando o SAF da rota HEFA (GREEN CAR CONGRESS, 2011). A Azul realizou teste com o combustível desenvolvido pela Amyris em 2012.

As iniciativas anteriores tinham como propósito alavancar a produção no setor, contando com o apoio de outros países em fóruns de diálogo de energia, por exemplo. Além disso, houve um financiamento do **Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)**, juntamente com a Boeing e Embraer, para análise de sustentabilidade do biocombustível de aviação de cana de açúcar pela Amyris ([IADB, 2011](#)). Nesse sentido, foram realizados mais de 360 voos de demonstração das companhias aéreas GOL na ocasião da Rio+20, durante as olimpíadas e copa do mundo no Brasil bem como da Azul Linhas Aéreas Brasileiras com bioquerosene de aviação que batizou seu voo de “Azul+Verde”. Vale lembrar também no âmbito de cooperação internacional que os Estados Unidos e o Brasil assinaram um Memorando de Entendimento (MOU) para Avançar na Cooperação em Biocombustíveis em 2007 e, posteriormente, em 2011, no âmbito do Diálogo Estratégico de Energia, os dois países firmaram uma Parceria para o Desenvolvimento de Combustíveis para Aviação.

Neste âmbito um importante passo foi um Memorando de Entendimento (MOU) com os Estados Unidos em 2011, específico sobre biocombustíveis de aviação. Neste, restou estabelecido que ambos os países iriam promover as seguintes atividades:

- a. intercâmbio de especialistas e dados não proprietários e análises sobre o desenvolvimento de normas do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e da Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM) para combustíveis renováveis para aviação;
- b. intercâmbio de especialistas e dados não proprietários e análises sobre sustentabilidade ambiental;
- c. intercâmbio de especialistas e dados não proprietários e análises por laboratórios de pesquisa nacionais, instituições acadêmicas e parceiros industriais dispostos a pesquisar, demonstrar e implantar capacidade de produção de biocombustíveis para aviação;
- d. engajamento conjunto em fóruns multilaterais para promover padrões, comércio e desenvolvimento, e
- e. Outras formas de cooperação determinadas pelas duas partes.

([BRASIL, 2011](#))

Foi criado o **Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação em Energias Renováveis e Biocombustíveis (2018-2022)** do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), com a meta de consolidar a Rede Brasileira de Bioquerosene e Hidrocarbonetos Renováveis para Aviação ([RBQAV](#)) coordenada pela Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI/ MCTI), com projetos coordenados pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e apoio de outras universidades envolvidas ([MCTI, 2018](#)).

Em agosto de 2017, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Agência Alemã de Cooperação Técnica, iniciaram o projeto **Combustíveis Alternativos sem Impactos Climáticos (ProQR)**, oficialmente instituído pelo Ajuste Complementar, de 26 de junho de 2017, ao Acordo Básico de Cooperação Técnica entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Federal da Alemanha, de 17 de setembro de 1996.

O ProQR visa à criação de um caso de referência internacional para a aplicação de combustíveis alternativos sem impactos climáticos no transporte aéreo. O Brasil possui grande potencial para produzir energia a partir de fontes renováveis descentralizadas, possui indústria

bem desenvolvida e crescente demanda por combustíveis, além de reconhecida expertise em biocombustíveis. A Alemanha, por sua vez, possui expertise para produção de combustíveis sintéticos ecológicos. Nesse cenário, a cooperação técnica firmada entre os dois países permite que esses trabalhem juntos para a descarbonização global, contribuindo à inovação em nível mundial na produção de combustíveis de última geração (PROQR, 2017).

No âmbito subnacional, o destaque é para a **Plataforma Mineira de Bioquerosene e Renováveis**, que teve início em 2014, integra 843 municípios do estado, em uma plataforma estadual de inovação e tecnologia, inserindo-o no esforço global de transição para a Economia Verde dos biocombustíveis. Nessa lógica, a **Plataforma de Bioquerosene e Renováveis da Zona da Mata** que foi lançada em 2018 enseja alcançar resultados que permitam a alta integração de cadeias regionais, pesquisa aos tanques, produção distribuída de biocombustíveis e produtos renováveis a partir de biomassa e resíduos orgânicos em unidades compactas de produção distribuída com tecnologias inovadoras. Em conjunto, esses resultados devem conduzir uma Agenda Positiva de desenvolvimento regional sustentável dos municípios da Zona da Mata baseado no restauro florestal com Macaúba, para replicação em todos os municípios mineiros, bem como no fomento da agricultura familiar regional (ANAC, 2019; JUIZ DE FORA, 2018).

Cabe lembrar que também o Programa **RenovaBio**, instituído pela Lei n. 13.576/2017 e regulamentado pelo Decreto n. 9.888, de 27 de junho de 2019, define metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases de efeito estufa para a comercialização de combustíveis e cria mecanismos de negociação de Certificação de Créditos de Descarbonização por Biocombustíveis (CBIOs), ou seja, exige a compra de CBIOs por distribuidoras de fontes fósseis, conforme definidas pelo CNPE. Além disso, o RenovaBio estabelece metas nacionais para a redução de emissões de GEEs. Após a publicação do Decreto, o RenovaBio passou a contar com o Comitê da Política Nacional de Biocombustíveis (CRBIO), composto por representantes de diversos ministérios. Como política pública voltada a incentivar o setor de biocombustíveis, o resultado que se espera é que o Programa RenovaBio consiga capitalizar o setor de biocombustíveis do Brasil. O bioquerosene de aviação foi incluído na metodologia da Renovacalc, mas, por não ter oferta no país, foi retirado do sistema de *compliance*.

No ano de 2021 houve a edição de diversos normativos e anúncio de vários programas governamentais sobre o uso do solo e de fomento de fontes energéticas. Em abril, foi divulgada a Resolução CNPE n. 2/2021, com orientações para pesquisa e instalação de futuras centrais term nucleares; em 8 de abril, foi publicada a lei de incentivo ao gás natural, Lei n. 14.134/2021; o Brasil participou da Cúpula do Clima, evento realizado sob a liderança dos Estados Unidos, com a participação de 40 países; na mesma semana o Poder Executivo anunciou a aprovação de três novos programas com desdobramentos indiretos para o setor aéreo: o Plano ABC+, liderado pelo MAPA, que propõe bases para o Plano Setorial de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária, com metas até 2030; o Programa do Hidrogênio, do MME, que deverá propor diretrizes para produção em larga escala.

Mais recentemente, um passo significativo foi dado quando foi aprovada a Resolução CNPE n. 7/2021, que institui o **Programa Combustível do Futuro**, a qual foi publicada por meio do Despacho Presidencial n. 16, em 17 de maio de 2021. O Programa Combustível do Futuro cria um comitê formado por 15 instituições, com prerrogativas para estabelecer proposições para a integração de políticas já existentes, concentradas em eixos temáticos, com a proposta de estudar medidas para a integração de diversos programas esparsos, como o Rota 2030, RenovaBio, Programa do Biodiesel, Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petró-

leo e do Gás Natural (CONPET) e estabelecer referenciais regulatórios para novos combustíveis e bioenergia com captura de carbono (BECCS). Prevê ainda que o comitê apresente relatório de seus estudos no prazo de até 180 dias. Em uma sinalização positiva, porém evasiva, o Programa também prevê que o comitê estude condições técnicas para a produção em larga escala de etanol de segunda geração, combustíveis sustentáveis para transporte marítimo e de aviação. O Programa constitui forte sinalização ao mercado sobre o planejamento que se quer para a descarbonização do setor de transportes (BRASIL, 2021). O **Subcomitê ProBioQAV** tem feito uma série de reuniões com os mais diversos segmentos para avançar em uma proposta de resolução para entrada do bioquerosene de aviação na matriz energética brasileira.

No Brasil, foram propostos dois **Projetos de lei** que tratam especificamente do bioquerosene de aviação. O primeiro é o PL 9321/2017 apresentado pelo Senador Eduardo Braga que cria o Programa Nacional do Bioquerosene, o qual foi aprovado e sancionado pelo presidente em 25 de novembro de 2021. Essa lei estabelece o Programa Nacional do Bioquerosene para o incentivo à pesquisa e o fomento da produção de energia à base de biomassas, visando à sustentabilidade da aviação brasileira (BRASIL, 2021).

Já o segundo PL 1873/2021, ainda em tramitação, foi proposto pelo Deputado Ricardo Barros (PP-PR) e encontra-se em tramitação na Comissão de Minas e Energia e, em seguida, será analisado em caráter conclusivo pela Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania (CCJ). O objetivo do PL é estabelecer um programa federal para incentivar a pesquisa, a produção e o consumo dos biocombustíveis avançados – diesel verde e bioquerosene de aviação – no Brasil. Para tanto, inclui um **consumo mandatório** gradativo de biocombustíveis avançados ao óleo diesel e ao querosene de aviação de 2027 a 2030, sendo 2% no primeiro ano, acrescidos de 1 ponto percentual até chegar a 5% em 2030. As emendas ao PL propõem que o percentual se mantenha em 1%, dado que o país ainda não produz esses combustíveis avançados. Também há sugestões da incorporação de uma porcentagem de biodiesel, bem como a inclusão de biometano dentro do programa.

No dia 8 de dezembro houve uma **audiência pública** na Câmara dos Deputados, com o tema “Agenda de combustível do setor aéreo”, convocada pelo Deputado Édio Lopes (PL-RR) com a participação de Pietro Mendes, Diretor do Departamento de Biocombustíveis do Ministério de Minas e Energia; Ronei Saggiaro Glanzmann, Secretário Nacional de Aviação Civil do Ministério de Infraestrutura; Symone Christine de Santana Araujo, Diretora da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); Marcela Braga Anselmi, Chefe da Assessoria Internacional e de Meio Ambiente da Agência Nacional de Aviação Civil (Anac); Sandro Paes Barreto, Gerente Geral de Comercialização no Mercado Interno – Marketing, da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras); Eduardo Sanovicz, Presidente da Associação Brasileira das Empresas Aéreas (Abear); Marcelo Pedroso, Diretor de Relações Externas – Brasil, da Associação Internacional de Transportes Aéreos (IATA); e Rodrigo Freire, Gerente de Engenharia de Operações, Controle e Combustíveis da Azul Linhas Aéreas Brasileiras (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2021a; 2021b).

## 3.2. Categorização dos instrumentos

A seguir, apresentam-se os principais normativos brasileiros que impactam a cadeia de valor dos SAF no Brasil:

**Quadro 19.** Leis e Resoluções vigentes no Brasil

Instrumento normativo	Ementa
<a href="#">Lei 12.114/2009</a>	Cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, altera os arts. 6º e 50 da Lei n. 9.478, de 6 de agosto de 1997, e dá outras providências
<a href="#">Lei n. 13.576/2017</a>	Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências (para outros instrumentos ligados ao Renovabio ver <a href="#">BRASIL,2021</a> )
<a href="#">Decreto 9.578/2018</a>	Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei n. 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009
<a href="#">R.ANP 778/2019</a>	Estabelece as especificações do querosene de aviação, querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional (Revogada pela <a href="#">RANP n. 856/2021</a> )
<a href="#">R.ANP 779/2019</a>	Altera a Resolução ANP n. 17, de 26 de julho de 2006; e a Resolução ANP n. 18, de 26 de julho de 2006, para atualizar as definições de querosene de aviação C (QAV-C) e querosene de aviação alternativo e vedar a importação de QAV-C (Revogada pela <a href="#">RANP n. 856/2021</a> )
<a href="#">R.ANAC N. 558/2020</a>	Altera a Resolução n. 496, de 28 de novembro de 2018, que regulamenta o monitoramento, o reporte e a verificação de dados de emissão de CO <sub>2</sub> relativos ao transporte aéreo internacional
<a href="#">Resolução CNPE n. 7/2021</a>	Institui o Programa Combustível do Futuro, cria o Comitê Técnico Combustível do Futuro e dá outras providências.
<a href="#">Resolução CNPE n. 6 de 2021</a>	Determina a realização de estudo para proposição de diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio
<a href="#">RANP n. 856/2021</a>	Estabelece as especificações do querosene de aviação JET A e JET A-1, dos querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C (JET C), bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional.
<a href="#">CNPE 02/2021</a>	Estabelece orientações sobre pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de energia no País.
<a href="#">Lei 14.248/2021</a>	Estabelece o Programa Nacional do Bioquerosene para o incentivo à pesquisa e o fomento da produção de energia à base de biomassas, visando à sustentabilidade da aviação brasileira

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Quadro 20. Projetos de lei em andamento

N. do PL	Ementa	Propositor
<a href="#">5.710/2019</a>	Determina a obrigatoriedade de elaboração de Planos de Neutralização de Carbono, visando a redução e compensação das emissões de gases de efeito estufa gerados pelas atividades da Administração Pública Direta e Indireta	Deputado Cássio Andrade (PSB/PA)
<a href="#">234/2019</a>	Dispõe sobre a adoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, por parte das entidades que recebem verbas públicas	Deputado Ney Leprevost (PSD/PR)
<a href="#">572/2020</a>	Dispõe sobre o Sistema Nacional de redução de emissões por degradação, aumento de estoques de carbono (REDD+) e outras providências	Deputado Cap. Alberto Neto (Republicanos)
<a href="#">3.961/2020</a>	Decreta estado de emergência climática e meta de neutralização das emissões de gases de efeito estufa no Brasil até 2050 e criação de políticas para a transição sustentável	Senador Alessandro Molon (PSB/RJ)
<a href="#">1873/2021</a>	Estabelece o Programa Nacional dos Combustíveis Avançados Renováveis com o objetivo de incentivar a pesquisa e fomentar a produção e consumo dos biocombustíveis avançados	Deputado Ricardo Barros (PP/PR)
<a href="#">528/2021</a>	Regulamenta o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), determinado pela Política Nacional de Mudança do Clima – Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009	Marcelo Ramos (PL/AM)
<a href="#">PL 3.729/2004</a>	Dispõe do licenciamento ambiental, regulamenta o inciso IV do § 1º do art. 225 da Constituição Federal (CF), e dá outras providências	Luciano Zica – PT/SP, Walter Pinheiro – PT/BA, Zezéu Ribeiro – PT/BA e outros

Fonte: Elaboração própria, 2021.

**Quadro 21.** Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e Plano Nacional de Energia (PNE)

Ano	Plano	
2018	<u>PDE 2027</u>	No escopo das projeções deste PDE, estima-se que haverá a entrada do BioQAV na matriz energética brasileira, a partir do ano de 2027, correspondendo a uma participação de mercado de 1% (91 mil m <sup>3</sup> ) da demanda total de combustível de aviação, com linhas aéreas específicas adotando rotas tecnológicas certificadas (p. 203)
2020	<u>PDE 2030</u>	Ressalta-se que a pandemia de Covid-19 trouxe grande impacto para o comércio mundial de petróleo, seus derivados e os biocombustíveis, em especial para o setor aéreo, devido às medidas de isolamento e distanciamento social, cujos efeitos se propagarão durante alguns anos, influenciando também a demanda de BioQAV. Esta situação excepcional traz uma complexidade suplementar para se estimar, no período decenal, os volumes de BioQAV, que ainda não está presente na matriz de transportes. No escopo das projeções deste PDE, estima-se que haverá a entrada do BioQAV na matriz energética brasileira, a partir do ano de 2027, atingindo 91 mil m <sup>3</sup> em 2030, que corresponde a uma participação no mercado de aproximadamente 1% da demanda total de combustível de aviação, com linhas aéreas específicas adotando rotas tecnológicas certificadas. Para essa análise, adotou-se como premissa a introdução de uma unidade produtora deste biocombustível, consorciada com a produção de HVO, bionafta e GLP, de cerca de 300 mil m <sup>3</sup> por ano, média mundial, em uma razão de produção de 45% para o BioQAV. O investimento necessário projetado seria da ordem de 1,5 bilhão de reais ou 270 milhões dólares (67% de fator de utilização) (pp. 268-269)
2020	<u>PNE 2050</u>	Os novos biocombustíveis, tais como o etanol lignocelulósico, a gasolina verde, o diesel verde, o bioquerosene de aviação e os biocombustíveis para uso marítimo se apresentam como possíveis substitutos aos seus similares de origem fóssil por serem <i>drop-in</i> . O diesel verde encontra-se em processo de regulamentação. O bioquerosene de aviação também desponta como uma opção para o futuro, dados os acordos internacionais, como o CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation), aprovado pela ICAO (International Civil Aviation Organization). Este instrumento baseado em condições de mercado reforça a obrigação da indústria de aviação em mitigar as emissões de CO <sub>2</sub> e (ou GEE) de suas operações internacionais  É citado nos desafios de 2. Diversificação das biomassas para biocombustíveis e desenvolvimento de novos biocombustíveis; 4. Diversidade de atores estabelecendo políticas públicas para o setor de transportes

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Quadro 22. Iniciativas Anac

Ano	Programa	Objetivo
2019	<u>Aeródromos Sustentáveis</u>	Instrumento de incentivo não regulatório que visa à disseminação de boas práticas de gestão ambiental em aeródromos e o reconhecimento de iniciativas proativas ligadas à sustentabilidade das operações aéreas. Utiliza metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process)
2019	<u>Aeroportos Sustentáveis</u>	Visa acompanhar o desenvolvimento da gestão ambiental em aeroportos e disseminar as iniciativas sustentáveis adotadas pelos operadores aeroportuários, promovendo a redução dos impactos da aviação civil sobre o meio ambiente. Trata-se de um instrumento de incentivo não regulatório que conta com a adesão voluntária dos aeroportos, que são avaliados quanto à aderência de suas iniciativas aos critérios do programa. Esses critérios buscam refletir as melhores práticas de sustentabilidade aeroportuária

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Quadro 23. Iniciativas de Pesquisa, Desenvolvimento &amp; Inovação

Ano de Criação	Iniciativa / Hub	Coordenação / parcerias
2009	<u>MOU</u>	Embraer, General Electric, Azul e Amyris
2010	<u>Estudo de viabilidade</u>	TAM Airlines, Curcas Diesel Brasil, Brazil Ecodiesel, Airbus, Air BP
2011	<u>Aliança estratégica para produção e processamento de Pinhão-Manso</u>	Curcas Diesel Brasil, QUINVITA e Brazilian Bio-Jetfuel Platform
2011	<u>Produção de óleo de pinhão-manso para SAF no Centro-Oeste</u>	A SG Biofuels (SGB) se uniu à JETBIO, líder de uma iniciativa de múltiplas partes interessadas, incluindo Airbus, Banco Interamericano de Desenvolvimento, Bioventures Brasil, Rio Pardo Bioenergia, Air BP e TAM Airlines
2011	<u>Cooperação Técnica Internacional</u>	Boeing, Embraer e BID financiaram a análise de sustentabilidade da produção de combustíveis renováveis para aviação da Amyris a partir da cana-de-açúcar conduzida pelo ICONE e revisada pelo WWF
2011-2014	<u>Brazilian Bio-Jetfuel Platform / The Sustainable Aviation Biofuels for Brazil Project - Plano de Voo (2013); RoadMap (2014)</u>	Fapesp, Boeing, Embraer, Unicamp, com apoio AIAB, Amyris, ANAC, Andritz, ANP, APTTA, Bioeca, Byogy, Climate Solutions, CTBE, Embraer Agroenergia, Ergostech, GOL, IAC, APTA, IAE, Icone, ITA/DCTE, LanzaTech, Life Technologies, Mount Rundle Financial, Neste Oil, NWF, Oleoplan, Petrobrás, RSB, SG Biofuels, Sindicom, Solazyme, Unifei, USP, Weyerhaeuser Solutions, WWF, 4 CDM (stakeholders).
2012	Plataforma Brasileira de Bioquerosene e Renováveis	Lançamento da Plataforma Brasileira de Bioquerosene e Renováveis durante a Rio +20: Associação Brasileira das Empresas Aéreas (Abear), União Brasileira do Bioquerosene e Renováveis (Ubrabio), GOL Linhas, Aéreas e Curcas Diesel Brasil
2012-	<u>ecoDemonstrator program</u>	Boeing e Embraer (testou mais de 50 tecnologias, utilizando Next-Generation 737-800 (2012), 787 (2014) and 757 (2015), com 10% de bioquerosene
2014	<u>Brazilian Bio-Jetfuel Platform</u>	Amyris DSHC (Brotas -SP), Solazyme (Orindiúva/SP), projetos da Byogy para ATJ e HEFA pela Curcas (Guaratinguetá/SP), Boeing e GE. Objetivo de avançar o que foi estabelecido no roadmap e estabelecer Pan American Biojetfuel Initiative
2014	<u>Plataforma Mineira de Bioquerosene e Renováveis</u>	843 municípios, liderados pela Sedectes, por meio da Subsecretaria de Desenvolvimento Econômico, reúne instituições estaduais e federais, entre elas as universidades: Unimontes, UFMG, Federal de Juiz de Fora (UFJF) e Federal de Viçosa (UFV). Há parceria de municípios, bem como de empresas privadas como a Soleá/Acrotech, Embraer, Boeing e Gol Linhas Aéreas.

2014-2017	<u>Implantação de 17 ensaios de bioquerosene</u>	Laboratório de Ensaios de Combustíveis ( <u>LEC</u> ) – UFMG, ANP, parceria com Boeing
2017 a 2022	<u>ProQR</u> – Promovendo Combustíveis Alternativos sem Impactos Climáticos	Comissionado por: BMU – Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear da Alemanha; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e o Centro Aeroespacial Alemão (DLR); Parceiro político: MCTI (Brasil) e ANP
2017	Rede Brasileira de Hidrocarbonetos e Bioquerosene Renováveis para Aviação ( <u>RBQAV</u> )	MCTIC (coord), MME, Embrapa Agroenergia, UFRN (exec.), UFPB, UFRJ, UFG, Ubrabio, ANP, GOL, Embraer, GIZ, Abear
2018	<u>Plataforma Bioquerosene e Renováveis da Zona da Mata</u>	A Prefeitura de Juiz de Fora vem coordenando ações multi-institucionais com a participação do Governo Federal, Governo de Minas Gerais, Embrapa, Emater, Universidades Federais (Minas Gerais, Juiz de Fora, Viçosa, Lavras), Ubrabio, GOL Linhas Aéreas, Curcas Diesel do Brasil, Agropecuária Serra Negra/Entaban S.A, Geoflorestas, RenewCo, Reino Unido, Aeroporto IZA, entre outras com outros 45 municípios
2016-2023	Laboratório Nacional de Biorrenováveis ( <u>LNBR</u> )	Fapesp, Fapemig, Facepe, Fapergs, Embraer, Petrobras, Klabin, Suzano, FEI, Funarbe, INT, IPT, UFPE, UFRJ, UFSM, UFU, UFV, Unicamp, Unifei <u>BeValue</u> - Coordinated by LNBR/CNPEN (2019 - 2023) Brazil – EC coordinated call on Advanced Lignocellulosic Biofuels – EC and MCTI/Confap/Fapesp (Call in 2016) Brazil-EU Cooperation for Development of Advanced Lignocellulosic Biofuels – Becool
2019-2021	<u>Estudo de SAF</u> , matérias-primas por região	Boeing, RSB, WWF, Agroicone, Unicamp

Fonte: Elaboração própria, 2021.

### 3.3. Compromissos brasileiros de redução de emissões no setor de transporte aéreo

Os compromissos brasileiros relacionados ao combate às mudanças climáticas de forma mais ampla podem ser verificados a partir da 1ª, da 2ª e da 3ª **Comunicação Nacional à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. A quarta comunicação está sendo formulada e, assim como as anteriores, deve conter “inventários nacionais das emissões antrópicas, por fontes e remoções por sumidouros dos gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, além de fornecer uma descrição geral das providências para implementar a Convenção” (MCTI, 2021). Lembramos, novamente, que o **Renovabio** também se baseia na descarbonização dos transportes para atingir as metas de Paris, mas inicialmente teve de retirar o bioquerosene do sistema de *compliance*, ainda que tenham sido calculados os padrões da rota HEFA para a Renovacalc.

No que tange à participação do Brasil no **CORSIA** só deverá ocorrer formalmente na fase mandatária a partir de 2027, ainda que o país já possua uma resolução da Anac que regulamenta o monitoramento, envio de relatórios e a verificação de dados de emissão de CO<sub>2</sub> relativos ao transporte aéreo internacional. A futura harmonização dos princípios do Renovabio com as diretrizes do CORSIA pode colaborar ainda mais para a descarbonização do setor aéreo.

As rotas internacionais brasileiras deverão se submeter às regras de compensação do CORSIA a partir de 2027. A Resolução ANAC n. 496/2018, alterada pela Resolução n. 558, de 14.05.2020, e a Portaria n 4005/ASINT/2018, estabelecem, respectivamente, o monitoramento, os rela-

tórios de acompanhamento e a verificação da emissão de CO<sub>2</sub> do transporte aéreo internacional, e os procedimentos que devem ser observados pelos operadores aéreos nacionais no transporte aéreo internacional.

A Resolução OACI A39-2 consolida políticas e práticas contínuas da OACI relacionadas à proteção ambiental – Mudança Climática. Com base nesse documento, o Brasil lançou, em 2013, o primeiro **Plano de Ação** (ano base 2012) para a Redução de Emissões de CO da Aviação, com um completo inventário dos aeroportos, normativos, previsão de consumo e de eficiência dos combustíveis alternativos disponíveis e medidas relacionadas à redução das emissões de gases de efeito estufa do setor, além das ações em curso nos principais aeroportos do país. Esse plano teve sua segunda edição publicada em 2016 (ano-base 2015) e a terceira edição em 2019 (ano-base 2018) (ANAC, 2013, 2016 2019; 2021). No último relatório, foi constatado que houve melhora significativa de 8,74%, considerando-se uma taxa acumulada ou o valor de 3% ao ano, quando se comparada a taxa de consumo de combustível da aviação internacional de 2015. Isso porque a taxa de 2018 para aviação internacional foi de 29 litros por 100 RTK<sup>17</sup> e no âmbito doméstico 40,8 litros por 100 RTK (ANAC,2019).

Para a formulação da quarta edição do **Plano de Ação** foi criado um Grupo de trabalho (GT) pela Portaria 112/202, alterada pela Portaria 123/2021. Um Workshop sobre ele foi realizado no dia 3 de dezembro de 2021, na expectativa de receber contribuições dos diversos atores para a formulação do documento final. Nesses documentos, devem ser apresentados dados relativos à “aviação doméstica (RTK, consumo de combustível, emissões de CO<sub>2</sub> e medidas de mitigação), a desagregação dos efeitos das medidas por tipo de ação (medidas operacionais, inovações tecnológicas, uso de biocombustíveis etc.), cronogramas de implementação das medidas, custos das medidas” (ANAC, 2021a).

A ANAC também disponibiliza o **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil** (ANAC, 2014; 2019).<sup>18</sup> O escopo desse inventário consiste nas emissões das fases de voo em altitudes inferiores a 3000 pés (914.4 metros) e pelas Unidades Auxiliares de Potência (Auxiliary Power Unit, APUs). O inventário classifica tanto por aeródromo como também se o voo é doméstico ou internacional para o cálculo das emissões, entretanto as emissões de rampa, atividade em solo e militares estão fora do escopo.

Os **Programas Aeródromos sustentáveis** e, posteriormente, o **Aeroportos sustentáveis** também podem ser listados como iniciativas importantes da Anac, a partir de um incentivo não regulatório, isto é, de forma voluntária, para a disseminação de práticas para comprometimento socioambiental da infraestrutura do setor de transportes no Brasil (ANAC, 2021b).

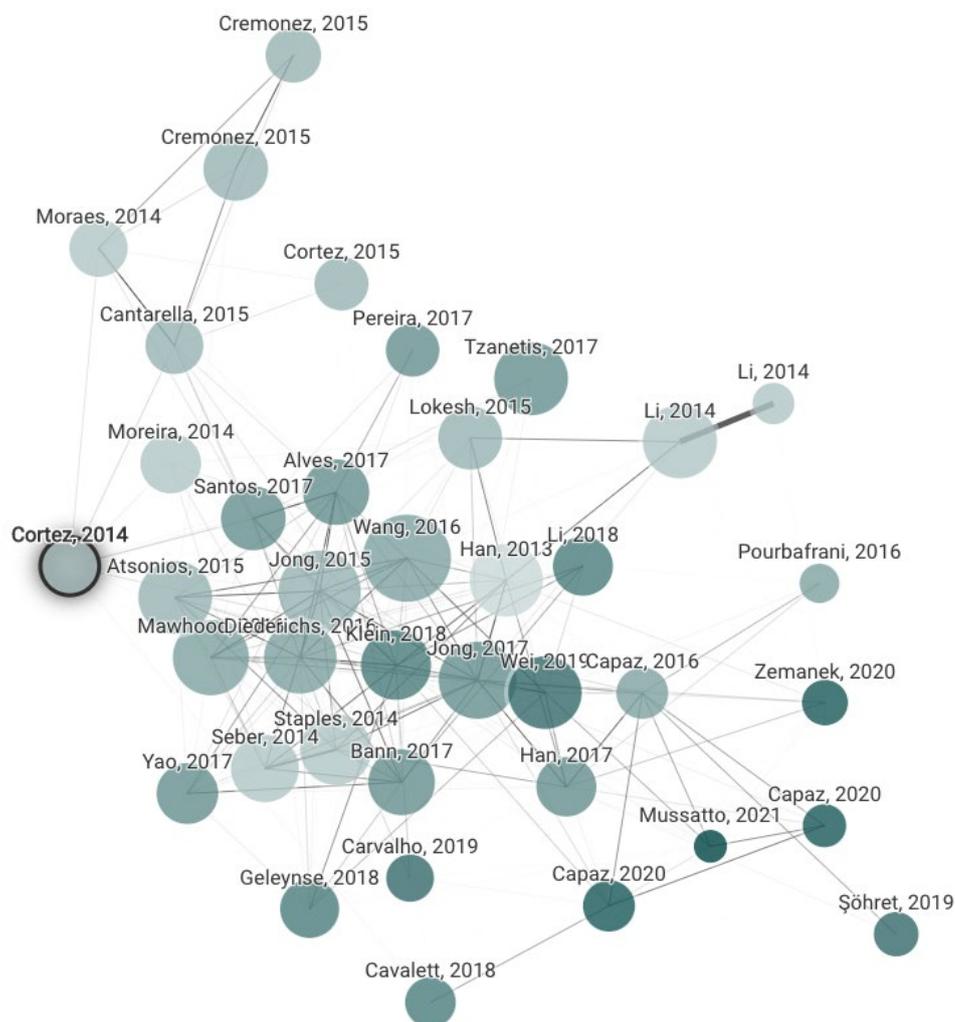
17. “Revenue Tonne Kilometers (i.e. Tonelada Quilômetro Paga). Refere-se à soma do produto entre os quilogramas carregados pagos. No Brasil, adota-se a média de 75 quilos para cada passageiro transportado, já incluída a bagagem de mão” (ANAC, 2019, p. 24).

18. Vale ressaltar que antes porém, outros órgãos também publicaram estudos sobre emissões para outros setores tais como os Inventários Nacionais de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (MMA 2011, 2014), o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas de Transporte Ferroviário de Cargas (ANTT, 2012).

### 3.4. O mercado e as matérias-primas de SAF no Brasil

Nesta subseção, será feita uma revisão de literatura que irá mapear os estudos em artigos acadêmicos em periódicos, tendo como escopo responder a perguntas sobre: Como está o mercado de SAF no Brasil? Quais os potenciais de rotas e como está a oferta de matérias-primas? Será de extrema importância também verificar as tendências que eram apontadas anteriormente, principalmente, tendo como marco o estudo de *roadmap* realizado por Cortez *et al.* (2014, p. 224). Isso porque é um trabalho de referência para tantos outros sobre esse tema, como pode ser visto na ilustração a seguir:

**Figura 7.** Visualização dos principais artigos acadêmicos a partir da obra de Cortez (2014)



Fonte: Connected papers, 2021

A lista com as referências completas encontra-se no Anexo I. Ainda que seja importante este mapeamento, esta análise não poderá ser extensiva a todos estes autores, mas buscaremos agregá-los e também são considerados outros trabalhos mais recentes. Os resultados sintetizados do *roadmap* também estão presentes em Cortez *et al.* (2015). Por já ter a produção de etanol e de biodiesel consolidadas, as expectativas de ser referência na produção de SAF são muitas.

A experiência brasileira com biocombustíveis data desde 1931, mas se desenvolveu fortemente depois de 2003, com a introdução de carros *flex*, os quais utilizam tanto etanol quanto gasolina. Considerando o crescente custo energético, as questões ambientais e o impacto de combustíveis fósseis nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), os biocombustíveis têm se tornado cada vez mais demandados pela indústria de aviação (CORTEZ *et al.*, 2014).

Porém, os biocombustíveis ainda possuem desafios a serem superados em comparação com combustíveis convencionais. Para o desenvolvimento de um mercado bem-sucedido nesta área, biocombustíveis devem garantir uma densidade energética alta, assim como atingir restritos níveis de qualidade, ao mesmo tempo em que reduzem as emissões de gases de efeito estufa e provêm competitividade econômica (CORTEZ *et al.*, 2014).

A longo prazo, energias renováveis – como solar e eólica – poderão ser utilizadas como alternativas sustentáveis para a aviação. Porém, tais tecnologias ainda se encontram em estudos laboratoriais e poderão ser amplamente utilizadas apenas em 30 a 40 anos. Assim, atualmente, os biocombustíveis representam a melhor alternativa para redução de emissões de GEE e dos impactos das mudanças climáticas (ROITMAN, 2018).

Ademais, biocombustíveis produzidos de forma sustentável podem abrir espaço para benefícios ao meio ambiente, assim como geração de emprego, atividade econômica e segurança energética. Porém, reforça-se que o potencial do impacto de biocombustíveis está intrinsecamente associado à rota de produção adotada (CORTEZ *et al.*, 2014).

Tendo em vista o crescimento contínuo da indústria de aviação e seu papel cada vez maior na emissão de gases de efeito estufa (CORTEZ *et al.*, 2014), inovações tecnológicas apresentam soluções para a mitigação dos impactos ao meio ambiente com relação a tal indústria. Neste sentido, diversas trajetórias tecnológicas têm sido desenvolvidas como soluções para as problemáticas anteriormente citadas (TELLO-GAMARA *et al.*, 2015b).

Neste sentido, biocombustíveis são produzidos a partir de matérias-primas renováveis, sendo que as mais promissoras tendo em vista a realidade brasileira relacionam-se com plantas que possuam açúcares e amidos, as oleaginosas e os resíduos urbanos e industriais (TELLO-GAMARA *et al.*, 2015b). De qualquer forma, independentemente de sua origem, biocombustíveis devem apresentar:

[...] 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 (TELLO-GAMARA *et al.*, 2015b, p. 5).

Ademais, a produção de biocombustíveis de aviação deve considerar os desafios tecnológicos, a fim de alcançar um produto que seja sustentável e viável economicamente, assim como considere as limitações da produção agrícola e evite a insegurança alimentar (CORTEZ *et al.*, 2014).

No que diz respeito às matérias-primas, a produção de biocombustíveis pode ser realizada a partir de diversas fontes: produções agrícolas, bagaço da cana-de-açúcar, algas, resíduos agrícolas e florestais, óleo de cozinha, resíduos municipais e outros. No Brasil, algumas destas

opções já estão sendo utilizadas para a produção de outros biocombustíveis, em especial a cana-de-açúcar, soja, palma, girassol e sebo na produção de etanol e biodiesel (CORTEZ *et al.*, 2014). Um dos estudos mais recentes foi divulgado pela RBS (GRASSI *et al.*, 2021) afirma que o país tem potencial de produzir 9 bilhões de litros de bioquerosene a partir de resíduos. Potencial condicionado a consolidação de sua cadeia produtiva e criação de ambiente favorável à instalação de biorrefinarias.

Além disso, outro requisito da indústria e da viabilidade econômica refere-se à biocombustíveis *drop-in*. Reconhecidos por sua capacidade de serem intercambiados com combustíveis convencionais, os *drop-in* podem ser agregados em níveis de até 50%. Dessa forma, não é necessária a adaptação da tecnologia já utilizada na indústria de aviação, principalmente no que diz respeito aos motores e à infraestrutura e logística de fornecimento dos combustíveis, assim como não se limita a utilização da aeronave (TELLO-GAMARA *et al.*, 2015a; ROITMAN, 2018).

SOUZA *et al.* (2018) afirmaram que existem muitas incertezas tecnológicas e comerciais, como a falta de domínio na produção de matérias-primas alternativas com maior densidade energética, falta de infraestrutura laboratorial para certificação, questões logísticas, alto custo das matérias-primas e rotas de refino e falta de investimento público-privado para desenvolvimento de biocombustível de aviação no país.

De todo modo, segundo Klein *et al.* 2018, considerando apenas o instrumento CORSIA, serão necessários entre 630 e 800 milhões de litros de SAF por ano em 2030 para garantir o crescimento neutro em carbono dos voos internacionais com origem no Brasil. Os autores calculam que este montante poderia ser alcançado levando em consideração cenários com 3 a 16 biorrefinarias. Outra constatação importante é que, ao considerar as metas do NDC, que são significativamente maiores do que as determinadas para o mecanismo CORSIA, o menor nível de mitigação de GEE, que equivale a 8,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, exigiria entre 3,5 e 4,4 bilhões de litros de SAF por ano até 2030 com um investimento total de, pelo menos, US\$ 7,5 bilhões.

Tendo em vista estes e outros desafios, esta seção então será subdividida em duas, de modo a mapear as rotas e principais estudos sobre as matérias-primas no Brasil.

### 3.4.1. Rotas tecnológicas no Brasil

Atualmente são aprovadas sete rotas pela ASTM, as quais também foram aprovadas e atualizadas pela ANP no Brasil. Algumas iniciativas de produção de SAF no Brasil merecem destaque, como, por exemplo, podemos citar a parceria entre os projetos Bevalue do CNPEM e do europeu Becool para “explorar sinergias entre o Brasil e a União Europeia para a produção de biomassa, diversificação das cadeias de produção e logística para o desenvolvimento e implantação sustentável de biocombustíveis avançados”. A ideia desta parceria é tanto avançar nas rotas de transporte autônomo e quanto nas rotas termoquímicas e bioquímicas integradas. (LNBR, 2021). No Brasil as rotas de SAF ainda se encontram com nível de maturidade tecnológica (TRL) 3.

A tentativa da Amyris em parceria com a Boeing e o BID para desenvolver a rota SIP em 2011 acabou sendo descontinuada. A BSBIOS possui uma biorrefinaria chamada Omega Green no Paraguai, pela rota HEFA, e esta está em TRL 9 (ECB Group, 2021). Nas próximas subseções, faremos um panorama das rotas já aprovadas e incorporadas pela ANP.

## FT

### Querosene parafínico sintetizado por Fischer-Tropsch

Certificada pela ASTM em 2009, a Rota FT possui limite de 50% de mistura e utiliza biomassa provinda de resíduos, tanto urbanos, como agrícolas e florestais, além de fontes não renováveis – como carvão e gás natural. Durante o processo de produção, a matéria-prima é gaseificada e transformada em monóxido de carbono e hidrogênio, os quais são sintetizados em parafinas de cadeia longa. A partir disso, as parafinas são utilizadas para produção de combustível de aviação idênticos àqueles de origem fóssil. Apesar de inicialmente possuir um limite de 50% de limite de mistura, é possível utilizar o processo de reforma da nafta para garantir sua substituição em 100% do combustível de origem fóssil (ROITMAN, 2018).

Considerando aspectos regionais importantes, a GIZ lançou o projeto Proqr no Brasil, para execução deste foi feito um estudo conduzido por Ebner (2018)<sup>19</sup> que identificou que a tecnologia mais eficiente e sustentável é representada por um Fischer-Tropsch a partir da conversão do gás de síntese ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) em Syncrude. A ideia seria entender como seria a três casos de produção com 500 litros, 3.500 litros e 20.000 litros por dia. A justificativa é que o Brasil possui áreas remotas, como o Amazonas. Isso porque nessa região os aeródromos são geralmente muito pequenos e têm consumos de combustível entre 500-20.000 litros por dia. A autora afirma que ainda não foram resolvidas questões relativas às tecnologias de refino em pequena escala, que poderiam ser aplicadas em áreas remotas e que tipo de Sistema Fischer-Tropsch (High-Temperature Fischer-Tropsch / Low-Temperature Fischer-Tropsch ou uma combinação de ambos) seria a melhor abordagem. Por isso recomenda que todos os processos de FTS e refino possíveis combinações devem ser analisados, a fim de identificar a abordagem de sistema mais eficiente.

Schmidt *et al.* (2018) apresentam um compilado das principais tecnologias para a produção de combustível Power to Liquid (PtL), o qual é obtido pelo FT. Neste trabalho, os autores, com base nas experiências de plantas piloto da Islândia, Alemanha, Noruega e Finlândia, afirmam que esta tecnologia poderia já ser transformada em escala industrial. Reforçam que o PtL pode potencialmente encontrar uma futura demanda expressiva, considerando a sua oferta com benefícios em termos de diminuição de recursos (terra e água) e emissão de gases de efeito estufa. Para chegar nessa conclusão, exploram como o meio ambiente desempenho racional e técnico-econômico do PtL resultante em comparação com combustível fóssil e derivado de biomassa para aviação.

Em outra perspectiva, explorando as várias matérias-primas, Memar (2021, p. 97) afirma que:

Considerando que cada kg de gás de síntese resulta em 0,336 litro de SAF pela rota de FT (LÖCHLE, 2019), assumindo uma densidade de querosene de 0,8 kilogramas por litro, a indústria de soja em Mato Grosso pode produzir 21,56 milhões de toneladas de SAF a partir de resíduos, o que satisfaz facilmente a demanda brasileira de combustível de aviação, projetada em 14,2 milhões de toneladas em 2050. (MEMAR, 2021, p. 97)

19. Options for the Production of Sustainable Synthetic Aviation Fuel. GIZ, 2018.

Apesar de não existirem instalações que produzam biocombustíveis de aviação em larga escala por meio da rota FT, pesquisas e testes estão sendo realizados. Em especial, a Petrobrás está testando essa produção em cooperação com a empresa britânica CompactGTL. Entre as matérias-primas destacadas no contexto brasileiro estão cana-de-açúcar, eucalipto e resíduos florestais (ESCALANTE *et al.*, 2022). Vieira *et al.* (2019) realizaram uma análise preliminar de viabilidade da produção de SAFs baseada na gaseificação de eucalipto por FT, em Minas Gerais, na qual apontam que o custo da madeira pode variar significativamente entre regiões, sendo o preço da terra um fator determinante.

## HEFA

### Querosene parafínico sintetizado por hidrocessamento de ésteres e ácidos graxos

Certificada em 2011, a Rota HEFA possui um limite de mistura de 50% e utiliza óleos e gorduras naturais, tanto provindas de fontes animais quanto vegetais, para a produção de bioquerosene de aviação. Por meio de um processo de hidrogenação, o hidrogênio e outras moléculas indesejáveis são retiradas das matérias-primas, transformando-as em hidrocarbonetos. Estes, por sua vez, são craqueados e isomerizados, possibilitando sua mistura a combustíveis convencionais. Devido à utilização da hidrogenação catalítica, o processo demanda por grande quantidade de hidrogênio, o qual geralmente possui origem fóssil. Assim, esta rota demanda uma maior pegada de carbono para a produção de bioquerosene (ROITMAN, 2018).

Dentro do contexto brasileiro, quando comparada com a redução de carbono do biodiesel, produtores de bioquerosene poderiam emitir menos créditos de carbono do que aqueles de biodiesel. Considerando que o custo de biodiesel é inferior ao do bioquerosene e ambos os biocombustíveis possuem matérias-primas similares, sua produção não seria economicamente viável pela rota HEFA (ROITMAN, 2018).

Avaliando as diferentes matérias-primas disponíveis, o uso de pinhão manso foi identificado como a melhor matéria-prima para a produção de biocombustíveis de aviação dentro da rota HEFA. Apesar disso, mesmo possuindo alta eficiência no quesito de sustentabilidade, o custo de operacionalização também é alto, referente aos custos da matéria-prima, do capital de refinamento, dos créditos de coprodutos e de energia (ESCALANTE *et al.*, 2022).

Entre as diferentes rotas disponíveis, a rota HEFA é considerada aquela com maior potencial para produção em larga escala a nível mundial, tendo em vista a consolidação de seu mercado e seu menor custo tecnológico e de produção. Tendo em vista a menor necessidade de investimento, a alta produção agrícola brasileira, a consolidação da rota no país e a utilização dos mesmos processos para produção de outros biocombustíveis, alguns autores apoiam o desenvolvimento desta rota em especial (SOUZA *et al.*, 2018).

Por um lado, segundo diversos autores (CORTEZ *et al.*, 2014; CORTEZ *et al.*, 2015; de JONG *et al.*, 2015; ESCALANTE *et al.*, 2022), a rota HEFA pode ser considerada a mais promissora e consolidada tanto em nível brasileiro quanto em nível mundial. Porém, por outro lado, de Jong *et al.* (2015) e ESCALANTE *et al.* (2022) indicam que a baixa competitividade de custos e preço em comparação com combustíveis convencionais ainda não permite que biocombustíveis de aviação produzidos a partir dessa rota sejam completamente viáveis.

## HFS-SIP

### Iso-parafinas sintetizadas por hidrocessamento de açúcares fermentados

Tendo sua certificação em 2014, a Rota HFS-SIP possui um limite de mistura de 10% e utiliza açúcares como matéria-prima. Por meio da utilização de leveduras geneticamente modificadas, os açúcares são fermentados e moléculas de hidrocarbonetos são produzidas. Após o hidrocessamento, as moléculas denominadas farneseno podem ser agregadas ao combustível de aviação ([ROITMAN, 2018](#)).

No contexto brasileiro, segundo [Souza et al., \(2018\)](#), a produção por meio da Rota SIP ainda se encontraria em escala piloto, com certificações sendo realizadas no exterior. Porém, estudos mais profundos devem ser realizados, em especial para analisar a produção desta rota a partir de resíduos sólidos urbanos e de saneamento.

## FT/A

### Querosene parafínico sintetizado por Fischer-Tropsch com aromáticos

Com limite de mistura de 50% e certificação aprovada desde 2015, a Rota FT/A, assim como a primeira da lista, utiliza como matérias-primas resíduos urbanos, agrícolas e florestais, assim como matérias não renováveis – como carvão e gás natural. Após o processo utilizado pela Rota FT, há também a alquilação de aromáticos leves a fim de produzir uma mistura de hidrocarbonetos que previnem o vazamento de combustível. A partir desse processo, combustíveis fósseis podem ser 100% substituídos ([ROITMAN, 2018](#)).

## ATJ

### Querosene parafínico sintetizado a partir de álcoois – “Alcohol to Jet”

Certificada em 2016 e com limite de mistura de 30%, a Rota ATJ utiliza amidos, açúcares e biomassa celulósica como matérias-primas. Por meio da desidratação, oligomerização e hidrogenação de substâncias que contêm álcoois, produz-se um combustível de aviação hidrocarbônico. Etanol e o isobutanol são os álcoois mais apropriados, apesar de existirem outros viáveis para o processo ([ROITMAN, 2018](#)).

Porém, por meio de processos de transformação molecular, o etanol pode tornar-se viável como biocombustível pela rota conhecida como ATJ. Assim, aprimoramentos na estrutura do etanol podem torná-lo boa opção como combustíveis de aviação. Todavia, tal mercado ainda se encontra em fase de desenvolvimento. Seu processo tem passado por testes e investimentos de diferentes empresas e espera-se que o risco de investimento seja reduzido no futuro ([ESCALANTE et al., 2022](#)).

O maior desafio ainda está na competitividade com relação aos combustíveis fósseis, o processo de transformação de etanol em combustíveis de aviação ainda requer alto custo, relacionado a tecnologia, logística e matéria-prima. Apesar de o Brasil ser o maior produtor de etanol no mundo, essa metodologia não produz tanto lucro quanto esperado para a utilização dessa tecnologia ([ESCALANTE et al., 2022](#)).

Ademais, a produção brasileira de bioquerosene de aviação por meio da rota ATJ geraria uma competição para a produção de outros biocombustíveis, em especial o etanol, tanto no que diz respeito às matérias-primas utilizadas quanto às emissões de créditos de carbono (ROITMAN, 2018). Assim, segundo Roitman (2018), a produção de biocombustível de aviação por meio dessa rota seria inviável, tendo em vista que tanto o mercado quanto a cadeia produtiva de etanol já se encontram bem estruturados. Por outro lado, de acordo com Walter *et al.* (2021), a rota ATJ necessita de uma menor área agricultável em comparação com as rotas FT e HEFA.

## CHJ

### Hidrotermólise catalítica

A partir de outubro de 2021, as rotas CHJ e SPK-HC-HEFA podem ser utilizadas para produção de bioquerosene de aviação, por meio do disposto na Resolução n. 856 da ANP de 2021. Aprovada em 2020 pela ASTM Internacional, esta rota utiliza óleos vegetais ou residuais para produção de biocombustíveis de aviação, similar ao processo da rota HEFA. Porém, algumas diferenças na produção podem ser observadas. Após limpeza e filtragem, os óleos e gorduras passam por um processo de hidrotermólise, em que são combinados à água e levados a condições de alta temperatura e pressão. Posteriormente, a mistura resultante é quebrada e isomerizada, fazendo com que o *output* demande menos hidrotreamento do que a rota HEFA (PAVLENKO e SEARLE, 2021).

Esta rota pode ser realizada em refinarias convencionais de petróleo e a expectativa é que promova alta redução de emissões de GEE (PAVLENKO e SEARLE, 2021). Consumindo menos 25% de hidrogênio que a rota HEFA, a CHJ demonstra seu potencial para produção (VAN DYK e SADDLER, 2021). De acordo com sua fabricante, Applied Research Associates (ARA), a CHJ tem potencial para reduzir 80% das emissões de GEE, assim como poderá substituir combustíveis fósseis sem mistura, visto que possui a mesma densidade destes (ARA, 2021).

### SPK-HC-HEFA

#### Querossene parafínico sintetizado por hidrocarbonetos bioderivados, ácidos graxos e ésteres hidroprocessados

Assim como citado anteriormente, a Rota SPK-HC-HEFA foi aprovada pela ANP em 2021 (ANP, 2021) e pela ASTM Internacional em 2020 (A4A, 2020; ASTM INTERNATIONAL, 2021). Desenvolvida pela IHI Corporation em cooperação com a Kobe University e a New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), esta rota propõe o desenvolvimento de biocombustíveis de aviação por meio de algas (IHI CORPORATION, 2020; BIOAGE GROUP, 2020).

A tecnologia visa à produção em larga escala de microalgas que poderiam prover óleo para o desenvolvimento de biocombustíveis. Caminhando para a fase comercial, o produto encontra-se ainda na etapa de estudo da cadeia de produção e demonstrações de voos comerciais utilizando o biocombustível produzido pela rota HC-HEFA (IHI CORPORATION, 2020). Ademais, a IHI Corporation tem-se dedicado a um projeto-piloto com uma instalação integrada na Tailândia, que tanto fornece o óleo provindo de algas, como realiza a produção de biocombustíveis (HUMPHRIS-BACH *et al.*, 2020).

Os maiores desafios relacionados a esta rota se relacionam com o cultivo de algas, no que diz respeito à estabilidade e à produtividade das algas em longo prazo, assim como às emissões de CO<sub>2</sub>. A produção de algas demanda altos níveis de consumo energético, os quais podem ser revertidos em altas emissões de GEE se não forem utilizadas fontes energéticas sustentáveis (HUMPHRIS-BACH *et al.*, 2020).

### 3.4.2. Matérias-primas utilizadas na produção de biocombustíveis de aviação

Considerando as diferentes matérias-primas que podem ser utilizadas para a produção de biocombustíveis de aviação, estas podem ser classificadas entre matérias-primas de primeira (1G), segunda (2G), terceira (3G) ou quarta geração (4G) (DOLIENTE *et al.*, 2020). Nas próximas subseções, tais categorias serão detalhadas considerando sua definição e seus principais desafios na produção de biocombustíveis de aviação.

#### Primeira geração (1G)

Entre as fontes de primeira geração, encontram-se: safras de oleaginosas (como carmelina, palma, soja e girassol) e colheitas de açúcar e amido (como milho, trigo, cana-de-açúcar e beterraba). Nesta categoria, gorduras e óleos podem ser utilizados para a Rota HEFA, assim como etanol a partir de milho ou cana-de-açúcar dentro da Rota ATJ (DOLIENTE *et al.*, 2020).

Entre os principais desafios desta categoria estão a alta demanda por água e nutrientes, assim como a competição que tais matérias-primas geram em relação à produção alimentícia. Além disso, há também o risco de avanço do desmatamento em áreas florestais para aumentar a zona agricultável em razão do aumento de demanda por tais matérias (DOLIENTE *et al.*, 2020).

Apesar de diversas matérias-primas de 1G serem viáveis na produção de biocombustíveis, apenas aquelas já produzidas em larga escala possibilitaram a implementação em curto prazo. Considerando o contexto brasileiro, safras de cana-de-açúcar e soja já possuem produção industrial, a qual apoia a indústria de etanol e biodiesel. Porém, características do etanol relacionadas a baixo valor de aquecimento e alta energia de vaporização tornam-se obstáculos na implementação deste como combustível alternativo de aviação (ESCALANTE *et al.*, 2022).

Um exemplo de riscos ambientais promovidos pela produção de biocombustíveis a partir de matérias-primas de primeira geração refere-se ao óleo de palma. Com a utilização da rota HEFA, o óleo de palma permite uma redução dos custos e viabiliza a produção em alta escala. Ademais, considerando estes benefícios e a baixa demanda da palma por nutrientes, torna-se uma matéria-prima bem-vista na produção de biocombustíveis (DOLIENTE *et al.*, 2020).

Porém, as perdas na biodiversidade mundial estão relacionadas com o aumento da plantação de palma para produção de seu óleo. Potenciais extinções de animais em florestas no Sudeste Asiático, América do Sul, América Central e África estão associadas ao aumento da plantação de palma. Assim, para tornar-se uma opção sustentável, o óleo de palma deve ser substituído com medidas que visem a proteção do meio ambiente e da biodiversidade local (DOLIENTE *et al.*, 2020).

Além disso, também se observa uma relação entre a competição de áreas agrícolas para produção alimentícia com o aumento nos preços de alimentos ao redor do mundo. Assim, desequilíbrios na demanda de matérias 1G devido à produção de biocombustíveis podem levar ao aumento de desigualdades e insegurança alimentar. Finalmente, é possível implementar tal indústria de forma sustentável, porém são necessários planejamento e monitoramento contínuos. (DOLIENTE *et al.*, 2020).

No contexto brasileiro, a infraestrutura de Pesquisa e Desenvolvimento (PD&I) para as matérias-primas provindas de sacarose e amido são favoráveis à produção de biocombustíveis, devido à produção em larga escala desses produtos. Em especial a cana-de-açúcar é pesquisada em diversos centros brasileiros e em várias etapas da cadeia logística. Pesquisas são necessárias apenas para garantir a transição para o mercado de aviação, diminuindo os custos e aumentando a produção (CORTEZ *et al.*, 2014).

Com relação às oleaginosas, a soja é altamente pesquisada devido sua importância na produção de biodiesel. Assim, a infraestrutura existente também é favorável para aprimorar o uso desta matéria na produção de biocombustíveis de aviação. Porém, fóruns internacionais podem apontar a insegurança alimentar com relação a tais matérias-primas (CORTEZ *et al.*, 2014).

Ademais, enquanto combustíveis de aviação renováveis realmente promovem uma redução dos impactos ambientais em nível global, Capaz *et al.* (2020) identificaram *trade-offs* que ocorrem a nível global, em especial no que diz respeito à eutrofização, toxicidade e qualidade do ar. Por exemplo, a utilização de cana-de-açúcar pela rota ATJ provê uma redução de mais de 50% de emissões em comparação com combustíveis fósseis. Porém, essa matéria-prima também gera altos impactos negativos relacionados à eutrofização e qualidade do ar devido ao uso de fertilizantes e queima do bagaço. Com relação à soja dentro da rota HEFA, também foram identificadas consequências negativas relacionadas à toxicidade à saúde humana e ao meio ambiente, devido ao uso de agrotóxicos (CAPAZ *et al.*, 2020).

Nos trabalhos de Souza (2019) e Souza *et al.* (2020) foi adotada uma análise multicritério às oleaginosas cujos dados de ACV para produção de bioquerosene HEFA estivessem disponíveis e assim, se estabeleceu o ranking regional das matérias-primas de maior potencial para HEFA, conforme a tabela:

**Quadro 24.** Ranking de matérias-primas rota HEFA por regiões no Brasil

	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
1º	soja	soja	soja	soja	soja
2º	palma	pinhão-manso	pinhão-manso	pinhão-manso	girassol
3º	macaúba	palma	palma	macaúba	colza
4º	babaçu	algodão	algodão	algodão	algodão
5º	-	macaúba	girassol	girassol	-
6º	-	babaçu	macaúba	mamona	-
7º	-	mamona	mamona	amendoim	-

Fonte: Elaboração própria com dados de Souza, 2019.

Ainda que a soja tenha sido apontada como a melhor opção de matéria-prima para produção de HEFA em todas as regiões, porém, além de ter a questão da competição com alimentos, a ressalva é que o óleo de soja é principal matéria-prima para a produção de biodiesel no país. Por isso [Souza et al. \(2020\)](#) recomendam que também é importante avaliar outros potenciais cultivo. Isso será possível a partir de estímulos a pesquisas que visem atingir o domínio tecnológico de novas plantas com oleaginosas locais, como as 2G.

## Segunda geração (2G)

As matérias-primas de segunda geração incluem resíduos da agricultura e florestais, assim como biomassa e safras não comestíveis, matérias-primas de segunda geração para contornar a problemática relacionada à competição entre os biocombustíveis e alimentos. Por outro lado, como os açúcares e óleos das matérias 2G são mais difíceis de serem alcançados por sua estrutura celular, são necessárias tecnologias que utilizem enzimas, micro-organismos e/ou transformações termoquímicas ([DOLIENTE et al., 2020](#)).

Dessa forma, os maiores desafios relacionados a esta categoria referem-se aos maiores custos de produção e às barreiras técnicas. Por outro lado, o investimento em tal tecnologia poderia garantir outros benefícios, como a promoção da circularidade na economia, gestão de resíduos e proteção do meio ambiente. Apesar de os custos de matérias-primas 1G serem mais competitivas do que as 2G para uso em veículos terrestres, combustíveis de aviação são mais viáveis ([DOLIENTE et al., 2020](#)).

Considerando óleos vegetais de colheitas não comestíveis, como pinhão-manso e mamona, devido à sua toxicidade, a produção de biocombustíveis ainda está sendo pesquisada, sendo o óleo de pinhão-manso o mais desenvolvido cientificamente. Porém, apesar de alguns testes e voos comerciais terem sido realizados com combustíveis misturados com óleo de pinhão-manso, os mercados de ambas as colheitas ainda não estão maduros o suficiente ([DOLIENTE et al., 2020](#)). Pesquisas também têm sido feitas sobre o óleo de licuri ([ARAÚJO, 2014](#); [ARAÚJO et al., 2019](#)).

Por outro lado, biomassa de resíduo são uma alternativa favorável, tendo em vista que não geram competição com a indústria alimentícia, não necessitam de solo agricultável, possuem pouco ou nenhum valor comercial e demandam menor quantidade de água do que matérias provindas da agricultura. Nessa classificação, encontram-se resíduos florestais e da agricultura, incluindo bagaço da cana-de-açúcar, palhas de milho, de trigo e de arroz, semente de palma, e cachos de frutas vazias. Apesar de tecnologias para produção de biocombustíveis como etanol existirem com relação aos resíduos, estudos sistemáticos relacionados à aviação ainda são escassos ([DOLIENTE et al., 2020](#)).

Ao analisar matérias-primas de segunda geração (2G), [Capaz et al. \(2020\)](#) identificam efeitos negativos ao classificarem matérias residuais como coprodutos ao invés de resíduos. Especificamente, as consequências negativas estão relacionadas ao estágio *upstream* e levam a emissões de GEE ainda mais elevadas que combustíveis de aviação fósseis, assim como mais acidificação terrestre e eutrofização do que as matérias-primas 1G. Assim, a definição do que é ou não resíduo pode apoiar ou não o uso de matérias-primas 2G na produção de bicom-  
bustíveis ([CAPAZ et al., 2020](#)).

De acordo com a análise realizada por *Peres et al. (2021)*, a utilização de resíduos da indústria de biocombustíveis poderia ser uma alternativa para atenuar a competição entre a produção de bioquerosene de aviação e biodiesel ou etanol. Neste sentido, as rotas FT, HEFA, A-FT e SIP são aplicáveis para este tipo de matéria-prima (*PERES et al., 2021*).

O estudo da RSB, escrito por *Grassi et al. (2021)*, ressalta que 61 milhões de toneladas de resíduos de cana-de-açúcar são produzidos anualmente, sendo 60% desta produção localizada no estado de São Paulo, seguido por Goiás (11%), Minas Gerais (10%) e Mato Grosso (7%). Devido à disponibilidade de matéria-prima, refinarias já estabelecidas e alta demanda por combustível de aviação (Jet A), o estado de SP é identificado como uma excelente alternativa para o estabelecimento da rota ATJ. Por outro lado, a Rota FT poderia ser implementada tanto em SP quanto nos estados de GO e MG. Ademais, dutos de gás poderiam ser utilizados para apoiar a demanda de hidrogênio para plantas da rota ATJ, segundo *Grassi et al. (2021)*.

Nesse mesmo estudo, destaca-se que a região Sudeste (estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo) representa aproximadamente 55% da disponibilidade total de óleo de cozinha residual (UCO). Sendo a utilização desta matéria-prima muito bem recebida na Europa, por exemplo (*GRASSI et al., 2021*). Outras matérias-primas são analisadas, como o gás de exaustão proveniente e o sebo bovina. No primeiro caso, os gases ideais para a produção de etanol se referem às indústrias de ferro que utilizam forno de oxigênio básico (BOF). Porém, tais gases já são empregados por tais indústrias para produção de energia nas usinas de ferro, o que significaria um custo de oportunidade. Por fim, a maior produção de gordura bovina encontra-se no Mato Grosso, enquanto as capacidades de produção de Jet-A referem-se à região sudeste. Tendo em vista que gordura bovina é processada por meio da rota HEFA, a qual requer altas quantidades de hidrogênio, esse processo demanda refinarias próximas (*GRASSI et al., 2021*).

O estudo de *Grassi et al. (2021)* conclui que, utilizando a rota ATJ, 90% e 30% da demanda por Jet-A poderia ser garantida por resíduos de cana-de-açúcar e de madeira, respectivamente. Por outro lado, utilizando a rota FT, estes valores seriam de 30% e 14%. Tendo em vista a disponibilidade dessas matérias-primas e o nível de misturas aprovados pela legislação brasileira, a demanda poderia ser garantida e, além disso, o mercado externo poderia ser apoiado. O estado de São Paulo tem grande potencial para abarcar tal produção, porém a infraestrutura terá de ser aprimorada, a fim de otimizar as usinas de cana-de-açúcar para garantir o excedente necessário para além da atual utilização energética dos resíduos. No caso de resíduos de madeira, os estados de MS e RS oferecem ótimas alternativas para suprir a demanda local (*GRASSI et al., 2021*).

Por outro lado, os estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Rio Grande do Sul se destacam quando consideramos a disponibilidade de resíduos de eucalipto. Tendo em vista que o eucalipto representa 70% das áreas plantadas, o estudo focou na utilização dos resíduos deste material para produção de biocombustível de aviação. Duas regiões são destacadas como relevantes: o norte dos estados de São Paulo e Minas Gerais, devido à presença de indústrias de polpa e papel, assim refinarias e aeroportos com alta demanda; e o leste do estado de Mato Grosso do Sul e o sul do Rio Grande do Sul, considerando uma localização estratégica para a oferta regional, principalmente no que se refere à tecnologia FT, conforme *Grassi et al. (2021)*.

### Terceira geração (3G)

Considerando algas e microalgas, as matérias-primas 3G podem ser viáveis por não possuírem nenhum valor alimentício, assim como não necessitarem de área agricultável e possuírem baixos custos. Ademais, podem ser instaladas em reservas de água poluída, servindo, também, como tratamento para sistemas de esgoto. Nesse sentido, apesar de altos investimentos nesta área, a utilização de algas para produção de biocombustíveis ainda possui dificuldades para sua implementação. Além de questões relacionadas à necessidade de alto investimento e/ou ineficiência de tecnologias de cultivo, colheita e extração do óleo, também existem dificuldades na comercialização. Assim, a utilização dessas matérias não é viável economicamente (DOLIENTE *et al.*, 2020).

Segundo Tello-Gamarra *et al.* (2015b), matérias-primas de quarta geração podem oferecer benefícios no que diz respeito a: não competição com fontes de alimentação, a possibilidade de serem produzidas em áreas não cultiváveis, poderem ser utilizadas como filtros para águas poluídas, e opção de utilização de biorreatores na sua produção. Ademais, reforça-se a necessidade de investimentos do governo federal em promover a utilização de algas como matérias-primas viáveis, principalmente no que diz respeito à melhoria do processo e das tecnologias de refino, a fim de garantir um melhor aproveitamento das algas e a maior eficiência na produção (TELLO-GAMARRA, 2015b). Um estudo que podemos destacar sobre microalgas no Brasil foi realizado por Araújo *et al.* (2021), no qual concluem que as espécies de microalgas *Scenedesmus acuminatus* e *Cosmarium* sp apresentaram um perfil de ácidos graxos aceitável para a produção de combustível *biojet*. Afirmam que os resultados indicaram um óleo de biomassa com conteúdo superior ao da soja. No entanto, *Scenedesmus acuminatus* apresentou rendimento de biomassa e rendimento potencial de óleo mais alto que *Cosmarium* sp.

### Quarta geração (4G)

Organismos geneticamente modificados e matérias não biológicas (como gás carbônico, energia renovável e água) são classificados como matérias-primas de quarta geração. No que diz respeito aos organismos geneticamente modificados, como microalgas, cianobactérias e fungos, pesquisas ainda estão sendo desenvolvidas para identificar suas potencialidades e entender quais são os riscos dessas substâncias. Por outro lado, matérias-primas não biológicas podem ser extremamente benéficas, em especial quando gases de combustão de fábricas são utilizados (DOLIENTE *et al.*, 2020).

Considerando a geração de combustíveis Power-to-Liquid (PtL) através de gases de síntese, um estudo organizado no âmbito do projeto ProQR, foi desenvolvido por Memar (2021) analisou as indústrias de soja, biodiesel, cana-de-açúcar, etanol, milho, arroz, aço, cimento e papel e celulose, tendo em vista a capacidade destes setores em fornecer resíduos e subprodutos de baixo valor que podem ser usados para gerar gás de síntese e combustível sustentável de aviação (SAF). Nesse sentido, identificou-se que a região Centro-Oeste teria maior potencial para produção de gás de síntese (36,14%), conforme a tabela que se segue (MEMAR, 2021).

**Tabela 5.** Potencial em porcentagem de produção de gás de síntese em diversas indústrias por região no Brasil

Região	CO	SE	S	NE	N
Potencial (%)*	36,14	26,87	24,39	9,49	3,11

Fonte: Adaptado de (Memar, 2021) \*Valores ajustados

No que diz respeito aos materiais analisados, a gaseificação de resíduos agrícolas das indústrias de soja, milho e cana-de-açúcar possui maior potencial para produção de SAF com respectivos 299 milhões, 158 milhões e 146 milhões de toneladas geradas anualmente. Na tabela seguinte, podem ser observados os diferentes potenciais de produção das diferentes indústrias:

**Tabela 6.** Potencial de diferentes indústrias para produzir gás de síntese, seus subprodutos e resíduos

Indústria	Subproduto e resíduo	Potencial total anual para gás de síntese (toneladas)	Potencial máx. do estado (toneladas de gás de síntese/ano)
Indústria de cimento	Dióxido de carbono	22.267.418	5.297.780 (MG)
Indústria de aço	Dióxido de carbono	31.944.563	9.558.017 (MG)
<b>Indústria de cana-de-açúcar</b>			
Cana-de-açúcar	Palha de cana	146.296.782	77.781.228 (SP)
Etanol	Dióxido de carbono	21.032.147	10.318.479 (SP)
<b>Indústria da soja</b>			
Soja	Palha de soja	299.108.536	80.235.179 (MT)
Biodiesel	Glicerol	238.979	63.490 (RS)
Indústria de milho	Palha de milho	158.660.843	51.038.319 (MT)
Indústria de arroz	Palha/casca de arroz	20.810.901	14.898.045 (RS)
Indústria de celulose	Resíduos de madeira / lodo de fábrica de papel / CO <sub>2</sub>	25.236.865	5.745.931 (BA)

Fonte: Adaptado de (Memar, 2021)

É importante ressaltar que, apesar de as indústrias agrícolas demonstrarem maior potencial de produção e possuírem menor demanda energética com relação às outras indústrias analisadas, estas requerem processos mais complexos de limpeza e tratamento de gás. Ademais, desafios logísticos aumentam os custos relacionados à distanciada produção, menor densidade e caráter biodegradável. Por outro lado, o biodiesel, como matéria-prima com menor potencial, apresenta vantagens com relação às outras indústrias devido à facilidade de limpeza do gás e à pureza do substrato. Porém, também possui desafios logísticos no que se refere ao transporte, coleta e armazenamento (MEMAR, 2021).

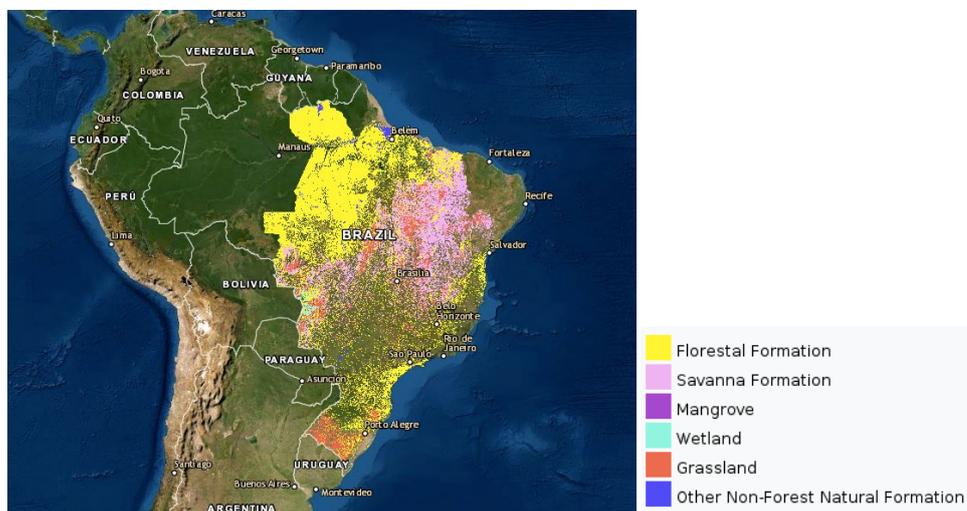
De qualquer forma, considerando o potencial de todas as indústrias referente à produção de gás de síntese, 193 milhões de toneladas de SAF poderiam ser convertidas anualmente. Tal potencial poderia alimentar o contexto brasileiro e inserir o país como importante *player* em nível internacional.

### 3.4.3. Balanço do panorama de potenciais de produção de SAF no Brasil

Tendo em vista as condições favoráveis para a produção agrícola no Brasil, tanto no que diz respeito ao acesso à água e solo (KLEIN *et al.* 2018), quanto ao clima propício na maior parte das regiões, há menor demanda e, conseqüentemente, um desenvolvimento mais tardio de tecnologias que utilizem resíduos como matéria-prima. Por essas razões, o debate com relação à produção alimentar não possui tanta força no contexto brasileiro, apesar de serem relevantes por questões ambientais (CORTEZ *et al.*, 2014).

A Unicamp também desenvolveu com apoio do Boeing-Embraer Joint Research Center for Sustainable Aviation Fuels (SAF) uma plataforma chamada SAFmaps (UNICAMP, 2021), que traz um banco de dados importantes para a avaliação da sustentabilidade das matérias-primas de SAF em 12 estados brasileiros. O mapa abaixo representa as áreas que não podem ser utilizadas para produção de SAF segundo os critérios elegíveis do CORSIA.

Figura 8. Áreas não elegíveis para SAF pelos critérios do CORSIA (2021)



Fonte: [Unicamp, 2021](#).

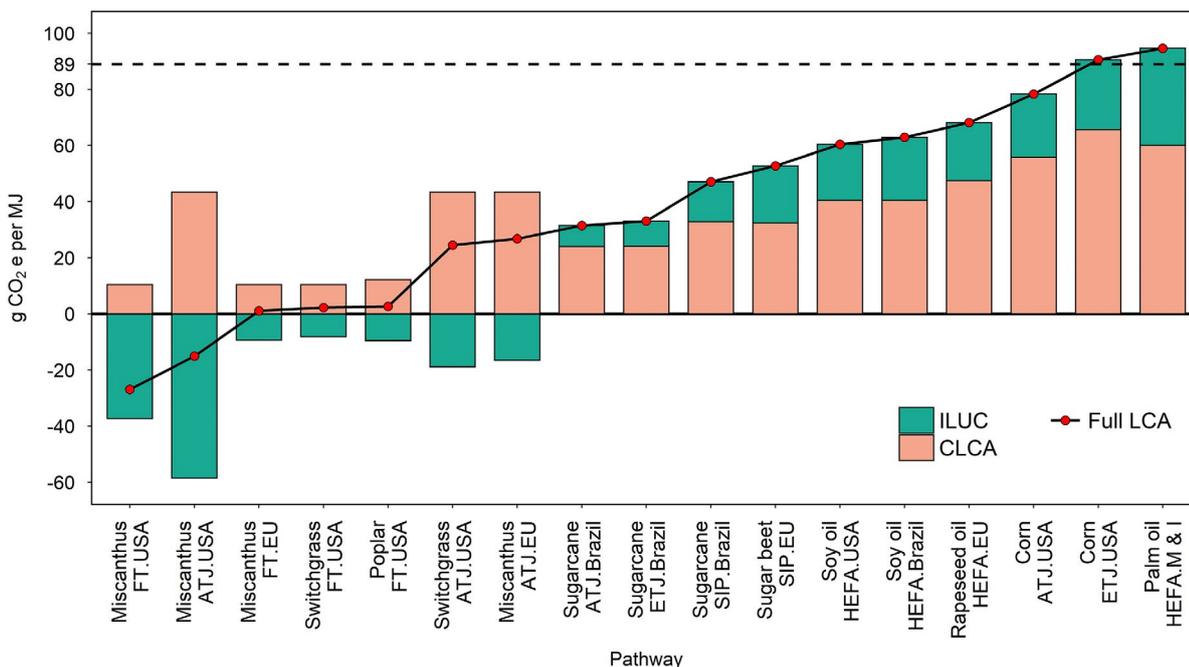
Zhao *et al.* (2021) analisaram a intensidade de emissão de ILUC para dezessete combinações de produção de SAF consideradas pela OACI, abrangendo cinco rotas de tecnologias certificadas pela ASTM (ATJ, ETJ,<sup>20</sup> SIP, HEFA, FTJ) e nove matérias-primas baseadas em biomassa e quatro regiões geográficas, que incluem Estados Unidos, UE, Brasil e uma região agregada da Malásia e Indonésia. As matérias-primas selecionadas foram as que apresentaram vantagens comparativas, conforme a ilustração abaixo.

Analisam no caso brasileiro a HEFA com soja, SIP, ATJ e ETJ com cana-de-açúcar. Demonstram que no caso do óleo de soja para HEFA no Brasil é semelhante ao do óleo de palma para HEFA na Malásia e Indonésia. Isso porque consideram que o Brasil tem uma taxa de desmatamento relativamente mais alta e fatores de emissão associados em comparação com seus concorrentes produtores de óleo de soja (por exemplo, os EUA). Além disso, afirmam que o impacto das elasticidades de Armington<sup>21</sup> na SIP, a partir da cana-de-açúcar, no Brasil é insignificante, argumentando que isto é devido porque a cana-de-açúcar não é comercializada diretamente e o efeito do choque nos mercados globais de açúcar é pequeno.

20. Os autores usam Alcool (isobutanol)-To-Jet (ATJ), and Alcool (ethanol)-To-Jet (ETJ).

21. Elasticidade de substituição entre bens de origem doméstica e importada.

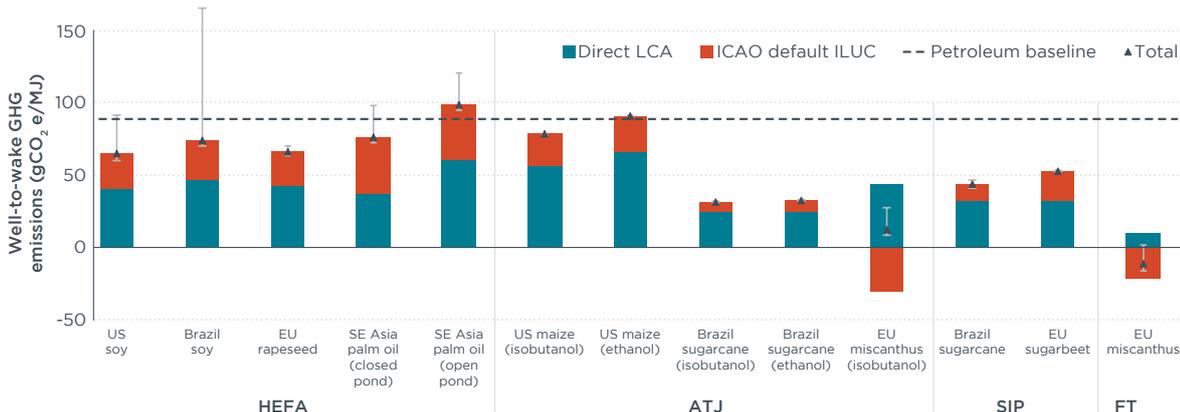
Gráfico 4. Intensidade de emissão do ciclo de vida completo para combustíveis de aviação sustentáveis



Fonte: Zhao et al. 2021, p. 10

Pavlenko e Searle (2021, p. 13) também comparam só as rotas e suas matérias-primas no Brasil, mas também com Europa e Estados Unidos, de acordo com o ciclo de vida (LCA) considerando “well-to-wake” (WtWa), e o uso indireto da terra (iLUC) no padrão da ICAO, em relação à linha de base do petróleo. A ilustração a seguir representa os resultados comparativos:

Gráfico 5. Emissões de GEE do tipo Well-to-Wake para SAFs baseados em suas matérias-primas em relação à linha de base do combustível de aviação de petróleo



Fonte: Pavlenko e Searle. 2021, p. 13.

Os combustíveis derivados da cana-de-açúcar e da beterraba, segundo os resultados de Pavlenko e Searle (2021), têm maior economia de GEE, em grande parte devido aos altos rendimentos e eficiências dessas matérias-primas, que se traduzem em menor produção direta e emissões de ILUC. O caminho SIP tem emissões mais altas, provavelmente refletindo menores eficiências de conversão de matéria-prima do que ATJ, resultando em maiores emissões diretas e ILUC por combustível MJ produzido. As emissões de HEFA de soja e palma podem exceder a linha de base do petróleo.

Além das safras mais proeminentes – em especial, cana-de-açúcar, eucalipto e soja –, outras colheitas podem ser utilizadas para a produção de biocombustíveis de aviação. Porém, para tal, serão necessários investimentos em pesquisa e desenvolvimento e inovação (PD&I) para promover o alto rendimento destas safras de maneira comercial, assim como para reduzir custos e solucionar questões de colheita. Ademais, aprimoramentos logísticos são necessários no país como um todo, devido à baixa qualidade da infraestrutura brasileira e ao valor reduzido das matérias-primas (BOEING *et al.*, 2013).

As rotas FT e HEFA são consideradas economicamente viáveis, porém a mais utilizada refere-se à rota HEFA. Porém, devido à limitação da disponibilidade de matérias-primas devido à utilização para produção de combustíveis rodoviários, a rota HEFA ainda possui restrições na sua produção (ROITMAN, 2018). O trabalho de Peres *et al.* (2021) ressalta que coprodutos da produção do biodiesel, tanto na fase agrícola, ou industrial da produção do biodiesel) podem ser utilizadas como matérias-primas para produção de bioQAV, através das rotas SPK-FT, SPK/A-FT, SPK-ATJ, SIP.

Ao analisar o potencial brasileiro, Klein *et al.* (2018) identificam que a disponibilidade de matéria-prima, em especial cana-de-açúcar e outras biomassas, destacam o Brasil no mercado mundial. Ademais, considerando a utilização de matérias-primas em cadeias produtivas referentes às produções de etanol e biodiesel, recomenda-se a utilização de diferentes fontes na implementação de biocombustíveis de aviação (KLEIN *et al.* 2018; SOUZA *et al.*, 2018). De acordo com Capaz *et al.* (2020), as rotas tecnológicas que dependem menos dos *inputs* industriais demonstraram melhores performances. Neste sentido, a rota FT seguida da fermentação de gases de síntese produziram uma redução das emissões de GEE de mais de 75%, sem apresentar *trade-offs* ambientais. Ademais, a rota HEFA também representa boa alternativa, apesar de a demanda por hidrogênio ser categorizada como um empecilho (CAPAZ *et al.*, 2020).

Tendo em vista os diversos atores do setor, Souza *et al.* (2018) concluíram que, apesar de existirem diversas iniciativas para alcançar um mercado competitivo no Brasil, incluindo a academia, o governo e a cadeia produtiva, a coordenação entre os diferentes projetos não estava sendo efetiva naquele momento.

Por outro lado, considerando os efeitos positivos da indústria de biocombustíveis no Brasil, Wang *et al.* (2019) identificaram critérios socioeconômicos relevantes, como o aumento do PIB e diminuição das taxas de desemprego. Nessa análise, foram desenvolvidos quatro cenários distintos, nos quais havia três combinações potenciais de tecnologias e matérias-primas para a produção de biocombustível para aviação avaliadas: cana-de-açúcar por ATJ, macaúba por HEFA e eucalipto por FT. Os autores estimam que a produção de biocombustível para aviação pode gerar aproximadamente 12.000 a 65.000 empregos, injetando de 200 a 1100 milhões de dólares para o PIB do Brasil nestes diferentes cenários com diferentes cadeias de abastecimento. Porém, para que estes indicadores sejam alcançados, esforços de desenvolvimento profissional e realocação de mão-de-obra trabalhadora devem ser realizados.

Os potenciais brasileiros para SAF são reconhecidos por outros países. Um exemplo é que o fundador e CEO da Atmosfair Dietrich Brockhagen (2021) declarou que a empresa tem intenção de abrir uma planta no Brasil dez vezes maior que a sua planta de Emsland.

## 4. Sugestões para a criação de um sistema de governança no Brasil

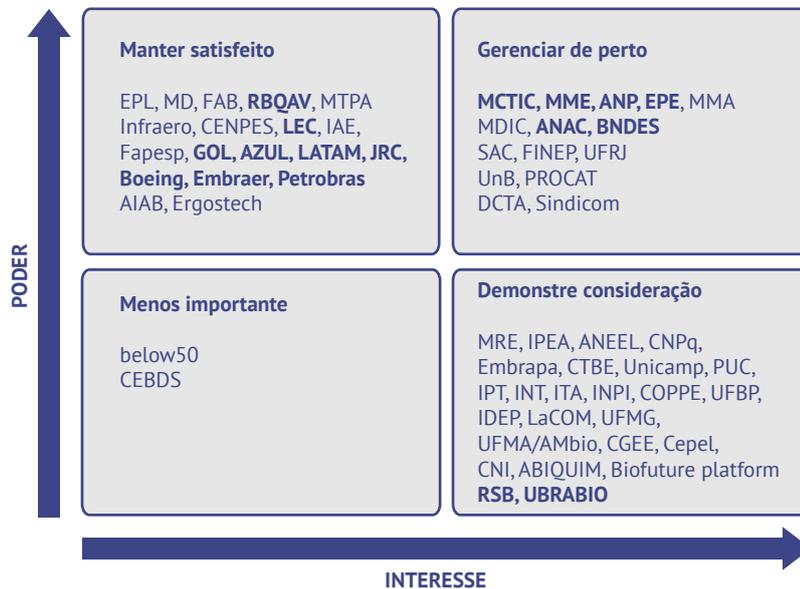
Nesta seção, serão explorados alguns pontos que podem servir de recomendação para a formulação do marco regulatório de SAF no Brasil.

### 4.1. Sugestões de envolvimento de atores chaves

Idealmente, qualquer política pública deve ter amplo debate com os diferentes entes da sociedade. No caso da formulação de uma política que avance na regulamentação e promoção de SAF no Brasil, deve prezar por ter audiências com representantes de todos os elos da cadeia produtiva.

Previamente, o estudo de [Roth \(2018\)](#) havia identificado os *stakeholders* relacionados ao Projeto Proqr, dividindo-os em setor privado, setor público e academia. Em seu trabalho também foi desenvolvida a matriz de poder *versus* influência, conforme a representação abaixo, na qual destacamos em negrito os atores que estão envolvidos no ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro.

Figura 9. Matriz Stakeholders (Setores público, privado e academia) – Projeto ProQR



Fonte: Adaptado de [Roth \(2018, p. 49\)](#).

Nesse sentido, assim como foram experiências anteriores como as do Japão que teve 56 *stakeholders*, ou mesmo o caso do México que teve 500, o Subcomitê [ProBioQAV](#) do Programa Combustível do Futuro já tem buscado a mobilização e o engajamento das partes interessadas. Esta participação será explorada no item 7.

Além deste, há o subcomitê de PD&I que também busca verificar formas de incentivar o desenvolvimento de SAF no Brasil. Todas as iniciativas analisadas nos países selecionados revelam que a colaboração multi-*stakeholder* foi fundamental para desenvolver o arcabouço legal e de desenvolvimento tecnológico de SAF. Nesse sentido, a participação de produtores de biocombustíveis, fabricantes de aeronaves e motores (turbinas), empresas aéreas é importante para legitimar a posição governamental e evitar processos de judicialização posterior.

Cabe ainda ressaltar que seria importante que houvesse o engajamento de associações que representam passageiros, consumidores de forma mais ampla, ONGs ambientalistas. A cooperação com órgãos internacionais como a ALTA, IATA e representantes da OACI podem ser de grande valia para troca de experiências (boas práticas) e informações. A oportunidade de retomar a parceria estratégica com os Estados Unidos para desenvolvimento de SAF é também importante nesse sentido. Outro aspecto é que as próprias empresas aéreas já têm feito seus anúncios para alcançarem zero emissões líquidas (net zero) em 2050, como é o caso da GOL Linhas aéreas, LATAM, Azul entre outras.

## 4.2. Sugestões de instrumentos de governança

Cortez et al. (2014, p. 224) já defendiam que o país deveria implementar melhorias nas suas políticas regulatórias que fossem capazes de monitorar e antecipar as ações regulatórias da OACI. A conclusão dos autores é que, dessa maneira, as regulações internacionais seriam importantes para promover uma indústria de biocombustível para aviação no Brasil. Conclusão também vista em Soares et al. (2018) que inclusive recomendou que o país já fosse voluntário na primeira fase do CORSIA.

Os vários relatórios e artigos analisados durante nossa pesquisa, assim como os *roadmaps* de alguns países, apontam para a necessidade de um mandato como impulsor da demanda por esses combustíveis sustentáveis de aviação. Mas deve-se pensar na forma como o sistema é formulado para se evitar frustrações que ocorreram no início do RFS dos Estados Unidos, por exemplo, que incluíam metas muito ambiciosas ao etanol de segunda geração.

Ainda que o Renovabio já tenha metas anuais derivadas da meta de descarbonização que poderiam ser adaptadas à entrada de bioquerosene, um mandato específico pode representar um estímulo maior para o setor. Nesse modelo baseado no mercado, há a negociação de crédito para facilitar a conformidade de forma mais eficaz. Os créditos podem ser comercializados entre produtores de combustíveis alternativos e as partes obrigadas. Para garantir a conformidade, há uma penalidade de não conformidade, em que as partes obrigadas, como os refinadores ou os distribuidores no caso do Brasil, pagam uma multa devido ao não cumprimento com sua obrigação.

A combinação dessas abordagens cria um ambiente propício para a adesão aos SAF, em que sua mistura é econômica e compensatória. Por sua vez, um incentivo governamental direto para produtores pode ser normalmente financiado pelos fornecedores ou produtores de combustíveis fósseis, que podem, em seguida, repassar esses custos aos consumidores na forma de preços de combustível mais elevados. Também nos EUA adotam-se créditos tributários aos misturadores ou aos produtores de matérias-primas. Deve-se avaliar, no entanto, se valem mesmo a pena e se poderia existir um prazo final assim que a indústria de SAF atingisse maturidade e escalas comerciais significativas.

De todo modo, considerando que um mandato é mais efetivo do que um sistema voluntário, há outra questão a se definir que serão os processos de certificação para habilitação do produtor de SAF no sistema de *compliance*. Nesse momento, seria extremamente importante que os critérios seguissem os mesmos padrões consolidados do CORSIA, lembrando que, em sua concepção, a Renovacalc já previa a inserção das rotas de produção do bioquerosene. Nesse sentido, a RSB tem trabalhado em uma harmonização destes mecanismos. Há também argumentos que reforçam como premissa usar matérias-primas que não competem com alimentos, visando, inclusive, a exportação do produto para Europa, por exemplo.

Outra forma de fornecer apoio financeiro direto pode ser por meio de um mecanismo de leilão central, sintetizando várias abordagens para oferecer um método eficiente de promoção ampliando a indústria SAF avançada. Nesta abordagem, também chamada de “Contratos por Diferença” (CfD), múltiplos projetos potenciais competem em um leilão reverso para identificar os projetos de custo mais baixo que podem fornecer combustível ao preço mais baixo. O projeto vencedor, então, entraria em um contrato com o órgão de leilão ou o governo para uma quantidade fixa de combustível produzida ao longo de determinado período, idealmente pelo menos 10 anos para reduzir a incerteza da política. Durante a duração do contrato, o órgão de leilão ou governo compensaria o produtor até o nível do piso de preço estabelecido pelo leilão, elevando o produtor àquele nível sempre que o valor de mercado do combustível é inferior ao preço mínimo.

Os financiamentos com taxas especiais podem ser muito importantes para esse tipo de investimento de alto risco. Os empréstimos podem ser vinculados ao cumprimento de metas de sustentabilidade específicas, são uma opção aos empréstimos tradicionais. Em contraste com os instrumentos como Títulos Verdes (Green Bonds), eles não vêm com restrições sobre como seus rendimentos podem ser usados (HUMPHRIS-BACH et al., 2020).

Como medida mais extrema, poderia ser considerado estabelecimento de um *carbon tax* como “penalidades” pelas emissões de carbono. Alguns aeroportos têm anunciado mecanismos de *cap-and-trade* também.

### 4.3. Sugestões de diretrizes e linhas prioritárias de PD&I para incentivo e fomento ao SAF

Os anúncios feitos pelo governo Biden sinalizam US\$ 4,3 bilhões de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e programas para viabilizar os incentivos à SAF. Historicamente este país já vem investindo altas somas em programas de fomento a novas rotas tecnológicas, plantas pilotos e de demonstração, além de melhoramento das matérias-primas disponíveis.

O apoio financeiro direto para SAFs pode incluir uma variedade de financiamentos governamentais, incluindo subsídios à produção, subsídios para gastos de capital, aquisições, contratos e empréstimos a juros baixos. O apoio direto à política pode ser implementado em uma perspectiva de longo prazo para apoiar tecnologias que enfrentam desafios técnicos e comerciais, mas que podem ter grande potencial de descarbonização. Se aplicado de forma criteriosa, o apoio financeiro direcionado pode apoiar os primeiros estágios de comercialização de tecnologias promissoras e ajudá-los a superar a lacuna de viabilidade até que as curvas de aprendizagem e economias de escala reduzam os custos posteriormente. Tal como acontece com os mandatos, o apoio financeiro direto seria mais eficaz quando limitado às vias SAF que

proporcionam fortes reduções de GEE em comparação com o combustível fóssil para aviação. O financiamento da concessão também pode ajudar os projetos a proteger os investidores e ajudar os produtores emergentes de tecnologias de alto risco.

As linhas de financiamento podem beneficiar rotas de produção específicas de acordo com seu grau de maturidade (TRL). Dessa forma, é preciso um debate que aproveite os arranjos produtivos locais/regionais. Outro aspecto que deve ser considerado é que, ainda que a rota HEFA seja a mais utilizada atualmente, há previsões da [ICF \(2021\)](#), por exemplo, nas quais se sugere que haverá um aumento mundial do desenvolvimento na opção de PtL a partir de 2040, quando devem atingir escala de desenvolvimento mais avançado, com diminuição de custos de produção.

O Brasil realmente precisará direcionar esforços nesse sentido. Tanto Embrapii quanto BNDES já se manifestaram a favor de linhas específicas que fomentem a produção de SAF. As cláusulas de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), presentes nos contratos para exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás natural presentes na [Resolução n. 799/2019](#), podem ser um importante *driver*. Outras opções podem vir de TED ou de cooperação técnica internacional.

Em suma, baseando-se nos aspectos observados pelos países analisados será essencial que o Brasil busque os seguintes instrumentos:

1. Mandato de consumo para garantir a demanda de SAF no longo prazo;
2. Incentivos em PD&I e financiamentos para SAF;
3. Apoio para certificações de matérias-primas e rotas tecnológicas de acordo com os critérios do CORSIA;
4. Viabilidade de harmonização do Renovabio com o CORSIA;
5. Incentivos tributários aos produtores de SAF podem ser um estímulo adicional.



## 5. Análise das Resoluções da ANP e ASTM

Considerando que os combustíveis alternativos são aqueles produzidos a partir de processos e matérias-primas não oriundas do petróleo, e os combustíveis sustentáveis são combustíveis alternativos que possuem um efeito de redução das emissões de gases do efeito estufa quando somadas todas as emissões do seu ciclo de vida e comparadas às do combustível de origem fóssil. Ao tratar de combustíveis alternativos, duas certificações se destacam: a certificação técnica do combustível, com foco na segurança e na distribuição do combustível; e a certificação de sustentabilidade do combustível, que estabelece parâmetros para o controle de emissões de GEE.

A certificação técnica é analisada e expedida pelo Comitê especializado da ASTM, responsável pela especificação ASTM D1655. Como já assinalado, essa especificação define os requisitos mínimos de propriedade para o combustível de turbina de aviação Jet A e Jet A-1 e lista os aditivos aceitáveis para uso em aeronaves e motores civis e militares. A especificação D1655 foi desenvolvida inicialmente para aplicações civis, mas também foi adotada para aeronaves militares. A ANP é o organismo brasileiro que acompanha esses parâmetros no ordenamento interno, incorporando as especificações de combustíveis alternativos de aviação para internalizar esta norma no país.

Note-se que, segundo informa a Agência Nacional de Aviação Civil ([ANAC, 2019](#)), a certificação de sustentabilidade é acompanhada pela agência brasileira junto ao Fuels Task Group (FTG), subgrupo do Comitê de Proteção Ambiental da Aviação (CAEP), da OACI. O Comitê avalia as discussões do grupo e submete as sugestões ao crivo da OACI, e posteriormente incorporado ao Volume IV do Anexo 16 à Convenção de Chicago. A Convenção de Chicago, de 4 de abril de 1947, é um tratado internacional responsável pelo estabelecimento das bases do Direito Aeronáutico Internacional até hoje em vigor. O texto da Convenção é complementado por 19 anexos que têm a função de estabelecer padrões e práticas recomendadas para a aviação civil internacional. O Anexo 16 trata sobre proteção ao meio ambiente. Após a incorporação da certificação de sustentabilidade à Convenção de Chicago, ocorre o aceite à regulamentação da Anac.

Isso posto, reconhece-se que a comunidade da aviação está focada na implementação de combustíveis alternativos e fungíveis. Estes combustíveis alternativos são hidrocarbonetos puros e devem funcionar de maneira idêntica ao combustível de aviação derivado do petróleo. A fungibilidade desses combustíveis mostra-se essencial para que atenda aos padrões da infraestrutura de abastecimento de aviação, às características dos sistemas de abastecimento de combustível nos aeroportos e, ainda, em razão do alto custo e lentidão da renovação da frota de aeronaves ([ANAC, 2019](#)).

A viabilidade técnica para a alteração regulatória é avaliada em estudo conduzido pela ANP, com participação da Anac, da Secretaria de Aviação Civil (SAC) e de outros órgãos públicos, empresas e associações nacionais e internacionais do setor, além da ASTM.

O objetivo dessa seção é analisar, por comparação com o QAV fóssil, a aplicabilidade e a necessidade de adequação do arcabouço institucional, legal e normativo vigentes no território nacional dos SAF. Esta está subdividida em três partes, sendo a primeira focada nas normas da ASTM, a segunda apresenta as resoluções da ANP sobre o tema e, por fim, a terceira faz um comparativo entre estas.

## 5.1. Análise da ASTM

Quando se tornam economicamente viáveis e comercialmente disponíveis, os SAF podem contribuir com a melhoria da qualidade do ar pela redução dos GEE do ciclo de vida da aviação. Porém, para que possam ser considerados substitutos alternativos e complementares ao combustível fóssil tradicional, é necessária a observância de diversos critérios técnicos, econômicos e jurídicos. Nos EUA, a organização CAAFI coordenou o trabalho para formalizar a certificação de combustíveis sustentáveis, com apoio do Departamento de Defesa ([SUSTAINABLE AVIATION, 2020](#)). Esta coordenação minimizou a duplicação de esforços para testar novos combustíveis.

De acordo com a IATA (2015), em seu *Guidance Material for Sustainable Aviation Fuel Management*, a **ASTM International**, antes conhecida como American Society for Testing and Materials (ASTM), é a responsável por produzir e editar as especificações técnicas de uma variedade de produtos, inclusive o querosene de aviação, fóssil ou alternativo. A ASTM busca o consenso entre as partes consultadas, alcançando reconhecimento mundial. Ainda segundo a IATA, a primeira edição da **D1655**, cujo nome é **Standard Specification for Aviation Turbine Fuels**, deu-se em 1959. Hoje, após diversas alterações desde então, a norma ASTM D1655 abrange os combustíveis convencionais Jet A e Jet A-1. O Jet A é o combustível de jato mais comum nos Estados Unidos, enquanto o Jet A-1 é usado na maior parte do mundo ([IATA, 2015](#)).

Assim como ocorre com o combustível fóssil, os SAF precisam atender aos padrões internacionais de combustível. A ASTM dos EUA apresenta a Especificação D1655 e o Ministério da Defesa do Reino Unido **STAN 91-091**. O combustível deve ser rastreável e a qualidade assegurada em cada etapa do ciclo produtivo. Primeiramente, vejam-se os critérios para comercialização de SAF, conforme analisados no *Guidance for Selling Alternative Fuels to Airlines*:

- Certificação de combustível: Conformidade com a certificação ASTM International (ou equivalente)
- *Drop-in*: compatibilidade completa com a infraestrutura existente de armazenamento, transporte e manuseio e motor, aeronave e outros equipamentos existentes;
- Confiabilidade de fornecimento e entrega no prazo: As companhias aéreas colocam ênfase especial na confiabilidade de fornecimento e entrega pontual e de acordo com as especificações do combustível; qualquer fornecedor de combustível de aviação para as companhias aéreas, seja convencional ou alternativo, deve atender aos rigorosos requisitos de entrega e disponibilidade do produto que as companhias aéreas exigem para operar seus voos diariamente, durante todo o ano;
- Benefício ambiental:
- Conformidade com os critérios aceitos para ser mais ecologicamente correto do que o combustível de aviação tradicional, em particular, resultando em um perfil de emissões de GEE do ciclo de vida reduzido, sem comprometer usos críticos de matérias-primas relevantes;
- Reduções nas emissões locais de qualidade do ar, como partículas e compostos de enxofre, comparado ao combustível convencional; ([CAAFI, 2013, p. 3](#))

O padrão internacional de segurança de combustível de aviação foi desenvolvido e é periodicamente revisado com base nos princípios, regras e recomendações internacionais de padronização, hoje compiladas nas normas ASTM D1655 e **D7566**, chamada **Standard Spe-**

**cification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons.** Essas normas compilam uma série de especificações necessárias para a fabricação e aprovação de combustível de aviação convencional e com compostos sintéticos. A D1655 estabelece especificações para compras de combustível de turbina de aviação sob contrato. Ainda que não inclua todos os tipos de combustível de aviação, ela define os critérios para JET A e JET A-1, como devem ser amostrados e testados, especialmente quanto à volatilidade, fluidez, combustão, corrosão, estabilidade térmica, contaminantes e aditivos.

A D7566 aplica-se apenas no ponto de origem, a saber, o combustível de turbina de avião fabricado, certificado e liberado conforme todos os requisitos presentes na Tabela 1 do D7566, que atenda aos requisitos ali expostos e seja considerado como combustível de turbina da Especificação D1655. Assim, afasta-se a necessidade de duplicação de testes, uma vez que os mesmos dados podem ser usados para conformidade com o D7566 e com o D1655 (D7566, 1. *Scope*). Assim que o combustível for liberado sob a especificação D7566, os requisitos exclusivos desta especificação não são mais aplicáveis: qualquer recertificação deverá ser feita mediante especificações da Tabela 1 do D1655.

São as seguintes as misturas de combustível tratadas pela D7566: misturas de querosene parafínico sintetizado (SPK), conforme descrito no Anexo A1 (FT SPK), Anexo 2 (HEFA SPK), Anexo A3 (SIP), Anexo A4 querosene parafínico sintetizado com aromáticos (SPK/A), Anexo 5 (ATJ), jato de hidrotermólise catalítica do Anexo A6 (CHJ) ou Anexo A7 (HC-HEFA SPK) com combustível D1655 (que pode ter origem como combustível D7566), hipótese em que deve ser considerada a origem do lote e, nesse caso, todos os requisitos da Tabela 1 da D7566 se aplicam e devem ser observados. Vale ressaltar que os programas de teste de conformidade de curta duração não são suficientes para garantir a qualidade do transporte. Nesse caso, o combustível deverá ser considerado pela D1655 após a certificação e liberação, conforme descrito no item 1.2.1 da norma.

A tabela abaixo apresenta informações sobre as rotas de forma sintetizada, bem como destaca as organizações que as desenvolveram e quais as comercializam. Os volumes máximos de mistura com o querosene fóssil também estão na tabela. As matérias-primas utilizadas em cada rota foram especificadas já na seção 3.4.

Tabela 7. Rotas Tecnológicas aprovadas pela ASTM (2009-2020)

ASTM Anexo D7566	Rota tecnológica	Matérias-primas possíveis	Limite de Mistura (%)	Data	Desenvolvedor	Comercializador	TRL	% redução Emissões*
A1	FT-SPK	Carvão, gás natural e biomassa	50	2009	Sasol, Shell, Velocys, Johson, Mathey, BP	Sasol, Shell, Fulcrum, Red Rock, Velocys, Loring, Clean Planet Energy	7-8	86-91
A2	HEFA-SPK	Bio-óleo, gordura animal e óleo reciclado	50	2011	UOP/ENI, Axens, IFP, Neste, Haldor-Topsoe, UPM, Shell, REG	World Energy, Neste, Total, SkyNRG, SGPreston, Preem, muitas que usam pro diesel verde	8-9	33-77
A3	HFS-SIP	Biomassa	10	2014	Amyris	Amyris / Total	5-7	63-64
A4	FT-SKP/A	Carvão, gás natural e biomassa	50	2015	Sasol, Rentech	nenhum anúncio	5-6	86-91
A5	ATJ-SPK	Etanol e isobutanol	50	2016	Gevo, Lanzatech (pedente Swedish Biofuels, Byogy)	Gevo, Lanzatech	6-7	73-26
A6	CH-SK ou CHJ	Óleo vegetal	50	2020	ARA / CLG	ARA, Wellington, UrbanX, Euglena	6	n.d.
A7	HHC-SPK ou HC-HEFA	Algas	10	2020	IHI Corporation	IHI	5	n.d.

\*% emissions savings compared to fossil-kerosene baseline of 89 g CO<sub>2</sub>eq/MJ

Fonte: Elaboração própria, 2011. Dados de [Csonka \(2021\)](#); [Soares et al. \(2021\)](#); [IRENA \(2019\)](#); [Bauen et al. \(2020\)](#); [Destination 2050 \(2021\)](#); [Humphris-Bach et al. \(2020\)](#).

Quanto ao escopo da D7566, a norma pode ser usada como um padrão para descrever a qualidade do combustível de turbina de aviação desde a produção até a aeronave. No entanto, não define os testes de garantia de qualidade e nem os procedimentos necessários para garantir que o combustível no sistema de distribuição siga as especificações após a certificação. Esses procedimentos são cobertos por outros normativos, como, por exemplo, OACI 9977, EI/JIG Standard 150, JIG 1, JIG2, API 1543, API 1595, ATA 103 ([ASTM, D7566](#)).

De acordo com a norma ASTM D7566, o SAF puro deve ser misturado com o combustível de jato convencional para atender a todos os requisitos na Tabela 1 da norma. A mistura de SPK-FT e SPK-HEFA é permitida em até 50% com combustível de jato convencional, enquanto o SPK-SIP só pode ser misturado em até 10%. A IATA explica que assim que a mistura com SPK é certificada com base nos requisitos na Tabela 1 da ASTM D7566, o combustível poderá ser considerado como combustível de jato ASTM D1655 a partir de então. Segundo a IATA, essa é uma característica fundamental da ASTM D7566, porque se a mistura SPK for certificada sob as regras da ASTM D7566, será permitido ser fabricado, armazenado e distribuído como combustível de aviação convencional ([IATA, 2015](#)).

O processo de certificação da ASTM para SAF é não só tecnicamente complexo, como dele participam diversas partes interessadas, sobretudo fabricantes de aeronaves e suas partes. Os testes consistem em analisar os resultados do efeito do SAF sobre os componentes de modo a garantir que o combustível seja compatível com a infraestrutura e equipamentos de combustível existentes. Segundo explica a IATA, em seu Guia *Guidance Material for Sustainable Aviation Fuel Management*, a abordagem de definição de padrões é muito conservadora e os limites da porcentagem de mistura, entre outras padronizações, são definidos para certificar-se de que a mistura de combustível é adequada para o propósito em ambientes operacionais comuns. Portanto, é esperado que novos anexos sejam adicionados ao ASTM D7566, conforme outros combustíveis sintéticos e novos tipos de combustível de aviação sejam aprovados. Ademais, novas rotas estão sendo avaliadas e propostas com 100% de substituição, de modo que nenhuma mistura com combustível de jato convencional venha a ser necessária (IATA, 2015).

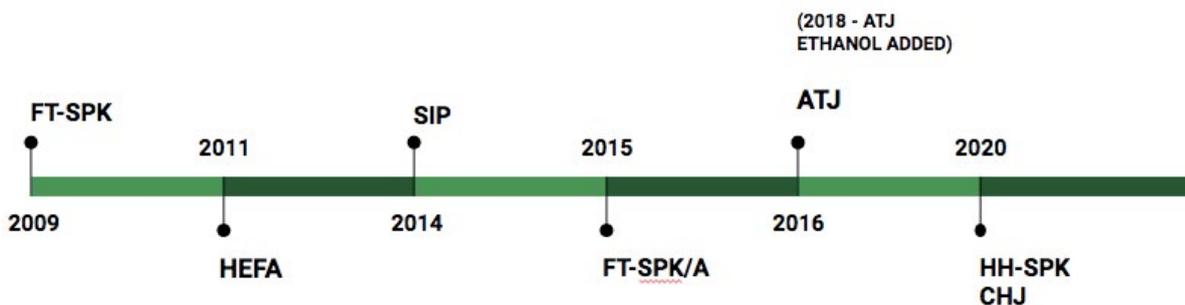
Os padrões são conservadores e criteriosamente definidos para garantir que a mistura de combustível seja segura quando utilizada comercialmente. Conforme novas pesquisas sejam aprovadas, outros anexos deverão ser adicionados ao ASTM D7566, com critérios para novos materiais, tipos de combustível e rotas, inclusive para possibilitar uma substituição completa de combustíveis fósseis por SAF. Segundo o *Sustainable Aviation Fuel Review* do US Department of Energy (2020), o processo de certificação do D7566 exige os seguintes passos:

1. Os produtores de combustível elaboram um relatório de pesquisa em Fase 1, com base nos resultados de Tier 1 e Tier 2;
2. Os fabricantes de motores de aeronaves revisam o relatório de pesquisa preliminar com os requisitos necessários para os testes de Tier 3 e 4;
3. Os produtores de combustível elaboram um relatório de pesquisa de Fase 2 revisado seguindo o Tier 3 e 4;
4. Os fabricantes de motores de aeronaves revisam o relatório de pesquisa preliminar;
5. Os produtores de combustível preparam o relatório de pesquisa final incorporando o feedback dos fabricantes;
6. O subcomitê da ASTM vota no relatório de pesquisa final da Fase 2;
7. O comitê completo da ASTM vota as especificações a serem adicionadas a ASTM D7566. (United States (DOE), 2020, p. 17)

Outra norma de destaque é a ASTM D4054, Standard Practice for Evaluation of New Aviation Turbine Fuels and Fuel Additives, que fornece os procedimentos para desenvolver pesquisas para novos SAF, mudanças nos combustíveis de turbina de aviação já existentes ou novos aditivos de combustível de turbina de aviação. Essa norma permite padronizar as pesquisas de desenvolvimento dos combustíveis e derivados, além da emissão de novas especificações ou revisões de especificações para esses produtos. A norma ASTM D4054 também auxilia na padronização da metodologia de avaliação do efeito de materiais incidentes nas propriedades e no desempenho do combustível de aviação (ASTM). Embora não seja um guia de aprovação em si nem inclua todos os critérios necessários para aprovação de um combustível ou aditivo, a D4054 descreve os requerimentos necessários para que testes e análises sejam considerados válidos para gerar dados em apoio ao desenvolvimento e revisão de especificações de SAF. De acordo com a D7566, os componentes de mistura sintética, combustíveis sintéticos e misturas de combustíveis sintéticos com combustíveis derivados de petróleo convencionais devem ser avaliados e aprovados em acordo com os princípios da norma D4054. Segundo o *Sustainable Aviation Fuel Review*, em janeiro de 2020, a ASTM aprovou um *Fast Track* como anexo à

D4054, para facilitar e atender os requisitos de verificação do combustível convencional com um limite de mistura de no máximo 10% com JET A ou JET A-1. Abaixo está a linha do tempo das aprovações de SAF pela ASTM:

**Figura 10.** Linha do Tempo das aprovações das rotas de SAF pela ASTM



Fonte: Elaboração nossa, baseado em [IATA \(s.d.\)](#).

## 5.2. Análise das Resoluções ANP

A ANP possuía a [Resolução ANP n. 37/2009](#), na qual tratava a especificação do querosene de aviação, destinado exclusivamente ao consumo em turbinas de aeronaves, comercializado por produtores, importadores, distribuidores e revendedores, em todo o território nacional. Posteriormente, a [Resolução n. 63/2014](#) estabeleceu as especificações dos Querosenes de Aviação Alternativos, admitido as três rotas aprovadas na ASTM até aquele momento: o querosene parafínico sintetizado por Fischer-Tropsch (SPK-FT), querosene parafínico sintetizado por Ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (SPK-HEFA) e o Iso-parafinas sintetizadas (SIP). Além disso, incluiu especificações do Querosene de Aviação B-X (QAV B-X) contidas em seu Regulamento Técnico e as obrigações sobre controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam esses produtos em todo o território nacional.

Ambas as resoluções foram substituídas pela Resolução n. [778/2019](#), sendo que havia recebido as contribuições Embraer, Ubrabio, Petrobras, Transpetro, TEC-UFMG, GOL, Plural e Abear na [Consulta e Audiência pública n. 27/2018](#) em 19 de dezembro de 2018. A 778 incorporou as rotas de querosene parafínico sintetizado com aromáticos (SPK/A) e querosene parafínico sintetizado por álcool (SPK-ATJ) que haviam sido aprovadas pela ASTM em 2015 e 2016 respectivamente. A norma previa que o querosene de aviação C (QAV-C) era a mistura do QAV fóssil (QAV-1) com o querosene alternativo, obedecendo porcentagens de mistura de 50% para as rotas SPK-FT, SPK-HEFA, SPK/A e SPK-ATJ e de 10% para SIP.

Já a Resolução n. [779/2019](#) alterou a [Resolução ANP n. 17/2006](#) e a n. [18/2006](#), pois havia atualizado definições de querosene de aviação C (QAV-C) e querosene de aviação alternativo, bem como vedava a importação de QAV-C.

Como a produção do querosene alternativo tem como subproduto o diesel verde, pois como a própria Nota Técnica SEI n. 36442/2020/ME destaca “Ademais, a oferta do diesel verde no mercado permite que se viabilize a produção do bioquerosene de aviação, contribuindo ainda mais para elevar a oferta de biocombustíveis”. Por isso, é de extrema importância também

destacar que a audiência pública n. 3/2020 sobre sua regulamentação, mas a Resolução n. 842/2021 apenas foi publicada em maio de 2021.

Um dos tipos de diesel verde é o óleo vegetal hidrotratado (da sigla em inglês, HVO), biocombustível obtido da hidrogenação de óleos residual, de soja, de palma e gordura animal, a partir do qual podem ser produzidos combustível para aviação, bionafta e biopropano (EPE, 2020). O HVO é produzido pelos mesmos processos produtivos dos SAF e deve atender às especificações estabelecidas no Anexo da RANP 842/21. A certificação da qualidade do diesel verde comercializado deve ser emitida pelo produtor, com a identificação da rota de produção, a matéria-prima utilizada, além das informações exigidas no Anexo da Resolução (art. 14, que altera a Resolução ANP n. 828/2020).

Vale ressaltar que, diferentemente do diesel verde, a Lei n. 11.097/2005 define o biodiesel como o biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (art. 4º). Já o art. 2º da Resolução ANP n. 42/2004, define biodiesel B100 como o combustível composto de alquilésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais. Por sua vez, o art. 2º da Resolução ANP n. 14/2012 define *biodiesel* como o combustível composto de “alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e/ou esterificação de matérias graxas, de gorduras de origem vegetal ou animal”. Ao adicionar biodiesel ao diesel A, este passa a ser diesel B.

A Resolução ANP n. 842 entrou em vigor no dia 14 de maio de 2021 e estabeleceu a especificação do diesel verde, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que o comercializam em território nacional. O diesel verde abrangido pela Resolução é obtido a partir do hidrotratamento de óleos vegetais (*in natura* ou residual), óleos de algas, de microalgas, e gorduras animais, ácidos graxos de biomassa, de gases de síntese obtidos da gaseificação de resíduos orgânicos, como a biomassa, oligomerização de álcool etílico (etanol) ou isobutílico (isobutanol) e, ainda, da hidrotermólise catalítica de óleo vegetal (*in natura* ou residual). Em apertada síntese, o diesel verde é um combustível renovável que possibilita a plena substituição do combustível fóssil, podendo ser produzido a partir do hidrotratamento de óleo vegetal, gordura animal, cana de açúcar, álcool, biomassa, entre outras matérias-primas. A Resolução ANP n. 842/2021 abrange o diesel verde produzido a partir das seguintes rotas e matérias-primas:

- I. hidrotratamento de óleo vegetal (*in natura* ou residual), óleo de algas, óleo de microalgas, gordura animal e ácidos graxos de biomassa, bem como de hidrocarbonetos bioderivados pelas microalgas *Botryococcus braunii*;
- II. gás de síntese proveniente de biomassa, via processo Fischer-Tropsch;
- III. fermentação de carboidratos presentes em biomassa;
- IV. oligomerização de álcool etílico (etanol) ou isobutílico (isobutanol); e
- V. hidrotermólise catalítica de óleo vegetal (*in natura* ou residual), óleo de algas, óleo de microalgas, gordura animal e ácidos graxos de biomassa. (ANP n. 842/2021)

Percebe-se que, enquanto o conceito abrangente de biodiesel considera apenas a sua matéria-prima de origem, a [Resolução ANP n. 842/21](#) apresenta a classificação do diesel verde, considerando tanto a matéria-prima como seu processo produtivo. Assim, biodiesel e diesel verde são biocombustíveis distintos (NT 4/2020/SBQ-CRP/SBQ/ANP-RJ). Segundo a Resolução ANP n. 842/21, a análise para classificação do diesel verde deve ser realizada em amostra representativa considerando um dos seguintes métodos: ABNT NBR 14883; ASTM D4057; ASTM D4306; EN ISO 3170 ou EN ISO 3171 (art. 12). Essa observação é relevante para se perceber que o biodiesel base éster e o diesel verde podem ser produzidos tendo por base a mesma matéria-prima, mas o processo de produção e a qualidade final do produto são diferentes. Conforme verificado em [EPE \(2020\)](#), os processos comerciais disponíveis no mercado seguem por rotas tecnológicas que produzem, em conjugação com os SAF, boa parcela de diesel verde, inclusive o HVO.

Conforme a resolução também identifica, um dos tipos de diesel verde é o óleo vegetal hidrotratado (da sigla em inglês, HVO), biocombustível obtido da hidrogenação de óleos residual, de soja, de palma e gordura animal, a partir do qual podem ser produzidos combustível para aviação, bionafta e biopropano ([EPE, 2020](#)). Em meio a essas diversas alternativas de biomassa, matérias-primas e resíduos, o HVO permite ser produzido por meio de várias opções que não competem com a indústria de alimentos. “O HVO pode ser produzido em instalações autônomas ou convertendo as refinarias de petróleo existentes em instalações de produção ou coprodução de tecnologia HVO” ([EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY, 2020](#)). No Brasil, o HVO é produzido pelos mesmos processos produtivos dos SAF e deve atender às especificações estabelecidas no Anexo da RANP 842/21. A certificação da qualidade do diesel verde comercializado deve ser emitida pelo produtor, com a identificação da rota de produção, a matéria-prima utilizada, além das informações exigidas no Anexo da Resolução (art. 14, que altera a Resolução ANP n. 828/2020).

Ainda que não tenha sido contemplada no texto final da resolução, os comentários de pesquisadores indicavam que o diesel verde também poderia ser usado na mistura com o diesel A (fóssil), conforme o trecho abaixo:

O diesel verde produzido a partir das rotas descritas no art. 2º pode ser adicionado ao diesel fóssil para compor o diesel A em qualquer proporção, para formulação do diesel B, resguardado o teor compulsório de biodiesel na mistura ternária composta por diesel fóssil, diesel verde e biodiesel, podendo a mistura resultante ser destinada a veículos dotados de motores do ciclo Diesel, de uso rodoviário. ([RBTB e RBQAV -DETEC/SEMPI/MCTI, 2020](#), p. 2)

Esta é uma questão complexa e objeto de disputa entre os agentes de mercado que representam o *biodiesel*, por associações como Ubrabio e Aprobio, ainda que na minuta, segundo a Nota Técnica SEI n. 36442/2020/ME (p. 11) não havia intenção nenhuma de substituir o mandato do *biodiesel* com a introdução do diesel verde. Mas, de todo modo, a questão é significativa para se pensar em escala comercial de uma biorrefinaria de bioquerosene de avião.

Como a ASTM havia aprovado em 2020 mais duas rotas de SAF, sejam elas querosene de hidrotermólise catalítica (CHJ) e o querosene parafínico sintetizado por hidrocarbonetos bio-derivados, ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (SPKHCHEFA) e era necessário atualizar a 778/2019, mas houve também uma segunda razão: a Associação Latino-Americana e do

Caribe de Transporte Aéreo (ALTA) e a Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA) solicitaram a alteração do JET-A no lugar do QAV-1 que é equivalente ao JET-A1.

O objeto mais sensível nessa alteração seria o ponto de congelamento que é de  $-47^{\circ}\text{C}$  para o JET A-1 e de  $-40^{\circ}\text{C}$  para o JET A. As entidades argumentaram que isso não causaria problemas para os motores das aeronaves, posto que as temperaturas de voo no Brasil não são tão baixas, além de outros países da América Latina também estarem alterando seu padrão para JET-A, como México, Chile e Peru.

Diante destas demandas foram realizadas reuniões com especialistas e a Consulta e Audiência Pública n. 2/2021, ocorrida no início de 2021,<sup>22</sup> com fulcro no Processo n. 48610.007349/2018-58. O objetivo da Consulta Pública foi o de obter subsídios e informações adicionais sobre minuta de resolução que tratava das especificações do querosene de aviação JET-A e JET A-1, dos querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C (JET-C), bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional.

Por meio de Nota Técnica NT n. 03/2020/SBQ-CPT-CQC/SBQ/ANP-DF, de setembro de 2021, formulada por VINHADO et al. (2020), apresentaram-se justificativas para as alterações propostas na Resolução n. 778/2019. Primeiramente, foram apresentados os resultados do estudo de segurança e de viabilidade técnica capitaneado pela SBQ/CPT, do Centro de Pesquisas e Análises Tecnológicas da ANP, para inclusão do JET-A no arcabouço normativo brasileiro, especialmente comparando com as especificações internacionais Defense Standard 91-091, do Reino Unido e ASTM D1655. Para o estudo, foram consultadas algumas das mais importantes organizações nacionais e internacionais do setor: a) ALTA e IATA (instituições demandantes); b) Agência Nacional de Aviação Civil (Anac); c) Secretaria de Aviação Civil do Ministério da Infraestrutura (Minfra/SAC); d) Petrobras (produtor e importador do combustível); e) Sindicato e Gran Petro (distribuidores/importadores do combustível); f) Embraer (fabricante de aeronaves); g) Associação Brasileira das Empresas Aéreas (Abear) e Associação Brasileira de Aviação Geral (Abag) e h) especialistas internacionais da ASTM, associação responsável pelo desenvolvimento das especificações internacionais de combustíveis de aviação.

Como resultado, a ANP compreendeu a necessidade do mercado de especificações para o querosene de aviação JET A e JET A-1, dos querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C (JET C), bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional. Assim, a Resolução n. 856/2021 compreende que como tipos de combustíveis de aviação o querosene de aviação JET A ou JET A-1, conforme a definição:

X – JET A: querosene de aviação de origem fóssil, com ponto de congelamento máximo de  $40^{\circ}\text{C}$  negativos, destinado exclusivamente ao consumo em turbinas de aeronaves;

XI – JET A-1: querosene de aviação de origem fóssil, com ponto de congelamento máximo de  $47^{\circ}\text{C}$  negativos, destinado exclusivamente ao consumo em turbinas de aeronaves; [...] (RANP n. 856/2021, art. 2º)

22. O vídeo da audiência está disponível no Canal da ANP Youtube (2021).

Estima-se que serão necessários 12 milhões de reais em infraestrutura para a adaptação da incorporação do JET-A como padrão no país pela AirBP, Aviation BR e Raízen. Entretanto, justifica-se que entre os objetivos da nova resolução, espera-se aumentar a oferta de querosenes, gerando potencial de redução no preço do combustível da ordem de 0,03 a 0,06 centavos de dólar por galão americano (c\$/gal) para companhias de aviação e, por extensão, de preços de passagens aéreas (SILVA *et al.* 2020).

No que tange ao querosene de aviação JET C, a resolução o define como “combustível destinado exclusivamente ao consumo em turbinas de aeronaves, composto de um único tipo de JET alternativo misturado ao JET A ou ao JET A-1 nas proporções definidas nesta Resolução” (RANP n. 856/2021, art. 2º).

Nesta resolução, os SAF são definidos como querosene de aviação alternativo (JET alternativo), ou seja, “combustível derivado de fontes alternativas, como biomassa, óleos vegetais, gordura animal, gases residuais, resíduos sólidos, carvão e gás natural”, produzido pelos processos que atendam ao estabelecido na própria Resolução. No total então passam a ser sete rotas de SAF, com suas definições listadas a seguir:

XII – isoparafinas sintetizadas de açúcares fermentados e hidroprocessados (**SIP**, sigla em inglês): querosene iso-parafínico sintetizado a partir de açúcares com subsequente hidrogenação [...]

XVII – querosene de hidrotermólise catalítica (**CHJ**, sigla em inglês): querosene contendo compostos aromáticos produzido a partir de craqueamento catalítico e hidrogenação de ésteres de ácidos graxos e ácidos graxos livres;

XVIII – querosene parafínico hidroprocessado e sintetizado por Fischer-Tropsch (**SPK-FT**, sigla em inglês): querosene parafínico sintetizado obtido de um ou mais precursores produzidos pelo processo Fischer-Tropsch (FT);

XIX – querosene parafínico sintetizado com aromáticos (**SPK/A**, sigla em inglês): querosene parafínico sintetizado a partir de variação do processo Fischer-Tropsch com adição de aromáticos;

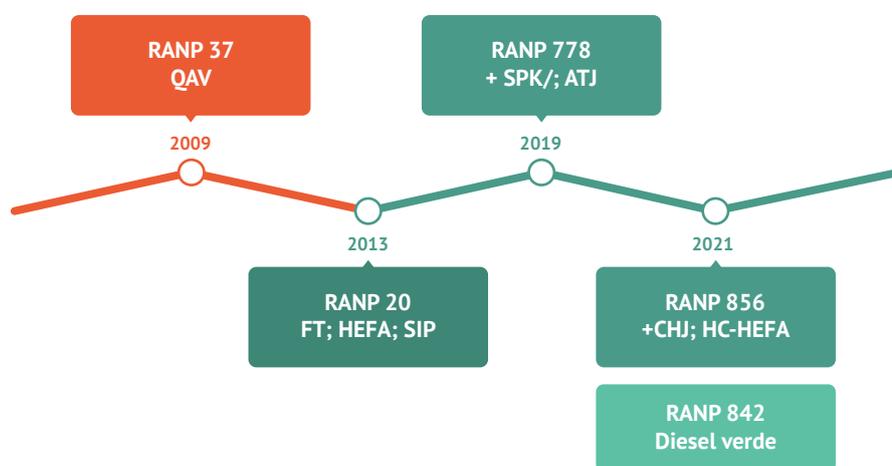
XX – querosene parafínico sintetizado por ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (**SPK-HEFA**, sigla em inglês): querosene parafínico sintetizado obtido pela hidrogenação de ésteres de ácidos graxos e ácidos graxos livres;

XXI – querosene parafínico sintetizado por hidrocarbonetos bioderivados, ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (**SPK-HC-HEFA**, sigla em inglês): querosene parafínico sintetizado obtido pela hidrogenação de hidrocarbonetos bioderivados da microalga *Botryococcus braunii*, ésteres de ácidos graxos e ácidos graxos livres;

XXII – querosene parafínico sintetizado por álcool (**SPK-ATJ**, sigla em inglês): querosene parafínico sintetizado a partir de álcool etílico ou isobutílico, processado através de desidratação, oligomerização, hidrogenação e fracionamento. (RANP, 856/2021)

Dispõe no seu Art. 4º que os combustíveis de aviação comercializados deverão atender às respectivas tabelas e notas conexas do Anexo previsto na Resolução. Ademais, frisa-se que somente distribuidores e os produtores de JET A e JET A-1, autorizados pela ANP, podem realizar a mistura do JET alternativo ao JET A ou JET A-1 para a composição do JET C, entre outras especificações consoante Art. 5º, *caput*, e §§, além das previstas nas tabelas do Anexo. O Capítulo II da resolução ora em análise dispõe diversas normas quanto ao controle de qualidade dos QAV que deve ser realizado pelos players que atuam no mercado. Por fim, têm-se os Capítulos III e IV da resolução que tratam sobre disposições gerais e disposições finais e transitórias, complexo de normas autônomas que servem para melhor operacionalização da lei. A Resolução ANP n. 856, de 22 de outubro de 2021, possui ao todo 31 artigos mais o anexo, e entrou em vigor no dia 1º de novembro de 2021. A ilustração que se segue apresenta a linha do tempo das resoluções da ANP sobre querosene de aviação:

**Figura 11.** Linha do Tempo das Resoluções da ANP para Querosene de Aviação



Fonte: Elaboração própria, 2021

### 5.3. Análise comparativa

As especificações incluídas na Resolução n. 856/21 permitem a manutenção do querosene JET-A1, utilizado hoje no país. Sendo que o JET A-1 pode ser usado para JET-A e o JET-A pode ser usado em aeronaves que farão rotas transpolares a partir do uso de aditivos para evitar formação de gelo. Com esta resolução, são incorporados os dois novos querosenes de aviação alternativos, já mencionados, para serem utilizados em misturas com querosenes fósseis, ampliando a relação de bioquerosenes e outros alternativos regulamentados pela agência desde 2019.

A tabela a seguir apresenta alguns parâmetros selecionados, com base em [Ng et al. \(2021\)](#), para efeito de comparação entre os querosenes de aviação alternativos entre as normas da ANP e da ASTM. Depreende-se do exposto na tabela comparativa a seguir que no item acidez total (máx.) a ANP adotou uma medida de 0,015 mgKOH/g para JET A e JETA-1 equivalente ao que é observado nos querosenes alternativos, enquanto a ASTM estipula 0,1 mgKOH/g. A ANP também usa como parâmetro a [Def Standard 91](#) do Reino Unido e o valor de 0,015 mgKOH/g é adotado por essa norma.

Já em aromáticos (máx.) também são notáveis as diferenças, sendo SPK-HEFA / SPK- FT, SIP, ATJ e SPK-HC-HEFA apresentam os mesmos valores de 0,5% da massa, enquanto SPK/A é de 20% do volume e o CHJ pode chegar a 21,2% (m/m) / 20% (v/v). O valor máximo dos aromáticos dos fósseis é de 25% de volume. No item de enxofre total, o SIP é de 2mg/kg, enquanto os demais alternativos 15% e os fósseis 0,3%. Com exceção da SIP, os pontos de congelamento dos querosenes alternativos são idênticos ao ponto de congelamento do JET-A, isto é -40°C. O SIP também difere nos itens de ponto de ebulição máximo, com 255°C e ponto de fulgor igual a 100°C, quando os demais apresentam 300°C e 38°C respectivamente. Por fim, uma ressalva é que a ANP converte como parâmetro para Massa específica a 20°C, pois os valores da ASTM D7556 são de densidade a 15°C.

**Tabela 8.** Tabela Comparativa (ANP n. 856/21 X ASTM D7566) – Querosene fóssil e querosene alternativos

Especificação		Querosene		Querosene alternativo									
		JETA / JETA-1		SPK-HEFA / SPK- FT		SIP/ SPK/A		ATJ		CHJ		SPK-HC-HEFA	
Referência		ANP 856	D7566	ANP 856	D7566	ANP 856	D7566	ANP 856	D7566	ANP 856	D7566	ANP 856	ASTM
Acidez total, máx.	mgKOH/g	0,015	0,1	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Aromáticos, máx. (3)	% volume (fóssil e SPK/A)												
	% massa (alt.)	25% vol.	25% vol.	0,5	0,5	0,015	0,015	0,5	0,5	8,4-21,2	8,4-21,2	0,5	0,5
Enxofre total, máx.	% massa	0,3	0,3	15	15	0,5(SIP) 20% vol. (SPK/A)	0,5 (SIP) 20% vol. (SPK/A)	15	15	15	15	15	15
Ponto Inicial de Ebulição (PIE)	°C					2 (SIP) 15 (SPK/A)	2 (SIP) 15 (SPK/A)						
10% vol. recuperados (T10), máx.	°C	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205
50% vol. recuperados (T50)	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90% vol. recuperados (T90)	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ponto Final de Ebulição (PFE), máx.	°C	300	300	300	300	255 (SIP) 300 (SPK/A)	255 (SIP) 300 (SPK/A)	300	300	300	300	300	300
Ponto de fulgor, mín. (10)	°C	38	38	38	38	100 (SIP) 38 (SPK/A)	100 (SIP) 38 (SPK/A)	38	38	38	38	38	38
Ponto de congelamento, máx. (11)	°C	- 47 (JET A-1) - 40 (JET A)	- 47 (JET A-1) - 40 (JET A)	-40	-40	- 60 (SIP) -40 (SPK/A)	- 60 (SIP) -40 (SPK/A)	-40	-40	-40	-40	-40	-40
Massa específica a 20°C (ANP) / Densidade a 15 °C (D7556)	kg/m <sup>3</sup>	771,3-836,6	775-840	725,9- 796,5	730-770 (HEFA) 730- 772 (FT)	761,2-776,3 (SIP)	765-780 (SIP)	725,9- 766,2	730- 770	771,3- 836,6	775- 840	725,9- 796,5	730- 800
Viscosidade a 20°C negativos, máx.	mm <sup>2</sup> /s	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poder calorífico inferior, mín.	MJ/kg	42,8	42,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: vol. volume; alt. alternativo. Fonte: Elaboração própria, 2021. Critérios selecionados com base em [Ng et al. \(2021\)](#).

As especificações contidas nessas duas normas, a saber, D7566 e Resolução ANP 856/21, são muito semelhantes porque descrevem essencialmente o mesmo produto, ou seja, o querosene de aviação. Por exemplo, em cerca de 30 resultados de teste que devem ser relatados, entre as especificações previstas nas duas normas, é possível encontrar somente algumas variações nos limites de teste. O tipo apropriado de combustível de aviação e especificação a ser usado em cada circunstância é determinado pela certificação de tipo da aeronave e do motor, bem como pelos regulamentos locais, embora as especificações da ASTM International sejam comumente mais citadas.

Para ser usado em aeronaves comerciais e infraestrutura existente de armazenamento e manuseio de combustível, o SAF precisa atender aos requisitos descritos nestas especificações. Elas são usadas para controlar as propriedades químicas e físicas do combustível de turbina de aviação (convencional e SAF) e permite que o combustível seja verificado periodicamente quanto à conformidade, por todo o processo produtivo até o consumo final.

Em linha com a Resolução n. 856/21, as especificações de qualidade são publicadas por uma variedade de órgãos em todo o mundo. Além disso, existem empresas e associações da indústria que emitem manuais e outras documentações de orientação com práticas recomendadas

ao longo da cadeia de abastecimento para garantir a integridade do combustível. Há, portanto, a manifestação de outros países que também criam e publicam diferentes especificações, conforme descreve a [IATA, \(2015\)](#), que traz como exemplos:

**a. Ministério da Defesa do Reino Unido:** Responsável pela publicação do Padrão de Defesa 91-91 (DefStan 91-91), que evoluiu para uma especificação comercial com reconhecimento mundial, especialmente fora dos Estados Unidos. O Ministério de Defesa do Reino Unido e a ASTM International têm uma longa história de cooperação com a intenção de criar um único conjunto global de especificações, eles normalmente incorporam os métodos de teste uns dos outros, a fim de capturar e acomodar a disponibilidade de diferentes equipamentos e tecnologias de teste em diferentes regiões do mundo.

A DefStan 91-91 permite componentes sintéticos de combustível de aviação derivados de fontes não petrolíferas (apenas em casos específicos, a depender da matéria-prima inicial e do processo de produção). Por exemplo, a DefStan 91-91 aprovou o uso do combustível sintético não misturado de carvão para líquidos da Sasol para uso comercial em todos os tipos de turbina aeronaves. Além disso, afirma que os componentes da mistura estão em conformidade com ASTM D7566 e seus anexos.

**b. Conselho Canadense de Padrões Gerais (CAN CGSB):** O Conselho de Padrões do Canadá credenciou a CAN CGSB como Organização de Desenvolvimento de Padrões. O CGSB desenvolveu uma série de especificações relacionadas ao combustível de aviação, tais como:

**b1. CAN/CGSB – 3.22** – Para combustível de corte largo (Jet B) que é usado em partes do Canadá e Alasca;

**b2. CAN/CGSB – 3.23** – Para Jet A e Jet A-1;

**b3. CAN/CGSB – 3.24** – Para graus militares JP-5 e JP-8;

As especificações CAN/CGSB 3.23 e CAN/CGSB 3.24, assim como as resoluções brasileiras supramencionadas, foram emendados para refletir as

mudanças da indústria em combustíveis alternativos.

**c. Rússia e CIS:** O Comitê de Padrões Estaduais da Rússia é o órgão responsável pela especificação GOST 10227 que cobre o combustível do tipo querosene leve (TS-1 e RT) usado na Comunidade de Estados Independentes (CIS) e partes da Europa Oriental.

Esta é a única especificação que usa métodos de teste diferentes.

**d. China:** O Bureau Nacional de Supervisão de Tecnologia da China é responsável por emitir especificações chinesas para o combustível de aviação. Seu padrão GB 6537 cobre o “Combustível para Aviação N. 3”, que é o querosene predominante usado na China, sendo equivalente a Jet A-1. (IATA, pp. 7-8)

Reforçamos que a Nota técnica (VINHADO *et al.*, 2020) considerou positiva a introdução do JET-A no país, recomendou que fosse feita uma avaliação econômica mais detalhada sobre os efeitos da alteração proposta no preço do querosene de aviação e, ainda, uma consulta pública comandada pela Anac para averiguar se haveria no país alguma aeronave incompatível com o JET-A. A Diretoria da ANP aprovou o estudo e definiu a necessidade de revisão da norma, a saber, a Resolução n. 778/2019, para adequar definições e permitir a coexistência de JET-A e JET-A1 no país. Após alinhar as nomenclaturas dos combustíveis de QAV-A, QAV-1 e QAV-C, como então usado no país, para se adequarem à nomenclatura internacional (JET-A; JET-A1 e JET-C), percebeu-se a necessidade de também alterar a Resolução n. 779/2019, que tratava das atividades de distribuição e revenda.

O que está em relevo é que a ASTM foi consultada ao longo de todo estudo para que fossem sanadas dúvidas relevantes sobre especificações técnicas e condições de máxima segurança. Inclusive, foram sanadas dúvidas sobre a então recém publicada D7566, que introduziu no mercado as especificações de qualidade e segurança para dois novos combustíveis de aviação sintéticos, aprovados em acordo com os protocolos de testes da D4054. O primeiro SAF é o Catalytic Hydritermolysis Jet (CHJ), para misturas com querosene fóssil (JET-A e JET-A1) em até 50% do volume. E o segundo é o querosene parafínico, (da forma como também são os SPK-FT, SPK-HEFA e SPK-ATJ), em limite de mistura de até 10% do volume. Outra atualização de importância deu-se pela introdução de nova matéria-prima para produção de JET-A e JET-A1, prevista na D1655. Assim, passou-se a autorizar o coprocessamento de combustível fóssil com até 5% de mono-, di- e triglicerídeos, ácidos graxos livres e ésteres de ácidos graxos; e o coprocessamento com até 5% de hidrocarbonetos produzidos por gás de síntese via processo Fischer Tropsch com catalisadores à base de ferro ou cobalto.

Um ponto crítico que se percebeu nessas consultas foi que, considerando a possibilidade de se misturar ao combustível fóssil dois tipos de QAV-C/JET-C, é possível que esses, embora previamente certificados, forneçam uma mistura que não atenda à especificação prevista para o QAV-1/JET-A1. A Nota Técnica afirma que, com base nas informações das normas ASTM D7566 e D1655, não há proibição nem permissão de mistura de um QAV-C/JET-C, “formulado a partir de 50% de querosene alternativo HEFA”, com carga de querosene alternativo Fischer Tropsch, em qualquer proporção. Porém, na fase de recertificação, a nova mistura provavelmente deixaria de atender à especificação prevista na Tabela 1 da ASTM D7566, que serve de parâmetro para o QAV fóssil, JET-A ou JET-A1. A NT aponta esse como um sério problema, uma vez que:

[...] o QAV-C, ao ser redesignado como QAV-1, poderia ser utilizado para formulação de novo lote de QAVC, cuja mistura final poderia inclusive atingir mais de 50% de querosene alternativo. Assim, a redesignação de QAV-C como QAV-1 abre precedente para ocorrer o caso mais crítico, exposto pelo especialista da ASTM. Além disso, considerando que a ASTM ainda não publicou instruções ou critérios de remisturas (Rumizen em sua resposta afirma que no futuro essas instruções serão acrescentadas à norma), considera-se mais seguro manter, a princípio, a não redesignação de QAV-C como QAV-1, a proibição de mistura de mais de um tipo de QAV alternativo ao QAV-C, bem como a remistura de diferentes tipos de QAV-C (VINHADO *et al.*, 2020, p. 5).

A Nota Técnica não enfrenta as raras discrepâncias encontradas no confronto da nova Resolução ANP 856/2021 com as especificações da ASTM7566, especialmente, quanto aos valores de referência para o ponto de fulgor, ponto de congelamento e volatilidade.

## 6. Licenciamento ambiental dos combustíveis sintéticos para aviação

A seção 6 trata do tema do licenciamento ambiental no Brasil. Ainda que já tenha sido objeto de estudos e webinários anteriores da GIZ, esta é uma área bastante complexa e que exige um esforço sistemático constante de seus procedimentos e burocracias. Não temos a expectativa de esgotar este estudo, mas de apontar complementaridades e novas recomendações para sua governança.

### 6.1. Sistematização dos procedimentos e sua governança

O marco regulatório para licenciamento no Brasil exige um mapeamento em vários níveis e várias instâncias, de modo a atender todos os procedimentos necessários para se obter a licença. Nesse sentido, pretende-se sistematizar os principais normativos do ordenamento jurídico que tratam dos procedimentos de licenciamento ambiental e, de uma forma direta ou indireta, causem impacto no setor de combustíveis sintéticos para a aviação.

A avaliação de impacto ambiental é matéria constitucional, resguardada no art. 225, § 1º, inciso IV, que exige estudo prévio de impacto ambiental, para qualquer atividade potencialmente causadora de degradação do meio ambiente. Prevista no ordenamento pátrio desde 1981 e recepcionada pela Constituição Federal, a Política Nacional do Meio Ambiente é regida pela Lei n. 6.938/1981, regulamentada pelo Decreto n. 99.274/1990. O § 4º classifica como patrimônios nacionais a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira. Conseqüentemente, deve ser concedida maior atenção à proteção ambiental e erigidos condicionantes para implementação e operação de empreendimentos com possível impacto ambiental. Complementam esta lei, em especial, a Lei Complementar n. 140/2011, o Decreto n. 8437/2015 e as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) n. 1/1986 e n. 237/1997.

A Lei Complementar n. 140/2011 fixa normas gerais e instrumentos relevantes para a cooperação da União, dos estados e dos municípios nas ações administrativas decorrentes de sua competência comum de preservação e proteção do meio ambiente, além de alterar alguns aspectos da Lei n. 6.938/1981. A LC n. 140/2011 estabelece que licenciamento ambiental é “o procedimento administrativo destinado a licenciar atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental”. Em seguida, a norma define as competências originárias de cada ente federativo.

Assim, o art. 7º da LC, em consonância com o art. 23 da Constituição Federal, delimita como ações administrativas de competência da União a formulação, a execução e o cumprimento, em âmbito nacional, da Política Nacional do Meio Ambiente, especialmente no que se refere à promoção do licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades que, em suma, se encontrem localizados próximo a país limítrofe; no mar territorial, plataforma continental ou na zona econômica exclusiva; em terras indígenas, em unidades de conservação da União e áreas de proteção ambiental (APAs); desenvolvidas em dois ou mais estados; área militar;

destinados a pesquisar, lavar ou que envolvam de qualquer forma material radioativo ou energia nuclear; ou, por fim, que atendam tipologia abrangida na proposição da Comissão Tripartite Nacional (instrumento de cooperação previsto no art. 4º da LC).

Para os estados, a recomendação é de promover, em seus limites, o licenciamento ambiental de atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental. Os municípios devem fazer cumprir os normativos da União e do estado-membro ao qual pertence, bem como elaborar o Plano Diretor, observando os zoneamentos ambientais e definindo, em seu território, os espaços protegidos (art. 9º).

Os entes federativos poderão atuar em caráter supletivo ou ainda em caráter subsidiário. A competência supletiva ocorre quando, decorridos os prazos de licenciamento sem a emissão da licença ambiental, verifiquem-se as seguintes hipóteses:

- I. inexistindo órgão ambiental capacitado ou conselho de meio ambiente no Estado ou no Distrito Federal, a União deve desempenhar as ações administrativas estaduais ou distritais até a sua criação;
- II. inexistindo órgão ambiental capacitado ou conselho de meio ambiente no Município, o Estado deve desempenhar as ações administrativas municipais até a sua criação; e
- III. inexistindo órgão ambiental capacitado ou conselho de meio ambiente no Estado e no Município, a União deve desempenhar as ações administrativas até a sua criação em um daqueles entes federativos.

Em linhas gerais, a União fica responsável pelo licenciamento quando envolve dois ou mais Estados. Da mesma forma, quando o licenciamento envolve dois ou mais municípios, então a competência passa a ser estadual. Há importantes considerações que devem ser priorizadas em relação ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (UCs) previstas na Lei n. 9985/2000, que regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, VII da Constituição Federal, e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

Já a ação subsidiária deverá ser solicitada pelo ente originariamente detentor da atribuição (art. 16). Ainda que as hipóteses de atuação supletiva e subsidiária não sejam autorizadas em uma emissão tácita de licença ambiental em favor do particular ou a prática de qualquer ato que dela dependa, é fato que a norma reprime a inércia e busca a eficiência administrativa. A renovação da licença ambiental deverá ser requerida com antecedência mínima de 120 dias do seu prazo de expiração (art. 13, § 4º).

O Decreto [n. 8.437/2015](#) regulamenta as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental encontra-se no âmbito da competência da União. Além de portos, ferrovias, rodovias, hidrovias, unidades, estruturas, usinas e jazidas *onshore* e *offshore*, também os sistemas de geração de energia restam sob o crivo dos regramentos federais.

Merece especial atenção a [Resolução Conama n. 237/1997](#), uma vez que é ela quem traz definições precisas sobre licenciamento ambiental, como procedimento administrativo e a licença ambiental, como ato administrativo. Assinala ainda que a localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os

empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis (art. 2º).

A Resolução n. 237/1997 também estabelece três tipos de licença que podem ser expedidas pelo Poder Público: a Licença Prévia (LP), concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou da atividade, aprovando sua localização, sua viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação; a Licença de Instalação (LI), que autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante; e a Licença de Operação (LO), que autoriza a operação da atividade ou do empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

O Portal Nacional de Licenciamento Ambiental (PNLA), além das três licenças previstas na Resolução n. 237/1997, prevê as seguintes licenças: Dispensa do licenciamento, principalmente para atividades de muito baixo impacto ambiental; Licença de Alteração, geralmente está condicionada à existência de Licença de Instalação (LI) ou Licença de Operação (LO), concedida quando porventura ocorrer modificação no contrato social do empreendimento, atividade ou obra, ou qualificação de pessoa física; Licença de Ampliação, que poderá ser concedida para a realização de ampliações ou ajustes em empreendimento ou atividade já implantados e licenciados; Licença de Instalação e de Operação (LIO), que substitui os procedimentos administrativos do licenciamento de instalação e do licenciamento de operação ordinários, unificando-os em uma única fase, a instalação e a operação de atividade ou empreendimento; e, por fim, Licença Prévia e de Instalação (LPI), que substitui os procedimentos administrativos do licenciamento prévio e do licenciamento de instalação ordinários, unificando-os em uma única fase (PNLA, 2021a). As modalidades e os conceitos podem sofrer variação nos normativos estaduais.

Quanto ao procedimento de licenciamento ambiental, a Resolução n. 237/1997 estabelece as seguintes etapas:

I – Definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais, necessários ao início do processo de licenciamento correspondente à licença a ser requerida; II – Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade; III – Análise pelo órgão ambiental competente, integrante do Sisnama, dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e a realização de vistorias técnicas, quando necessárias; IV – Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, integrante do Sisnama, uma única vez, em decorrência da análise dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados, quando couber, podendo haver a reiteração da mesma solicitação caso os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios; V – Audiência pública, quando couber, de acordo com a regulamentação pertinente; VI – Solicitação de esclarecimentos e comple-

mentações pelo órgão ambiental competente, decorrentes de audiências públicas, quando couber, podendo haver reiteração da solicitação quando os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios; VII – Emissão de parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico; VIII – Deferimento ou indeferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.

O procedimento de licenciamento ambiental deve conter, obrigatoriamente, a certidão da Prefeitura Municipal que declare que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável ao uso e ocupação do solo, supressão de vegetação e/ou outorga para o uso da água. No **Estudo de Impacto Ambiental (EIA)** poderão ser exigidas complementações pelo órgão ambiental competente, mediante decisão motivada (PNLA, 2021b).

O EIA deverá observar, além dos normativos previamente citados, as seguintes diretrizes gerais (art. 5º):

I – Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto; II – Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade; III – Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza; IV – Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Por fim, o art. 6º informa as partes obrigatórias do EIA, a saber:

I – Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, com completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, considerando: a) o meio físico – o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas; b) o meio biológico e os ecossistemas naturais; c) o meio socioeconômico – o uso e ocupação do solo, os usos da água e a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade; II – Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas; III – Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas; IV – Elaboração do programa de acompanhamento e de monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

Nesse aspecto, o art. 6º da Resolução n. 01/1986 já continha elementos que estão previstos também nos relatórios do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), que trazem recomendações quanto à adoção de medidas de mitigação dos efeitos negativos causados no solo pelas ações antropogênicas relacionadas a bioenergia. Isso porque os solos e as florestas

têm a capacidade de sequestrar GEE, além da necessidade de evitar erosão e proteger a mata nativa, os recursos hídricos, a fauna, a flora, e as comunidades tradicionais, rurais e urbanas. É a preocupação do Acordo de Paris, que destaca a necessidade de os países signatários adotarem metas de mitigação para a agricultura (inclusive para matérias-primas da bioenergia).

Sobre as diretrizes para a avaliação de impacto ambiental, a Resolução Conama n. 01/1986 dispõe que o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente dependerá de elaboração de EIA e respectivo **Relatório de Impacto Ambiental (Rima)**, aprovado pelo órgão estadual competente e pela Secretaria Especial do Meio Ambiente (Sema), em caráter supletivo. Entre essas atividades arroladas no art. 2º do citado normativo, encontram-se extração de combustível fóssil e minérios, aterros sanitários, usinas de geração elétrica, projetos agropecuários em áreas acima de 1.000 ha ou em área de importância ou proteção ambiental, bem como complexo e unidades industriais e agroindustriais (petroquímicos, siderúrgicos, cloroquímicos, destilarias de álcool, hulha, extração e cultivo de recursos hidróbios [\(PNLA, 2021b\)](#)).

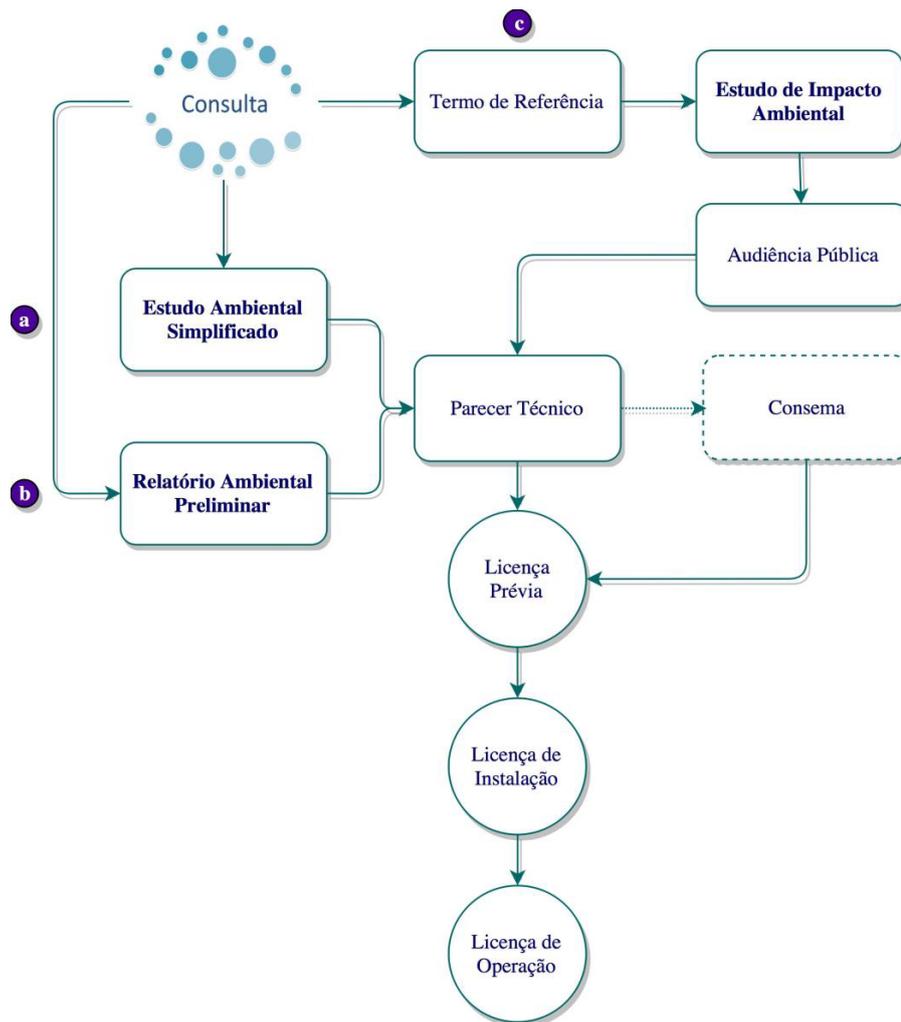
A Resolução n. 01/1986 prevê que o Rima conterá, de forma objetiva, as conclusões do EIA e ainda (art. 9º):

- I – objetivos e justificativas do projeto e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais; II – A descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando as matérias-primas, e mão-de-obra, as fontes de energia, os processos e técnicas operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos e perdas de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados; III – A síntese dos resultados dos estudos de diagnósticos ambiental da área de influência do projeto; IV – A descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação; V – A caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência; VI – A descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderem ser evitados, e o grau de alteração esperado; VII – O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos; VIII – Conclusão e recomendações.

Além da Resolução n. 01/1986, o ordenamento jurídico conta com os regramentos de preservação da Lei n. 12.651/2012 (do Código Florestal), do Decreto Federal n. 9.578/2018 (Plano Nacional de Mudanças Climáticas), do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura ([Plano ABC+](#)), normativos dos [estados-membros](#) e protocolos de integração lavoura-floresta ([BALBINO, CORDEIRO, MARTINEZ, 2011](#)). O **Apêndice I** resume alguns dos instrumentos normativos que são essenciais para os três níveis governamentais.

A ilustração a seguir exemplifica o esquema para que se possa adquirir a Licença Prévia (LP). Apesar de ser um esquema da Cetesb de São Paulo, o procedimento é basicamente o mesmo verificado em outros estados.

Figura 12. Etapas de licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental



Legenda: a. Por meio da solicitação de LP subsidiada por um Estudo Ambiental Simplificado (EAS); b. Por meio da solicitação da LP, com apresentação de Relatório Ambiental Preliminar (RAP); c. Por meio da solicitação de LP, com apresentação de um Termo de Referência para elaboração de EIA/RIMA.

Fonte: [Cetesb, 2019](#).

Devemos ressaltar que se encontra no Senado o [PL 3.729/2004](#), que dispõe do licenciamento ambiental, regulamenta o inciso IV do § 1º do art. 225 da Constituição Federal (CF), e dá outras providências. Esta proposta está em tramitação há 17 anos, teve 23 propostas de apensamento e foi aprovada pela Câmara dos Deputados no dia 13 de maio de 2021. Os que defendem o PL argumentam que terá uma função importante de desburocratizar o processo, mas por outro lado, argumentam que há retrocessos em termos ambientais ([KÄSSMAYER e MAIA NETO, 2021](#); [CEBDS, 2019](#)).

Em estudo realizado por [Garcia, Godoy e Godoy \(2020, p. 25\)](#), há o entendimento de que, “no caso do combustível de aviação, o licenciamento ambiental é mais complexo por se tratar da indústria petrolífera, desde a extração do QAV até o usuário final (o setor aéreo)”. Apresentam um levantamento dos normativos que podem ser usados para os procedimentos de licenciamento ambiental de plantas para a produção de e eletrocombustível renovável (ECR), equivalente ao denominado “SPK-FT combustível parafínico hidroprocessado por Fischer-Tropsch”.

Sua principal característica é ser produzido a partir de biomassa (subprodutos/resíduos industriais) ou pela captação de CO<sub>2</sub> do ar atmosférico, ou até diretamente de processos industriais que emitem quantidades indesejáveis de CO<sub>2</sub>. As plantas construídas em contêineres podem receber exclusivamente energia proveniente de fontes alternativas renováveis – solar (termossolar ou fotovoltaica) e/ou eólica.

Garcia, Godoy e Godoy (2020) destacam múltiplos normativos editados pela União, pelos estados e pelos municípios, que complementam o cenário nacional da regulação ambiental que podem influenciar os procedimentos de licenciamento ambiental de SAF, desde a matéria-prima até a sua distribuição e utilização como a política nacional de resíduos sólidos, bem como instrumentos mais específicos que tratam de resíduos ligados a combustíveis e aeroportos. Entre eles, arrolam-se, ainda, outros normativos e regulamentos que foram editados após a publicação do estudo.

A Lei n. 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o processo de licenciamento ambiental do empreendimento ou atividade que envolva o gerenciamento de resíduos sólidos, inclusive transformação energética. A depender da matéria-prima e do processo, outras exigências podem ser necessárias para o licenciamento. Por exemplo, a Resolução Conama n. 5/1993, que dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários; a Resolução Conama n. 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, inclusive quando necessários cortes e aterros para nivelamento de solo; e, ainda, a Resolução Conama n. 362/2005, que dispõe sobre o recolhimento, a coleta e a destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado, que pode ser utilizado para a operação da unidade de produção (GARCIA, GODOY e GODOY, 2020).

Merecem registro a Resolução Conama n. 420/2009, que institui o **Programa de monitoramento da qualidade do solo e das águas subterrâneas**, para empreendimentos que desenvolvam atividades com potencial de contaminação dos solos e águas subterrâneas; a **Política Nacional de Educação Ambiental**, instituída pela Lei n. 9.795/1999, art. 3º, e sua regulamentação prevista no Decreto n. 4.281/2002, artigo 6º, que prevê a criação de programas de educação ambiental integrados às atividades de conservação da biodiversidade, de zoneamento ambiental, de licenciamento e revisão de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras, de gerenciamento de resíduos, de gerenciamento costeiro, de gestão de recursos hídricos, de ordenamento de recursos pesqueiros, de manejo sustentável de recursos ambientais, de ecoturismo e melhoria de qualidade ambiental.

A Lei n. 12.651/2012 estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais. A exploração de áreas florestais nativas e formações sucessoras, de domínio público ou privado, em regra, dependerá de licenciamento pelo órgão competente do Sisnama, mediante aprovação prévia de **Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS)** que contemple técnicas de condução, exploração, reposição florestal e manejo compatíveis com os variados ecossistemas que a cobertura arbórea forme. Em complemento, nessas hipóteses, é preciso verificar a incidência do Decreto n. 7.830/2012 que institui o Programa de Regularização Ambiental para adesão pelo empreendedor por meio de termo de compromisso, com o fim de manter, recuperar ou recompor as áreas de preservação permanente, de reserva legal e de uso restrito do imóvel rural, ou ainda de compensar áreas de reserva legal.

Quanto à localização do empreendimento, que precisa obedecer a critérios técnicos, econômicos e ambientais, além da observância da **logística de distribuição** para os centros consumidores da mistura de combustível fóssil e SAF, conforme já se viu, deve-se observar a recém editada Resolução ANP 856/2021, que substitui as Resoluções ANP 778 e 779/2019, as quais, por sua vez, haviam unificado as Resoluções ANP n. 37/2009 e ANP n. 63/2014.

A Portaria Interministerial n. 60/2015 traz diversas definições e estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), da Fundação Cultural Palmares (FCP), do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e do Ministério da Saúde nos processos de licenciamento ambiental de competência do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). O art. 3º dispõe que, no início do procedimento de licenciamento ambiental, o Ibama deverá, na Ficha de Caracterização da Atividade (FCA), solicitar informações do empreendedor sobre **possíveis intervenções em terra indígena, em terra quilombola, em bens culturais acutelados e em áreas ou regiões de risco ou endêmicas para malária**. E, no caso de empreendimentos que provocam potencial impacto nos territórios legalmente protegidos, devem ter uma emissão da licença prévia pela Funai, com procedimentos do licenciamento ambiental dispostos na Portaria Interministerial n. 60/ 2015 e na Instrução Normativa n. 2/2015.

Especificamente quanto aos **Povos e Comunidades Tradicionais (PCT)**, o Decreto n. 6.040/2007 assinala que ações e atividades voltadas para o alcance dos objetivos da Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais deverão ocorrer de forma intersetorial, integrada, coordenada e sistemática (art. 1º). Um dos objetivos da norma, com base no princípio da pluralidade socioambiental, é o de garantir aos PCT seus territórios, e o acesso aos recursos naturais que tradicionalmente utilizam para sua reprodução física, cultural e econômica.

A **proteção do patrimônio espeleológico** também deve ser observada pelo agente público ao analisar os procedimentos de licenciamento ambiental. A Resolução Conama n. 347/2004 prevê, em seu art. 8º, que nos casos de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades considerados efetiva ou potencialmente causadores de significativa alteração e degradação do patrimônio espeleológico, para os quais se exija EIA e respectivo **RIMA**, o empreendedor é obrigado a apoiar a implantação e a manutenção de unidade de conservação, de acordo com o previsto no art. 36 da Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. A esse respeito, o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação das Cavernas (Cecav/ICMBio) deverá ser consultado nos processos de licenciamento ambiental (Decreto n. 6.640/2008, e Instrução Normativa n. 2/2009).

Garcia, Godoy e Godoy (2020) apontam as restrições previstas na legislação ambiental para empreendimentos localizados em **Áreas de Segurança Aeroportuária (ASAs)**, uma vez que é proibida a implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como “foco de atração de pássaros” (Resolução Conama n. 4/1995); em praias onde ocorre a desova de tartarugas marinhas, o processo de licenciamento ambiental deve ser submetido a avaliação e recomendação do Ibama e consultado o Centro de Tartarugas Marinhas (Tamar) – Resolução Conama n. 10/1996; Áreas úmidas, em respeito à Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional (especialmente o Habitat de Aves Aquáticas, conhecida como Convenção Ramsar), prevista no Decreto n. 1.905/1996; por fim, nas regiões endêmicas de malária, hipótese em que caberá ao empreendedor elaborar estudos epidemiológicos e conduzir programas de controle da doença (Resolução Conama n. 286/2001).

A Resolução Conama n. 23/1994 instituiu os procedimentos específicos para o licenciamento de atividades relacionadas à exploração e lavra de jazidas de combustíveis líquidos e gás natural, cabendo ao próprio empreendedor articular-se com o órgão indigenista oficial, que emitirá orientações para o desenvolvimento das atividades próximas às áreas indígenas. O Ibama e os órgãos estaduais do Meio Ambiente são autoridades para expedir as seguintes licenças, com base nos estudos ambientais previstos na Resolução (arts. 5º e 6º): I – Licença Prévia para Perfuração (LPPER); II – Licença Prévia de Produção para Pesquisa (LPpro); III – Licença de Instalação (LI); IV – Licença de Operação (LO). Já a Resolução Conama n. 350/2004 dispõe sobre o licenciamento ambiental específico das atividades de aquisição de dados sísmicos marítimos e em zonas de transição.

Quanto aos normativos que estabelecem padrões e limites de emissão, Garcia, Godoy e Godoy (2020) assinalam as seguintes Resoluções: Resolução Conama n. 1/1990, que dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais; Resolução Conama n. 3/1990, que dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (Pronar); Resolução Conama n. 8/1990, que dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição; Resolução Conama n. 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes; Resoluções Conama n. 382/2006, e n. 436/2011, que estabelecem os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas; Resolução Conama n. 396/2008, que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas; Resolução Conama n. 430/2011, que dispõe sobre as condições e os padrões de lançamento de efluentes e determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento, além de imputar aos responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos a realização do automonitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes (Ver **Apêndice II**).

De outra parte, considerando os aspectos ambientais e operacionais da produção de ECR/SAF, sob a perspectiva aeroportuária, Fued Abrão, superintendente de meio ambiente da Infraero (2021), apresentou no webinar da GIZ as diretrizes estratégicas que merecem relevo. Considerando que o Brasil apoia a visão 2050 da OACI para a adoção de SAF, ainda que só venha a ratificar o CORSIA a partir de 2027, em sua fase mandatária, é imprescindível uma modernização estratégica da matriz energética brasileira. Nesse sentido, são cinco os aspectos ambientais e operacionais que devem ser considerados e são apresentados de forma sistematizada por Abrão (2021):

**Quadro 25.** Licenciamento Ambiental na perspectiva aeroportuária**1. Aspecto locacional e de distribuição**

Esse é um dos aspectos mais importantes que precisam ser observados para a instalação de refinarias e distribuição para os aeroportos, sejam em região metropolitana, sejam os aeroportos em regiões mais remotas. Refere-se à área disponível para implantação da usina fotovoltaica. A área proposta está inserida nas superfícies de aproximação e decolagem, conforme a Portaria n. 957/GC3, de 9 de julho de 2015, alterada pela Portaria n. 1168/GC3, de 7 de agosto de 2018. Considerando que os aeroportos são estruturas muito reguladas, as unidades de fabricação de biocombustíveis precisam ser alocadas observando todos os regramentos de segurança, relacionados, por exemplo, a altura, sinalização, iluminação, recuo e distanciamento do aeroporto, entre outros. As plantas precisam de licença de instalação.

**2. Aspecto da Autorização do Regulador**

A ANP é o órgão regulador das atividades que integram as indústrias de petróleo, gás natural e de biocombustíveis no Brasil. Para a operacionalização da produção de ECR/SAF, consideram-se os seguintes normativos: Resolução ANP n. 16/2010, Resolução ANP n. 17/2006, Resolução ANP n. 18/2006, Resolução ANP n. 52/2015, Resolução ANP n. 24/2016 e Resolução ANP n. 778/2019. Assim, a ANP exige a apresentação de Licença de Instalação (LI) para a construção e de Licença de Operação (LO) para a operação da planta (RANP 16/2010). Na hipótese de entrega de combustível de aviação em ponto de abastecimento, o distribuidor é o responsável por fornecer esses produtos somente quando a instalação estiver licenciada por órgão ambiental competente (RANP 17/2006). Já os revendedores só podem fornecer combustível de aviação em ponto de abastecimento licenciado por órgão ambiental legalmente competente (RANP 18/2006). Para a construção e operação de instalações de movimentação de petróleo e derivados, gás natural, biocombustíveis, a norma exige LI e de LO, respectivamente (RANP 52/2015). Especificamente para a produção de combustível líquido em processo alternativo, à planta produtora deverá apresentar LI e LO, também expedidos pelos órgãos competentes (RANP 24/2016). Por fim, considerando a relação comercial de interesse público, as pessoas jurídicas de direito privado envolvidas serão, em regra, o produtor, autorizado pela ANP para produzir, armazenar e comercializar os combustíveis de aviação; o distribuidor, autorizado a adquirir, armazenar, transportar, comercializar, controlar a qualidade, assistência técnica e abastecimento de aeronaves; e o revendedor, que deverá ter todas as autorizações do distribuidor, podendo ainda comercializar no varejo. Considere-se, ainda, o importador, que exerce todas essas funções de comércio na modalidade de importação de produto (RANP 856/2021).

**3. Aspecto da Relação com o Aeroporto**

Hoje há uma relação comercial. A Resolução Anac n. 302/2014 estabelece critérios e procedimentos para a alocação e remuneração de áreas aeroportuárias. A depender da localização da planta, mais próxima dos grandes centros consumidores, reduz-se os custos de logística de distribuição e torna o setor mais competitivo.

**4. Aspecto do Suprimento de Energia Elétrica Renovável**

A Resolução Normativa n. 482/2012 estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e dá outras providências. Salvador, Brasília e Santos Dumond são exemplos de cidades com aeroportos que já fazem uso de energia solar integrada. Quanto à energia eólica, as restrições locais tornam sua implantação um desafio, especialmente em relação à altura das hélices.

**5. Aspecto do Licenciamento Ambiental**

Em que pese a Lei Complementar n. 140/2011 fixa normas para cooperação entre a União, os Estados, O Distrito Federal e os municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; quanto aos procedimentos de licenciamento no Brasil, há evidente fragmentação das decisões institucionais, caracterizado pela presença de múltiplos atores institucionais. A Resolução n. 470/2015 estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental dos aeroportos regionais. Seu art. 21 dispõe que o parque de abastecimento de aeronaves, bem como as atividades desenvolvidas pelos distribuidores e revendedores de combustíveis, deverá ser licenciado por meio de procedimento específico, conforme estabelecido na Resolução Conama n. 273/2000, e demais normas correlatas.

A Infraero, nesse aspecto de buscar maior uniformidade nos procedimentos de licenciamento, sugere que o ente federal deva delegar a competência para o Estado, de modo a permitir uma maior agilidade e eficiência nos procedimentos de licenciamento ambiental. Outra proposta é a do Conama editar Resolução que permita licenciamento ambiental para plantas de biocombustíveis também para atender aeroportos pequenos e médios, além dos aeroportos de grande porte.

Fonte: Adaptado de [Abrão \(2021\)](#).

## 6.2. Recomendações e diretrizes

Hofmann (2017) identificou como cinco grupos principais problemas do licenciamento ambiental no Brasil: (i) gestão arcaica, excesso de burocracia e estrutura deficitária do Ibama, tanto em termos de pessoal quanto de orçamento; (ii) crise institucional, dada a atribuição do Ibama de coordenar e consolidar as visões de tantas instâncias e dos diferentes órgãos públicos sobre os empreendimentos a serem licenciados; (iii) falta de avaliações ambientais estratégicas e de um melhor diálogo entre os responsáveis pelo planejamento e pelas decisões de políticas públicas; (iv) judicialização dos processos; e (v) falhas técnicas.

Em relação ao primeiro item identificado por Hoffmann, Garcia, Godoy e Godoy (2020, p. 46) salientam os entraves decorrentes da inexistência de procedimentos burocráticos para o licenciamento. Buscamos, a partir da sistematização no Apêndice I, levantar os principais normativos nos três níveis.

Consoante demonstra o mapeamento da legislação federal e dos normativos dos governos subnacionais sobre preservação ambiental, os procedimentos de licenciamento ambiental encontram-se dispersos em uma estrutura legal-regulatória extremamente fracionada e difusa. Esse aspecto merece reflexão especial. A repartição horizontal e vertical das competências entre os entes federativos, nos moldes previstos na Constituição Federal, promove uma aproximação da norma às necessidades locais, de tal sorte a permitir certa autonomia para a preservação do interesse público. Contudo, esse modelo federativo aumenta os desafios de governança e torna mais complexo o cumprimento das obrigações legais pelo empreendedor, esteja ele em qualquer das fases do ciclo produtivo.

Por tal razão, é preciso reconhecer a necessidade de se estabelecer mecanismos que permitam uma maior integração institucional, política e burocrática. É o que assinala Garcia, Godoy e Godoy, ao sugerir, como diretriz estratégica, a promoção da integração institucional, política e burocrática, por meio de ações efetivas e exequíveis para a garantia dos ritos burocráticos de um licenciamento ambiental seguro.

Considerando o esquema constitucional, em um modelo vertical, ou seja, não cumulativo, a União Federal deve editar as normas gerais, que poderão ser objeto de norma complementar editada por Estados, Distrito Federal e Municípios. Em razão dessa verticalidade, qualquer norma complementar emitida por governos subnacionais deverá observar as normas gerais estabelecidas pela União. Em uma competência legislativa mais restrita, aos Estados resta vedado tudo o que for de competência expressa da União e dos Municípios. Assim, em observância ao princípio da preponderância do interesse local e à capacidade de autogoverno e auto-organização dos Municípios, cabe a esses um amplo espectro de competências legislativas e administrativas para o resguardo ambiental.

Ademais, aos Estados é permitido legislar na esfera concorrente, ou seja, de forma conjunta e articulada, com União, outros Estados, Distrito Federal e Municípios (art. 24). A Constituição Federal prevê ainda a competência legislativa suplementar, art. 30, II, da Constituição Federal, que expressa a competência dos Municípios para “suplementar a legislação federal e estadual no que couber”. Inexistindo lei federal que prescreva normas gerais, poderão estados, Distrito Federal e municípios exercer a competência legislativa plena e, assim, editar normativos próprios para atender suas particularidades (art. 24, §3º). Essas normas gerais perdem a eficácia a partir da publicação, pela União Federal, de lei específica com regras gerais. Não obstante,

ao considerar essa hipótese, é fácil perceber que pode ocorrer potencial insegurança jurídica entre as partes interessadas, especialmente no âmbito do licenciamento ambiental, como ora se analisa. Isso porque é de difícil configuração os contornos dos limites dessas competências, com possíveis usurpações de competência e não são raras as judicializações dos conflitos. E é nesse cenário que se encontra a fragilização do sistema de governança, que resulta em um déficit de efetividade.

Por ser um sistema republicano e democrático que procura garantir um crescimento econômico sustentável e a proteção socioambiental, faz-se necessária a utilização de ferramentas de governança que permitam: a) a cooperação multinível entre os governos – para políticas públicas mais integradas, normas mais fluidas e efetivas; e b) e uma participação inclusiva de todas partes interessadas, no caso, do ecossistema de empreendedorismo do setor de aviação, que inclui produtores de matéria-prima, Academia e centros de pesquisa tecnológica, produtores de biocombustíveis, fabricantes de aeronaves, administradores de aeroportos, investidores, associações, cooperativas e funcionários, incubadoras, aceleradoras, *startups*, entre outros que participam direta ou indiretamente do ciclo de vida. Cumpre colacionar algumas dessas ferramentas de gestão que buscam aumentar a sinergia entre os governos federal e subnacionais e desses com os atores privados.

Essa interação inclusiva permitirá detectar, ainda, eventuais sobreposições legislativas e mesmo omissões que exijam complementação legislativa. Essas ferramentas de eficiência normativa por si só já serão capazes de contribuir para uma maior segurança jurídica. Assim, destacam [Garcia, Godoy e Godoy \(2020\)](#) que maior proximidade entre os entes políticos da matriz de responsabilidade e as demais partes interessadas envolve a todos em um “processo de planejamento participativo e democrático de maneira a alinhar os entes da Federação com relação às suas realidades ambientais”.

Outro aspecto que podemos salientar é que o estudo prévio desta localidade pode demorar até seis meses, se for considerar alterações climáticas (clima mais úmido ou clima mais seco). Nessa linha, [Garcia, Godoy e Godoy \(2020, p. 48\)](#) também identificaram que é imprescindível ter informações suficientes, pelo menos em nível de projeto básico, já na fase pré-licenciamento. Isso depende de bom estudo e planejamento de viabilidade do empreendimento na localidade pretendida. Recomendamos que esses estudos levem em consideração um estudo da vizinhança e dos planos de emergência que deverão ser adotados.

Destacamos no nível municipal do Apêndice I, as cidades que possuem os maiores aeroportos do país (Guarulhos, São Paulo, Rio de Janeiro, Campinas, Fortaleza). Essencialmente, a escolha de uma região próxima a estes aeroportos pode ser bastante significativa em termos de emissões da Análise do Ciclo de Vida (LCA). Ainda sobre o aspecto locacional, ainda que não se refira ao caso brasileiro em específico, o [Sustainable Aviation \(2020, p. 57\)](#) também reforça que o sistema de fornecimento (produção e distribuição) poderia ser agregado mais próximos aos aeroportos, para reduzir os obstáculos relacionados ao transporte do combustível de aviação, ao passo em que melhoraria a qualidade do ar, as emissões de GEE e os custos operacionais. Ainda que também possam ser pensadas soluções como *Book and claim* para compensação em diferentes localidades (será mais bem analisado na seção 7). De todo modo, se a localização do empreendimento for em uma área que faça limite com outro município, pode levar a questão do licenciamento ambiental para o nível estadual. Esta opção pode ser mais célere a depender do local, mas ainda assim o município é quem deverá autorizar o uso do solo.

Alinhados à questão da responsabilidade dos diversos órgãos e entidades de direitos civis e difusos relativos a esses empreendimentos, seria importante uma melhor coordenação. Esse item vai ao encontro dos pontos (ii) e (iii) assinalado por Hoffmann (2017), entendendo que melhor capacidade estatal no monitoramento das políticas ambientais passa também por uma revitalização do Ibama.

Diante de um mapeamento dos normativos e incentivos fiscais existentes no âmbito federal e dos governos subnacionais, será possível o planejamento cooperativo para a simplificação e consolidação de normas, de incentivos fiscais e não financeiros, arranjos institucionais mais sinérgicos, especialmente entre os atores públicos, para não só garantir maior agilidade e eficiência aos procedimentos de licenciamento ambiental, como principalmente garantir o resguardo do meio ambiente no âmbito das peculiaridades locais, evitando-se, assim, déficits de proteção. Garcia, Godoy e Godoy (2020) sugerem que se trace uma “matriz de responsabilidades dos entes governamentais (ANP, Ibama, órgãos estaduais de meio ambiente, Iphan, Funai, Fundação Palmares, entre outros) e não governamentais de defesa dos direitos civis e difusos relacionados à temática ambiental”.

Os autores sugerem que, ao se sistematizar a legislação, os atores públicos avancem no detalhamento de instalação, operação e manutenção das unidades de produção de ECR/SAF. Nesse sentido, vale destacar que a adoção de uma governança multinível pode cooperar para a análise das tecnologias, logísticas e instalações que estão sendo adotadas pelos países paradigmáticos do setor e que podem ser emulados para garantir agilidade, competitividade e proteção ambiental no Brasil. Por derradeiro, os autores destacam a necessidade de se aprimorarem os ritos burocráticos de licenciamento ambiental com segurança jurídica e socioambiental, por meio da elaboração de um Guidelines que permita adotar procedimentos administrativos mais simplificados que poderão contribuir “para o alcance das diretivas globais de redução dos GEEs, especialmente em face das intenções divulgadas com relação ao setor de aviação no Acordo de Paris, cujos compromissos firmados estão subscritos pelo Brasil”.

O papel das audiências públicas no processo de licenciamento é passo importante nesse sentido da governança multinível e também torna o processo legítimo do ponto de vista democrático. Aproveitando-se das discussões do PL no Senado sobre o licenciamento ambiental, os procedimentos estaduais também poderiam ser harmonizados para a gestão ambiental desses tipos de empreendimentos destinados a SAF, por exemplo. Outros tipos de estímulos poderiam prever aos empreendimentos que tenham previstos práticas que contribuam para descarbonização:

- a. inclusão de benefícios/descontos das taxas de licenciamento;
- b. mecanismo de Prioridade para obtenção de licenças;
- c. licença concedida por um período maior.

Nesse sentido, o estudo feito por Lobo (*In press*<sup>23</sup>) reforça que há um movimento de aproximação entre os processos de licenciamento e as boas práticas ambientais. O autor ressalta que apenas Portugal apresenta benefício direto concedido no âmbito do processo de licenciamento, isto é, extensão do prazo da licença. As conclusões do estudo indicam que o Brasil poderia emitir concessão de licenças com prazo estendido, bem como buscar a redução da burocracia, a partir da otimização dos procedimentos administrativos, além de aplicar

23. LOBO, E. *Environmental Licensing: the transition from punishment to stimulus* (*In press*).

a isenção ou redução de taxas a empreendimentos sustentáveis. Outro ponto destacado é justamente a facilitação de financiamento. Nesse quesito, a análise da seção 7 poderá trazer elementos significativos sobre essas oportunidades pelo BNDES, por exemplo.

Garcia, Godoy e Godoy (2020) destacam ainda a necessidade de se estabelecer um Sistema de Informações Geográficas, a partir de estudos geomáticos (ou geoinformáticos), com o fim de consolidar uma base de dados georreferenciados com planos de informação discretizada, que contenham, por exemplo:

- distribuição dos aeroportos remotos;
- estado atual dos ecossistemas (espaços legalmente protegidos, como Unidades de Conservação, Área de Preservação Permanente e Reserva Legal), uso e ocupação (presença de intervenientes sociais e políticos atuantes ou residentes – extrativismo, populações tradicionais e indígenas, referência histórica, arqueológica etc.) e rede hidrográfica (disponibilidade, diversidade, conformação), entre outros
- Integração dos usuários de QAV às poucas redes de distribuidoras autorizadas pela ANP, por meio da inscrição em uma matriz de modais de distribuição desse combustível até os aeroportos e aeródromos. (Garcia, Godoy e Godoy 2020, p. 47)

Vale ressaltar que a WWF tem feito um mapeamento com modelagem ecológico-econômica, incluindo o Sistema Alimentar Mundial e a metodologia de Zonas Agroecológicas Globais, com metodologias que já foram utilizadas na África do Sul<sup>24</sup> e que utilizam dados do Map-Biomas e também observaram os dados disponibilizados pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) da Universidade Federal de Goiás. A RSB também faz parte dessa iniciativa. Mas a inclusão do ecossistema incluir os PCT é extremamente relevante.

Acreditamos que a diretriz sobre a instalação, a operação e a manutenção das unidades de produção de ECR dependerá tanto dos estudos ambientais prévios mencionados anteriormente, mas também dependerá de questões econômicas, relacionadas com logística de infraestrutura e distribuição, bem como o modelo regulatório que será gestado. Por fim, no que tange a diretriz sobre ações efetivas e exequíveis para a garantia dos ritos burocráticos de um licenciamento ambiental seguro, reforçamos a sua relevância inclusive para evitar os processos judiciais mencionados por Hoffmann (2017). Por isso, também é importante acompanhar as atuais discussões do PL no Senado.

---

24. O estudo é de circulação restrita até o momento e tem nome de Sustainable Aviation Biofuel Feedstock Potential in South America.

# 7. Análise dos *stakeholders* nas audiências do ProBioQAV

Esta seção contempla a análise das contribuições de especialistas, durante as reuniões do subcomitê do ProBioQAV no âmbito do Combustível do Futuro. Foram realizadas 12 reuniões abertas com *stakeholders*, para além das duas reuniões governamentais. Durante essas dez reuniões, foram realizadas 30 apresentações, com uma média de 51 ouvintes. A ilustração a seguir representa esta agenda.

Figura 13. Agenda do Subcomitê do ProBioQAV (2021)

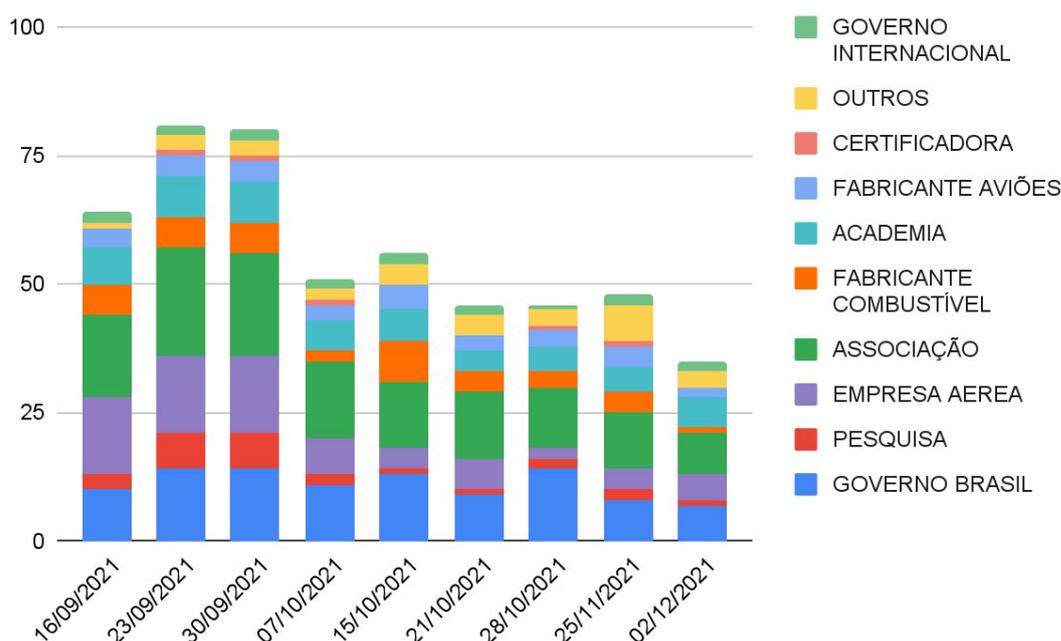


Fonte: MME, 10/01/2021.

Consideramos para análise, também, a frequência por categorias, sendo consideradas: Associações de classe; Empresas aéreas; Produtores de Combustíveis; Fabricantes de Aeronaves; Instituições Acadêmicas e de Pesquisa; Representantes do Governo Brasileiro e de Governos de fora do Brasil (considerando a GIZ nesta categoria), conforme a gráfico a seguir.

Considerando o total de representantes por categoria estabelecida, as associações foram as que tiveram maior participação de modo geral, com 25%, seguidas de representantes do governo brasileiro com 20% e de empresas aéreas com 14%. A Academia e os institutos de pesquisa somam juntas 16%. As três primeiras reuniões também tiveram uma audiência muito significativa de representantes das empresas aéreas, mas, após esse período, o número de representantes caiu pela metade. Entidades governamentais somam-se na terceira categoria com maior número de representantes.

Gráfico 6. Frequência dos Stakeholders por Categoria no ProBioQAV



Fonte: Elaboração própria, 2021.

## 7.1. Perfil dos participantes

Esta seção visa mapear os interesses, as recomendações e os desafios apontados pelos múltiplos *stakeholders* que fizeram parte das reuniões do subcomitê ProBioQAV. As passagens identificadas nos quadros são informações obtidas diretamente de seus slides ou websites para melhor sistematizar suas contribuições ao debate de SAF, de modo a preservar seus pontos de vista e argumentos utilizados para a regulamentação deste combustível alternativo.

### 7.1.1. Empresas aéreas

#### GOL

A GOL não teve uma apresentação individual nas reuniões, então as informações abaixo foram encontradas em seu sítio eletrônico.

A GOL é a pioneira no incentivo à pesquisa e desenvolvimento de tecnologia de biocombustíveis e foi a primeira empresa aérea brasileira a divulgar seu inventário de gases de efeito estufa com base no Greenhouse Gas Protocol, e está qualificada com o Padrão Ouro desde 2011. A GOL é membro de entidades nacionais e internacionais como o Programa Brasileiro de Protocolo GHG, a União Brasileira de Biocombustíveis e Bioquerosene (Ubrabio), o Comitê Ambiental da IATA, o Grupo de Usuários de Combustível de Aviação Sustentável (Safug), a Plataforma Brasileira de Combustível Renovável e Bioquerosene (PBB), e a Plataforma de Bioquerosene do Estado de Minas Gerais (PMB). A Companhia também gerencia a emissão de gases de efeito estufa (“GEEs”) de seus voos, por meio da eficiência de combustível e adminis-

tração da malha. Na última década, a Companhia reduziu em 26% suas emissões de CO<sub>2</sub> por passageiro. Além disso, a Companhia possui um programa de coleta seletiva de resíduos em expansão, buscando a redução de resíduos em aterros. Desde 2016, a GOL faz parte do Índice ICO2, aderindo voluntariamente à Coalizão de Liderança em Preços de Carbono (CPLC), uma iniciativa global para precificar adequadamente o carbono para mitigar as mudanças climáticas e “descarbonizar” a economia. Em 2020, a Companhia foi a única empresa brasileira incluída em uma seleta lista de 13 aéreas globais que receberam a certificação Estágio 1 do IATA Environmental Assessment, IEnvA, que é a validação de que a GOL desenvolveu uma política ambiental consistente e está cumprindo suas responsabilidades. A GOL foi avaliada pela MSCI, em seu ESG Rating Scorecard, como uma das empresas aéreas mais sustentáveis e eficientes em carbono globalmente, reduzindo seus índices de emissões de carbono em até 20% abaixo de seus pares da indústria.

Objetivos: Até o final de 2021, a GOL buscará atingir o Estágio 2 do IEnvA. A Companhia é também membro da Below50, que reúne entidades que se comprometem a utilizar combustível renovável que reduz as emissões de GEE em 50% ou mais, se comparado ao combustível fóssil equivalente. Para atingir esses objetivos ambientais, a GOL procura ativamente adotar novas tecnologias da aviação que reduzam o consumo de combustível e as emissões de GEE.

Como parte dessa estratégia, a Companhia opera uma frota padronizada e está antecipando a migração para as aeronaves 737 MAX-8s, que consomem 15% menos combustível e produzem 16% menos emissões de carbono comparativamente às aeronaves 737-800 NG. A GOL também possui um plano de ação para cumprir o Esquema de Compensação e Redução de Carbono para Aviação Internacional (CORSIA). As medidas previstas pela Companhia estão em linha com o posicionamento dos Ministérios da Infraestrutura e das Relações Exteriores, da Secretaria de Aviação Civil (SAC) e da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), que propuseram que as aéreas brasileiras aderissem ao CORSIA até 2027, quando a participação será obrigatória. Para 2025, a GOL pretende utilizar 1% de SAF em seu consumo total e, para 2050, a meta é ter emissões líquidas zero de carbono. No trimestre findo em 30 de junho de 2021, o indicador ESG de Emissões globais brutas do escopo 1 (mil t CO<sub>2</sub>) foi de aproximadamente 282,4, uma redução de 42% em relação ao 1T21, enquanto o Combustível Total Consumido (litros, 1.000/RPK) atingiu 32,8, redução de 4% frente ao 1T21, e as Emissões de gases de efeito estufa/h voo (t CO<sub>2</sub>) foram de cerca de 7,3, estável frente ao 1T21. (GOL, 2021).

#### Histórico de Voos com SAF

A Gol realizou, no dia 19 de junho de 2012, o primeiro voo experimental com bioquerosene. O bioquerosene utilizado pela Gol é de processamento de óleo vegetal e gorduras animais. Porém, foi importado dos Estados Unidos para o uso no voo (GASPARIN, 2012). No dia 23 de outubro de 2013, foi realizado seu primeiro voo comercial com bioquerosene, em parceria com a Amyris Inc. O memorando de entendimentos prevê que GOL e Amyris trabalharão juntas para estruturar um programa de uso de combustível de aviação renovável derivado de cana-de-açúcar em voos comerciais da GOL, que seria implementado após a conclusão das validações de especificações técnicas pela indústria aeronáutica e órgãos como a ASTM Internacional e a Agência Nacional do Petróleo e Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (BOEING, 2013). No dia 31 de julho de 2014, a Gol fez o primeiro voo internacional com bioquerosene derivada da cana-de-açúcar, de Orlando para São Paulo, em parceria com a Amyris Inc. (AEROMAGAZINE, 2014)

## Azul

A Azul está a passos largos ampliando suas iniciativas dentro dos âmbitos da Sustentabilidade: Social, Ambiental, Governança e Financeira. Por meio da Estratégia “Conexão que Transforma” a empresa dividiu suas iniciativas e se comprometeu com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU, dividindo o trabalho em três pilares: a operação ecoeficiente, o foco em pessoas e o “chegar + longe”.

A empresa está comprometida com as metas setoriais globais de proteção ambiental, determinadas pela [IATA](#) e pela OACI e com foco no crescimento neutro em emissões a partir de 2020 e no estabelecimento de NetZero até 2045 ([Azul linhas aéreas, 2021](#)).

Azul fez voo experimental do aeroporto de Viracopos no dia 19/06/2012. O combustível utilizado era feito à base de cana, no âmbito do projeto Azul+Verde, em parceria com a Amyris, a Embraer e a General Electric ([G1, 2012](#)).

- Apresentação ProBioQAV

As estratégias de enfrentamento à mudança climática da empresa incluem tecnologia de renovação da frota, tecnologia de bordo e em solo. Também inclui a operação eficiente, com manutenção, operação aérea, em solo e administrativo. Compensação pode ser via CORSIA, EU/ETS, mercado brasileiro e voluntário.

A empresa tem também compromissos climáticos, pela transformação da rota, Net Zero 2045, adesão ao SBTi, adoção do Framework TCDF e o compromisso público sobre o uso de biocombustíveis.

O histórico da empresa com BioQAV se iniciou em 2012, na Rio + 20, quando houve uma tentativa de utilização de Bio QAV em parceria com a Amyris. Em 2017, houve outra tentativa, mas sem sucesso, devido ao fato de não haver código de classificação fiscal para o produto. Houve também dúvidas e interpretações distintas de como tributar o produto: se tributava o blend como um todo, fóssil e bio em separado ou proporcional da mistura. Também, não havia laboratórios aptos a certificar o blend no Brasil, sendo necessário enviar ao exterior, elevando custos e prazos. A empresa realizou uma petição à SEFAZ solicitando a redução de ICMS do Blend, uma vez que o SAF custaria mais caro do que o fóssil, porém a solicitação não foi atendida.

Entendem que, para ser viável o uso de SAF pela Azul, é necessário: produção nacional que atenda a demanda especificada pelo mandato; NCM específico e definido para o blend; sistema de tributação bem evidente e definido para SAF, considerando as diferentes alternativas de matérias-primas e porcentagem de mistura; laboratório de certificação nacionais e, preferencialmente, próximos aos locais de produção e consumo; clareza e facilidade na contabilização do carbono evitado com o uso do SAF; sistema de reclamação de créditos de carbono “book & claim” – créditos aceitos para a cia, independentemente de em qual rota o SAF foi utilizado e incentivo fiscal direto ou indireto para a utilização do SAF. ([Azul, 2021](#))

## Latam

Estão comprometidos com a meta da indústria de alcançar um crescimento carbono neutro em 2020. Para isso, realizam diversas ações, a fim de diminuir sua pegada de carbono. O desenvolvimento de energias alternativas sustentáveis é um ponto muito importante para a indústria de transporte aéreo e, como LATAM Airlines Group, eles se alinham a estes esforços e trabalham neste desenvolvimento e na futura incorporação de combustíveis alternativos sustentáveis em sua operação. (LATAM, 2021)

A TAM fez um voo experimental com bioquerosene de aviação no dia 22 de novembro de 2010. Um Airbus A320 da TAM fez um voo de 45 minutos utilizando biocombustível de aviação produzido a partir do óleo de pinhão manso. O avião experimental saiu do aeroporto do Galeão e voou sobre o Atlântico, depois retornando ao aeroporto de origem. (ESTADAO, 2010)

- Apresentação ProBioQAV

A Latam tem como metas ser carbono neutro até 2050, compensar 50% das emissões domésticas até 2030 e utilizar SAF em um programa de combustíveis alternativos sustentáveis em 2023.

No curto prazo, são necessários mecanismos de apoio para estimular a demanda do mercado, permitindo o aumento de escala e redução dos custos de produção. Assim, é relevante ter uma política pública e que seja acompanhada de incentivos que garantam custos competitivos.

No caso do Brasil, por exemplo, os incentivos podem vir do custo de produção da commodity ou redução de ICMS e PIS/Cofins do SAF. Uma outra frente conectada à política de estímulo do Governo seriam linhas de crédito no longo prazo para garantir menos impacto no custo do SAF. (LATAM, 2021)

### 7.1.2. Fabricantes de aeronaves

#### EMBRAER

Principais compromissos ambientais: a empresa se compromete com o crescimento neutro em carbono a partir de 2022, bem como com o uso de SAF em processos a partir de 2021, além da neutralidade em carbono até 2040. Também, foca no desenvolvimento de produtos, serviços e tecnologias para aviação net-zero carbono 2050 e em aeronaves 100% compatíveis com SAF. Por fim, busca o engajamento com fornecedores e parceiros para expandir a produção global de SAF.

Atividades em SAF: protótipo E170 HEFA 2011 (óleo de camelina); azul E195 SIP 2012 (cana de açúcar); KLM cityhopper E190 HEFA 2016 (óleo de camelina); roadmap publicado com resultados de workshops, conceito de biorrefinaria, horizon 2020 consortium;

Destaca como pontos importantes para o estabelecimento do SAF a definição de uma Diretriz Nacional para o SAF e a adequação tributária, que contaria com a adequação fiscal por meio da definição da carga tributária. É necessário também que se estabeleça previsibilidade para “Book & Claim”. Outro ponto importante será a criação de linhas de financiamento para instalação de novas plantas (CAPEX e OPEX), assim como o aprimoramento para a implantação de cadeia: da matéria-prima até a entrega no Aeroporto (mapeamento de demandas, gargalos e oportunidades). (EMBRAER, 2021)

## Boeing

- Apresentação ProBioQAV

Para a Boeing, a jornada para o net-zero também exigirá o uso de compensações de carbono verificadas e sustentáveis no médio prazo, à medida que trabalham coletivamente para aumentar os combustíveis de aviação sustentável (SAF) e implantar novas tecnologias. O programa de compensação global, alinhado à indústria (IATA, OACI), CORSIA, foi implementado como uma ponte para complementar o trabalho que é feito para descarbonizar a aviação.

O apoio governamental e os incentivos políticos para o setor privado são essenciais, especialmente para permitir uma transição para caminhos mais difundidos e a produção de combustíveis de aviação sustentáveis. O governo tem um papel vital em fornecer um caminho especificado e dedicado para a comercialização de SAF e apoiar um fornecimento de matéria-prima diversificada e sustentável. Aumentar a produção e a capacidade de abastecimento, bem como reduzir o custo do combustível sustentável para que se torne competitivo em termos de preço com o combustível convencional, são medidas importantes que podem facilitar um uso mais amplo pelas companhias aéreas. Mais especificamente, o desenvolvimento de incentivos regulatórios e financeiros para o investimento, pesquisa, desenvolvimento, implantação e distribuição de SAF deve ser uma prioridade. Tal abordagem baseada em incentivos permitiria às companhias aéreas fazerem compromissos de compra a preços equivalentes aos do combustível convencional e criar uma demanda de mercado estável à medida que a indústria continua a inovar e aumentar. ([Boeing 2021](#))

A Boeing fez o compromisso de que seus aviões comerciais serão capazes de serem certificados para voar 100% com combustíveis sustentáveis de aviação até 2030. Anteriormente, a empresa já havia realizado voos utilizando SAF. ([BOEING, 2021](#))

## Airbus

A Airbus tem o propósito de ser pioneira em um aeroespço sustentável para um mundo seguro e unido. Possuem, também, o objetivo de oferecer 100% de capacidade em SAF nas aeronaves comerciais até 2030, assim como se tornarem o maior fabricante a oferecer uma aeronave neutra até 2035. A Airbus tem a ambição de se tornar net-zero até 2050. Para atingir este objetivo, possuem uma rota de redução de CO<sub>2</sub> que inclui aeronaves de última geração, tecnologia disruptiva, operações e infraestrutura, combustíveis sustentáveis e *offsetting*.

Sua família de aeronaves A220, A320NEO, A330NEO E A350 é a mais ecoeficiente, com 25% menos produção de CO<sub>2</sub>. Porém, apenas 13% da frota de aeronaves em serviço possui essas aeronaves de última geração.

Como histórico de trabalho para a utilização do SAF, a Airbus começou, em 2008, a pesquisa sobre transformação de gás em querosene líquido. Em 2011, a Lufthansa já utilizava 50% de SAF em voos com o A321. A Iberia também lança iniciativas de uso de biocombustíveis. Em 2012 a Air Canada realizou o primeiro “voo perfeito”, utilizando um blend de 50% de SAF no A319. Em 2014 a KLM faz o voo mais longo utilizando SAF e, em 2015, é lançado o Sustainable Aviation Engagement Programme (SAEP).

A partir de 2021, testes de uso de 100% de SAF foram feitos. A expectativa é de que aeronaves capazes de voar 100% com SAF estejam disponíveis até 2030. Para isso, a Airbus tem se juntado com parceiros e os primeiros voos de teste com 100% de SAF foram feitos em março de 2021.

A abordagem estratégica para descarbonização da Airbus inclui tecnologia e design, com novas gerações de aeronaves com tecnologias disruptivas, operações eficientes que reduzem a queima de combustível e a adaptação dos aeroportos, papel essencial do uso de SAF no curto e longo prazo, uso do hidrogênio e medidas econômicas que incluem o CORSIA, o ETS e o offsetting. (AIRBUS, 2021)

### 7.1.3. Associações

#### ABEAR

Segundo a associação, o elemento mais importante de ineficiência econômica das empresas aéreas brasileiras reside no preço do querosene de aviação (QAV), que é entre 30% e 40% mais caro do que nos Estados Unidos. As três principais razões são: política de paridade de preços de importação seguida pela Petrobras (67% do custo total), tributação elevada (26%) e distribuição ineficiente e oligopolizada (6%). O assunto é amplamente debatido nesta edição do Panorama.

Em 2020, desenvolveu relatório que analisa a influência de diferentes fatores na utilização do bioquerosene de aviação no Brasil. (ABEAR, 2020)

- Apresentação Pro BioQAV:

A associação descreve que os objetivos estão focados em melhorar a eficiência de combustível, estabilizar as emissões líquidas de CO<sub>2</sub> da aviação por meio de um crescimento neutro em carbono, reduzir pela metade as emissões líquidas de CO<sub>2</sub> da aviação até 2050, CO<sub>2</sub> líquido zero da aviação até 2060 ou 2065, globalmente.

Para atingir estes objetivos, os pilares necessários seriam a previsão de tráfego, desenvolvimento tecnológico, de operações e infraestrutura, a utilização de SAF e o *offsetting*.

Para que seja desenvolvida uma política do SAF no Brasil é necessária a certificação de qualidade, o alinhamento internacional, a elegibilidade do CORSIA, priorização de aeroportos mais relevantes, incentivos por meio de créditos ao comprador abatidos em tributos, sem distorções de mercado e sem comprometer a sustentabilidade financeira das empresas aéreas, o apoio a projetos de pesquisa e desenvolvimento do SAF e a abertura a todas as rotas e tecnologias e vocações regionais de produção.

Entre os desafios do SAF, temos que ele é menos de 1% de todo combustível de aviação, sendo de 2 a 4 vezes mais caro que o fóssil. Além disso, é necessário um ritmo diferente de produção. Há dificuldades quanto à previsibilidade e a neutralidade e serão necessários mandados adequados à oferta, além de mecanismo de equilíbrio (ABEAR *et al.*, 2021).

## IATA

As companhias aéreas membros da IATA e a indústria da aviação em geral estão comprometidas coletivamente com metas ambiciosas de redução de emissões. Os SAFs foram identificados como um dos elementos-chave para ajudar a atingir esses objetivos. Assim, o apoio governamental é essencial para seu uso e para atingir as metas climáticas da indústria.

O foco da associação está no envolvimento de uma ampla gama de partes interessadas da indústria e das políticas em todos os tópicos do SAF, bem como na facilitação da cooperação e promoção de parcerias. Deseja, também, fornecer apoio político a nível nacional, regional e internacional para a criação da infraestrutura necessária para comercialização de SAF e da remoção de barreiras para um mercado de SAF com custo competitivo. É necessário, também, que se promova a harmonização global dos critérios de sustentabilidade para a SAF. Outros focos estão na educação e apoio de produtores no processo de certificação técnica (ASTM D1655) e o estabelecimento de fóruns para troca de conhecimento e oportunidades. (IATA, 2021)

## ALTA

Desde 1980, com 105 membros, a ALTA tem como missão coordenar esforços de colaboração de seus membros para desenvolver um transporte aéreo mais seguro, eficiente e ambientalmente responsável na América Latina e no Caribe. (ABEAR *et al.*, 2021)

## JURCAIB

O Jurcaib surgiu em 1959 e conta hoje com 33 membros. Possui como visão o estudo, a defesa e a coordenação e representação das empresas aéreas regulares internacionais do território brasileiro (ABEAR *et al.*, 2021). A JURCAIB é a única entidade representativa das empresas aéreas internacionais no Brasil, com personalidade jurídica própria e legitimidade para atuar em esferas governamentais, administrativas e judiciais em nome do interesse coletivo de suas associadas. Constitui-se em um foro especial para o debate de questões de natureza institucional relacionadas às operações de seus membros, ensejando reflexos positivos na indústria. Trabalha sistematicamente nas esferas administrativas e judicial relativamente às regras de igualdade de condições de concorrência pelo princípio de reciprocidade de tratamento entre empresas domésticas e internacionais e que visem a aplicação dos princípios de facilitação consagrados nas convenções internacionais das quais o Brasil é signatário. (JURCAIB, 2021)

## ABAG

Durante a abertura do CBA, Marcello Brito anunciou que a ABAG foi a primeira associação do agronegócio em nível mundial a neutralizar todas as suas emissões de gases de efeito estufa em 2019. Essa ação inédita, pioneira e inovadora foi possível devido ao novo ativo ambiental do agronegócio brasileiro, os CBios, créditos de descarbonização criados em nossa Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio). (ABAG, 2020)

- Apresentação ProBioQAV:

A ABAG considera importante o entendimento da Business aviation declaration on net-zero carbon emissions by 2050. Desejando contribuir ainda mais para os esforços de ação climática, a comunidade global de operadores de aeronaves executivas se compromete a atender às emissões líquidas de carbono zero até 2050 por meio de uma combinação de medidas e em estreita parceria com as partes interessadas, particularmente governos e setores-chave da indústria de transporte aéreo. Como objetivos do Compromisso da Aviação Executiva sobre Mudanças Climáticas (BACCC) incluem-se, no curto prazo, 2% de melhoria anual da eficiência de combustível de 2009 a 2020. No médio prazo, o crescimento em carbono neutro a partir de 2020.

Combustível de Aviação Sustentável (SAF) para a Aviação Executiva: é sugerida uma coalizão para produção, fornecimento, conscientização e uso de SAF. No longo prazo, o objetivo é reduzir as emissões até 2050 em relação aos níveis de 2005. Objetiva-se também a criação de uma plataforma voluntária de compensação de carbono. É necessário o desenvolvimento de sistemas de propulsão sustentáveis, como a eletricidade e o hidrogênio, bem como o aumento da produção e disponibilização de SAF a preços razoáveis. Para isso, buscam melhorias operacionais e infraestrutura modernizada que reduza o peso para que os voos sejam feitos de forma mais direta, com controle de tráfego aéreo moderno e infraestrutura aeroportuária. Assim, sugere que os governos devem implementar políticas para: incentivar a produção, distribuição sustentável e consumo de SAF, encorajar PD&I em matérias-primas sustentáveis para produção de SAF e promover a modernização da capacidade da indústria. Os produtores devem aumentar a rede de produção e os fabricantes devem projetar e fabricar aeronaves e motores cada vez mais eficientes. (ABAG, 2021)

## APROBIO

- Apresentação Pro BioQAV:

A apresentação descreve as contribuições para a construção da política pública de BIOQAV, além do destaque das particularidades do Querosene de Aviação Sustentável. Pontos singulares deste combustível que a APROBIO considera importantes na construção da política pública: produto deve ser “drop-in” e aprovado internacionalmente, a introdução poderá ser feita em menor tempo ao utilizar “insumo>processo” já aprovado e os processos aprovados devem possuir interface com produção de diesel renovável. Em geral: CAPEX elevado gera unidades de alta capacidade de produção, criando menor dispersão geográfica e quantidade de unidades. Cada processo aprovado utiliza um tipo de insumo (com elevada demanda). Considerando que a demanda por SAF existe, os insumos são um fator crítico para a viabilidade dos projetos. Deve-se considerar a necessidade de expandir a oferta de insumo, por meio da expansão da oferta de biomassa e construção, instalação e operação de biorrefinaria, porém, a expansão da oferta de insumos depende de Política Pública própria. (APROBIO, 2021)

## UBRABIO

- Apresentação Pro BioQAV:

Descrição das externalidades de produção e uso de bioquerosene no Brasil: a produção cria novo setor, reduzindo emissões de GEE. Também, diversifica Matriz Energética sustentável, favorece a aviação regional, gera emprego e renda, induz o desenvolvimento regional e interiorização da indústria, reduz as importações de querosene de aviação fóssil, potencializa aplicação de recursos em PDITT, confere maior segurança ao abastecimento, produz crescimento sustentável e transição para uma economia de baixo carbono e, por fim, contribui para saúde e qualidade de vida.

O BioQav seria a única forma de estabilizar as emissões de GEE. O CORSIA é uma solução transitória (até 2035); A precificação das emissões deve contribuir para a viabilidade econômica do BioQav, criando assim uma oportunidade de desenvolvimento de uma nova indústria sustentável no país. O Brasil possui ampla experiência na produção de biocombustíveis e potencial inigualável para a produção de BioQav. Porém, é necessário o estabelecimento de Marco Regulatório. Foco Nacional deve estar no RenovaBio (CBIOS X BIOQAV), no investimento Integrado em PDI/arranjo sócio/econômico/ambiental.

Marco Regulatório deve aproveitar o que puder dos modelos de Etanol e Biodiesel com estímulos adicionais para colocar “em pé” uma Política Pública, a exemplo da tributação; Introdução da agricultura familiar, mas com adição obrigatória volume/empresa/ano.

Foco Internacional: CORSIA, ASTM/ EUA – A ANP vem realizando excelente trabalho de adequação à especificação.

Desafios: aspectos regulatórios técnicos, definições tributárias, políticas de incentivo à PDITT, coordenação política, governança, políticas de investimentos de cadeia de produção, políticas sociais, políticas de meio ambiente – criação de marco regulatório. (UBRABIO, 2021)

## SAE BRASIL

Sociedade de Engenheiros Automotivos, conta com seis mil associados e 800 voluntários e atuação nacional, com sua sede na cidade de São Paulo e presença em sete estados brasileiros, por meio de 9 seções regionais. (SAE BRASIL, 2021)

- Apresentação Pro BioQAV:

Descrição da transformação energética necessária para atingir os objetivos do Acordo de Paris, bem como a análise do hidrogênio e o movimento global pela descarbonização, o cenário mundial atual do hidrogênio, a demanda crescente de hidrogênio verde e os tesouros do Brasil como inúmeras fontes para sua produção. Descreve, também, os diferenciais do Brasil. Há uma explicação de como o Ceará desenvolve a complementaridade diária pela energia eólica e solar e os processos de gaseificação (produção de hidrogênio a partir de resíduos plásticos e biomassa).

O Brasil possui vantagens competitivas, com matriz elétrica renovável e inúmeras fontes para produção de Hidrogênio Verde. Seu mercado líder de compra e venda de eletricidade promove a competitividade dos preços de H<sub>2</sub> Verde porque 70% desse custo é o custo da eletricidade renovável. Há, também, incentivos e políticas de energia renovável e biocombustível que beneficiam o setor de hidrogênio. Por fim, é importante a abundância de recursos que superam a demanda prevista para 2050 no PNE.

Há a descrição de projetos pilotos no Brasil e dos HUBs de hidrogênio verde. Descreve também o setor atual do H<sub>2</sub> no Brasil.

Passa pelas tecnologias power to X; do setor elétrico e setor de gases industriais e a descrição do H<sub>2</sub> verde como descarbonizador do setor industrial. Descreve também como a Alemanha lidera a importação de H<sub>2</sub> verde e as suas futuras rotas de importação e exportação. Argumentam que o H<sub>2</sub> verde do Brasil pode ser o mais barato do mundo. Há, também, a produção de combustíveis sintéticos com hidrogênio verde. Descrevem, também, como o hidrogênio verde contribui para a descarbonização do setor de aviação. Descreve, por fim, o cenário do futuro do hidrogênio na aviação.

Aeronaves menores serão eletrificadas, e aeronaves de longo alcance usarão Combustíveis de Aviação Sustentáveis. O hidrogênio será um forte candidato para futura propulsão de aeronaves regionais e de médio porte. Nesta categoria, os OEMs terão que verificar a melhor configuração híbrida elétrica, e respectivos custos considerando a necessidade de descarbonização. Juntamente com a propulsão elétrica e SAFs, veem um papel importante para o hidrogênio para enfrentar o desafio da aviação sustentável, e recomendam alocar recursos para explorar esse potencial. (SAE, 2021)

## World Economic Forum / Clean Skies for Tomorrow

A Clean Skies for Tomorrow Coalition é liderada pelo Fórum Econômico Mundial (WEF) em colaboração com o Rocky Mountain Institute e a Energy Transitions Commission. CST tem avançado por meio de consultas estreitas com o parceiro consultivo, o Air Transport Action Group. Os fundadores incluem: Airbus Group, Aeroporto de Heathrow, KLM Royal Dutch Airlines, Royal Schiphol Group, Shell, SkyNRG, SpiceJet e The Boeing Company. Esta iniciativa é parte do Centre for Nature and Climate, Climate Action Platform, e Shaping the Future of Mobility Platforms, promovidos pelo World Economic Forum (WEF, 2021)

- Apresentação ProBioQAV:

foi apresentado o Policy ToolKit que será objeto de nossa próxima seção por sistematizar diversas opções políticas pertinentes ao SAF.

## IBP

- Apresentação Pro BioQAV:

O IBP considera que as definições devem interagir com as estruturas internacionais, bem como com os próprios programas e regulações internas, propondo uma meta realista e ambiciosa que equilibre o rápido crescimento setorial com apoio às tecnologias mais importantes no longo prazo. Assim, consideram o compromisso de alcançar net zero na aviação até 2050, considerando o importante papel do SAF em viabilizar este compromisso.

A proposta, então, é implementar uma política baseada nas reduções das emissões dos gases de efeito estufa, com um esquema que conceda créditos proporcionais aos quilogramas de CO<sub>2</sub> reduzidos. Como ambição, pode-se pensar também em um mandato que estabeleça volumes a partir de 2030 até 2050, associados com as metas definidas de redução das emissões de GEE.

Descrevem a ASTM e os critérios de sustentabilidade para os combustíveis elegíveis pelo CORSIA, assim como o conceito de SAF do IATA. Apresentam, também, como o SAF garante a transição para o net-zero e o perfil e dados históricos de emissões na aviação e as rotas tecnológicas.

Como exemplo, apontam que em todos os cenários a trajetória de captação/utilização do SAF cresce linearmente de 2025 a 2035. Como os custos do SAF também devem diminuir, até certo ponto, presume-se que uma trajetória exponencial de 2035 a 2050 deverá ser mais realista e viável. Apontam, por fim, a cadeia de custos e rendimentos e as ferramentas de medições e certificações.

São apontadas propostas preliminares: um mandato baseado nas reduções das emissões dos GEE na aviação e o volume de SAF como consequência, metas definidas para o Brasil como um todo, início pelos locais com maior demanda de produto e facilidades logísticas, definição da cadeia de responsabilidade e de questões tributárias, processo de certificação de qualidade, com laboratórios e universidades e o renovabio como uma opção inicial para o SAF. (IBP, 2021)

#### 7.1.4. Produtores / distribuidores de combustível

##### Petrobrás

- Apresentação ProBioQAV:

Compromissos da empresa: carbono quantificado nos processos críticos, resiliência da posição em fósseis frente à transição para baixo carbono, fortalecimento das competências para criar valor em baixo carbono – dupla resiliência (econômica e ambiental).

Compromissos de sustentabilidade baseados na redução das emissões absolutas operacionais totais em 25% até 2030, na zero queima de rotina em *flare* até 2030, na reinjeção de ~40 MM ton CO<sub>2</sub> até 2025 em projetos de CCUS, na redução de 32% na intensidade de carbono no E&P até 2025 (15 kgCO<sub>2</sub>e/boe mantidos até 2030), na redução de 40% na intensidade de emissões do metano no E&P até 2025 e na redução de 16% na intensidade de carbono no refino até 2025, ampliando para 30% até 2030 (30 kgCO<sub>2</sub>e/CWT).

Além disso, buscam a redução de 50% na captação de água doce nas operações até 2030 e o crescimento zero na geração de resíduos de processo até 2025. 100% das instalações Petrobras terão plano de ação em biodiversidade até 2025. Buscam, também, investimentos em projetos socioambientais, programas em direitos humanos e relacionamento comunitário

Para a criação de política pública sobre SAF, é necessário que ela esteja alinhada com políticas/metabolismos internacionais e que dê suporte/garantia aos investimentos para produção. A iniciativa deve ser competitiva e rentável, trazendo sustentabilidade para o negócio e sociedade. Deve, também, aproveitar a sinergia com o diesel renovável.

Entre os pontos críticos para o sucesso do uso de SAF no Brasil estão as metas, as matérias-primas, a logística, a certificação e a economicidade. (PETROBRÁS, 2021)

## Raízen

- Apresentação ProBioQAV:

Segundo a Raízen, o Brasil tem condições de ser um dos maiores líderes globais em SAF considerando as tecnologias em Etanol e demais Biocombustíveis (animal e vegetal). Para isso, precisamos: ter produto disponível na quantidade suficiente e a um custo acessível para ajudar na diminuição da emissão da pegada de carbono na indústria da Aviação; criar ambiente regulatório que estimule o desenvolvimento do mercado doméstico e fomentar o desenvolvimento desta indústria para que o Brasil possa realizar sua vocação de primazia a nível global.

Além disso, porém, há desafios. Entre eles, não limitar nenhuma rota tecnológica, desde que aprovada pela ASTM; considerar matérias-primas renováveis e sustentáveis, desenvolver foco no estabelecimento de metas de redução de emissão de carbono, estabelecer estímulos financeiros para instalação de novas plantas, dado o alto investimento (USD 200 a 250M);

Será preciso atenção ao Processo de licenciamento, para que não atrase os projetos de novas plantas. Na questão de logística e distribuição, dado o caráter continental do Brasil, sugestão de estabelecer metas de redução de carbono a nível nacional, sem necessidade de disponibilizar o produto em todos os aeroportos (concentrar próximo aos centros produtores).

Será necessário, também, o investimento em ativos nos terminais de distribuição para realização da mistura. Assim, a proximidade dos aeroportos impactados aos centros produtores reduz o impacto do custo de transporte no preço final. Para isso, é necessário desenvolver processos de certificação locais e a custos acessíveis.

Entre os aspectos tributários, a simplificação e clareza tributária são fundamentais para viabilizar o produto. A atenção a tributação do produto (QAV-1, QAV Alternativo e QAV-C) e os incentivos fiscais são relevantes para que a indústria seja incentivada ao uso do produto.

Para que o Brasil seja um fornecedor de SAF para o mundo, precisamos desenvolver incentivos para instalação de parque industrial a nível nacional e que seja feito uso de disponibilidade de matéria-prima (renovável e sustentável) nas diferentes rotas, privilegiando as vocações regionais, além do incentivo a criação de infraestrutura para exportação. (RAÍZEN, 2021)

## ECB/ BSBIOS

- Apresentação BioQAV:

Descrição dos biocombustíveis avançados Omega Green no Paraguai e de suas certificações ambientais. Descreve também as emissões de GEE e a planta do projeto. Sua produção será toda para exportação. (BSBIOS, 2021)

### 7.1.5. Academia

#### RBQAV

- Apresentação Pro BioQAV

Na apresentação, foi feita a definição e características do QAV alternativo, assim como a descrição das rotas, do HEFA e do ATJ. Há, também, gráficos sobre a produção de pesquisa no Brasil e a apresentação dos aeroportos e voos com SAF.

A RBQAV identifica que é necessário um aumento de investimento em pesquisas de combustíveis sustentáveis, assim como a identificação do % de renovável em meio ao fóssil e o investimento de laboratório para certificação. Também, precisamos incentivar a produção de biomassa. Por fim, é necessária uma definição de políticas públicas que incentivem, mas não aumentem o custo de produção. (RBQAV, 2021)

#### UFMG (LEC)

- Apresentação Pro BioQAV

Iniciando a apresentação, a UFMG destacou o laboratório da universidade e descreveu a certificação do BIOQAV em parceria com a UFMG:

Apresentou, também, os desafios do Brasil. Segundo a UFMG, a garantia da qualidade do BioQAV é um problema complexo devido à grande diversidade de matérias-primas, grande número de rotas homologadas e de requisitos técnicos a serem controlados. Também, há custos elevados de equipamentos e de manutenções, de calibrações e de materiais de referência e de Programas Interlaboratoriais (ASTM-EUA). Por fim, há também demanda por mão de obra qualificada; logística complexa de distribuição e estocagem e o impacto trágico de Não Conformidades.

Assim, será necessário o desenvolvimento de metodologias alternativas utilizando as infraestruturas existentes. (UFMG, 2021)

### 7.1.6. Plataforma Mineira de Bioquerosene e Renováveis

O trabalho de estruturação da Plataforma Mineira de Biocombustíveis e Renováveis, liderado pela Sedectes, por meio da Subsecretaria de Desenvolvimento Econômico, reúne instituições estaduais e federais, entre elas as universidades: Unimontes, UFMG, Federal de Juiz de Fora (UFJF) e Federal de Viçosa (UFV). Há parceria de municípios, bem como de empresas privadas como a Soleá/Acrotech, Embraer, Boeing e Gol Linhas Aéreas. (Agência Minas, 2018)

- Apresentação ProBioQAV:

A Plataforma prevê a restauração de 130.000ha da Floresta Atlântica, agregando a mobilização de 145.000 familiares na Inteligência AgroClimática com forte viés ambiental. A plataforma também foca na cadeia produtiva da macaúba visando a indústria 4.0. Além do governo de Minas Gerais e municípios, o projeto tem apoio do Governo do Reino Unido. O Aeroporto Itamar Franco (IZA) em Juiz de Fora participou da Prova de Conceito, a partir da produção mensal de 10.000 litros de HVO/BioQav, com um modelo franquia de contrato *take or pay*. O destaque dado a Macaúba vem do fato de ser usada já na Plataforma de Bioque-rosene e Renováveis da Zona da Mata (PBioZM) para recuperação de APPs, Reservas Legais e pastagens degradadas do Bioma da Mata Atlântica da Zona da Mata Mineira. Como matérias-primas de baixo custo citam os resíduos agrícolas, RSU, UCO, lodo de esgoto, agregando o sequestro de carbono da macaúba e o reflorestamento, em uma biorrefinaria integrada piloto. A rota destacada é a FT. O sistema proposto também reforça a necessidade de transparência e monitoramento por *trust smart data*. (Plataforma..., 2021)

### 7.1.7. Governo

#### ANAC

- Apresentação ProBioQAV:

A Anac iniciou a apresentação com as projeções de demanda de redução de emissões da aviação civil e conexão com produção de SAF. Descreve que a aviação civil está buscando formas de reduzir suas emissões de CO<sub>2</sub> e os combustíveis sustentáveis de aviação são vistos como grande potencial contribuidor.

Há dois escopos de mitigação das emissões de GEE: aviação civil internacional, sob tutela da OACI e CORSIA e aviação civil doméstica, sob tutela da UNFCCC. Nisto, entra o Renovabio + CT-CF.

Descreve também a compensação por crédito de carbono e uso de SAF; 1 crédito de carbono = 1 tonelada de carbono; cada combinação de rota e matéria-prima e local de produção possui uma redução de emissões vinculada. É preciso considerar tanto o custo quanto o benefício ambiental da rota de SAF. A projeção de possível demanda de SAF é feita somente para operadores aéreos brasileiros no escopo do CORSIA. Não há obrigatoriedade do uso de SAF no CORSIA, o potencial de uso de SAF é em alternativa à compra de créditos de carbono e uma decisão pertencente ao operador aéreo. Há competição entre as diversas rotas produtivas e matérias-primas de SAF no CORSIA devido à pegada de carbono ligada a cada uma. (ANC, 2021)

## EPE

- Apresentação ProBioQAV

Apresentou breve histórico do setor brasileiro, seguido pela modelagem da demanda de QAV e do transporte aéreo. Na projeção de médio prazo, a demanda de QAV total a partir de 2023, quando se estima um crescimento da demanda doméstica de QAV a uma taxa de 5% a.a. para um crescimento do PIB de 3% a.a. A introdução de novas aeronaves, incentivos tributários e a instalação de aeroportos e terminais promovem esse crescimento.

Diesel Verde: estima-se que uma planta dedicada à produção de hidrocarbonetos parafínicos (padrão utilizado internacionalmente com mais frequência), a partir de matérias-primas renováveis, pode produzir o HVO, o bioquerosene de aviação, uma mistura desses, bem como a bionafta e o bio-GLP. Para efeito comparativo, o volume produzido por uma unidade de 300 milhões de litros por ano (fator de utilização de 70%) seria capaz de suprir 0,4% do total de diesel A importado pelo Brasil (0,2% da demanda total do fóssil), para o período decenal.

Estima-se que haverá a entrada do BioQAV na matriz energética brasileira, a partir do ano de 2027, atingindo cerca de 90 mil m<sup>3</sup> em 2030, que corresponde a uma participação no mercado de aproximadamente 1% da demanda total de combustível de aviação, com linhas aéreas específicas adotando rotas tecnológicas certificadas.

Estima-se que haverá a entrada do BioQAV na matriz energética brasileira, a partir do ano de 2027, atingindo cerca de 90 mil m<sup>3</sup> em 2030, que corresponde a uma participação no mercado de aproximadamente 1% da demanda total de combustível de aviação, com linhas aéreas específicas adotando rotas tecnológicas certificadas.” (EPE, 2021)

## BNDES

Formas de atuação do BNDES: financiamento reembolsável de crédito padrão e incentivado, financiamento não-reembolsável e investimento. Há a descrição destas e as oportunidades de fomento à inovação. Por fim, há os seminários do BNDES e MME. (BNDES, 2021a)

Evento realizado no dia 29 discutiu os SAF e deve apresentar formas mais específicas de apoio e financiamentos ao Programa Combustível do Futuro, com foco em SAF, no valor de 30 milhões de reais destinados à instrumentos para desenvolvimento de nova tecnologia. (BNDES, 2021b)

## MAPA

- Apresentação Pro BioQAV:

Combustível sustentável de aviação nos arranjos produtivos da agricultura familiar:

A produção de diesel verde e BioQAV demanda grandes volumes de matérias-primas processadas em óleos vegetais. Assim, a agricultura familiar tem potencial para participar da demanda destas matérias-primas, graças a sua experiência exitosa na inclusão da agricultura familiar na cadeia de biodiesel pelo selo biocombustível social. Este possui regras específicas para os produtores – adquirir mínimo percentual de agricultura familiar, com contratos antecipados e assistência técnica. Os benefícios tributários são PIS, Pasep, Cofins e os comerciais são de acesso a 80% do mercado.

Há, também, benefícios tributários. Os produtores de biodiesel podem ter isenção ou redução da carga tributária como forma de compensar os investimentos que as empresas realizam na assistência técnica e extensão rural, bem como contribuem para assegurar a comercialização da produção do agricultor familiar.

Em 2020, 46 usinas são detentoras do SBS, atendendo 74.000 famílias por ano. Como fornecedora de matéria-prima, a agricultura familiar poderá fornecer soja, milho, mamona, girassol, amendoim, canola, dendê, babaçu e macaúba em larga escala.

A proposta, então, é instituir um novo selo sustentável nos moldes do SBS:

Art. X – O Diesel verde e o bioquerosene deverão ser fabricados preferencialmente a partir de matérias-primas produzidas pela agricultura familiar, e caberá ao Poder Executivo federal estabelecer mecanismos para assegurar sua participação prioritária na comercialização no mercado interno.

Assim, alguns benefícios, como a instituição de um novo mercado para a agricultura familiar, a ampliação do número de agricultores familiares beneficiados, o maior volume e valor comercializado de matérias-primas oriundas da AF, a maior geração de emprego e renda, assistência técnica e acesso a outras políticas públicas e inovação tecnológica, o fortalecimento da agricultura familiar e o atendimento de acordos internacionais poderão ser alcançados. [\(MAPA, 2021\)](#)

### 7.1.8. Governo Internacional / Parcerias

#### GIZ-PROQR

- Apresentação Pro BioQAV:

Cooperação técnica Brasil-Alemanha com o objetivo de criação de um caso de referência internacional para combustíveis alternativos sem impactos climáticos para a aviação usando hidrogênio verde e síntese Fischer-tropsch. Alemanha e o Brasil criaram – com base nas experiências do projeto-piloto no Brasil – um modelo de referência internacional para a aplicação de combustíveis sintéticos sem impactos climáticos na aviação ou em setores de transporte sem potencial de eletromobilidade. [\(GIZ, 2021\)](#)

### 7.1.9. Certificadora

#### RSB – Certificadora

- Apresentação Pro BioQAV:

Descrição da disponibilidade de matéria-prima e potencial do SAF, bem como as possibilidades técnicas e econômicas. Usa o renovabio e fala das certificações de RSB. Descrevem, também, os desafios, que incluem fornecimento limitado de SAF em alguns locais físicos, acesso limitado a operadoras em *hubs* com limite de níveis de *offtake*, o custo e as emissões de transporte de SAF para clientes. Como solução, apresenta o Book & Claim para trazer a SAF para o mercado. (RSB, 2021)

### 7.1.10. Consultoria

#### S&P Global Platts

- Apresentação Pro BioQAV:

Biocombustíveis avançados: o futuro é agora

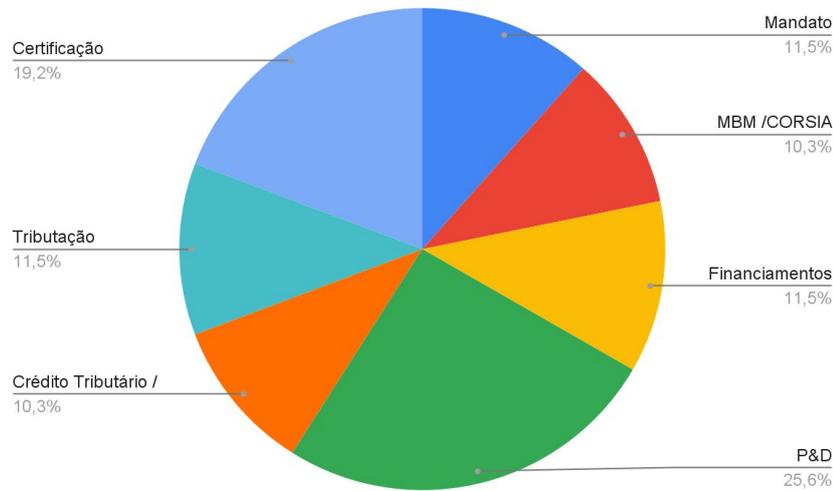
A apresentação é iniciada com alguns questionamentos: as políticas de descarbonização apoiarão os biocombustíveis? O número de países com metas net-zero de longo prazo continua a crescer, mas será que eles vão cumprir?

Apontam que 87% da demanda de biocombustíveis deriva de mandatos; reduzindo as emissões, a dependência dos fósseis e apoiando agricultores. Na UE, há um bloco europeu coberto pela Diretiva de Energia Renovável, embora os países tenham seus próprios mandatos.

A relevância de matérias-primas de baixo carbono continuará a crescer e os biocombustíveis continuarão como solução chave para a descarbonização do transporte. Apontam que o diesel renovável é o segmento de biocombustíveis que mais cresce. Além disso, a sobreposição dos créditos de LCFS mais créditos federais melhora a economia dos combustíveis de baixo carbono. Apresentam uma perspectiva global do investimento em biocombustíveis. Há, porém, uma corrida por matéria-prima. Assim, reduzir as emissões é um desafio global.

Concluem que mandatos, investimentos em novas tecnologias e incentivos financeiros são fundamentais para desenvolvimento da indústria de RD/SAF. A competição por matéria-prima pode criar desequilíbrios no curto prazo e, assim, diversificação e inovação são necessárias. Parcerias são vitais: acordos de *offtake*, união de forças com distribuidores e outros setores. A nova política deve tentar evitar a criação de novas rotas comerciais criando emissões adicionais desnecessárias e o engajamento da sociedade e dos consumidores é necessário (PLATTS, 2021).

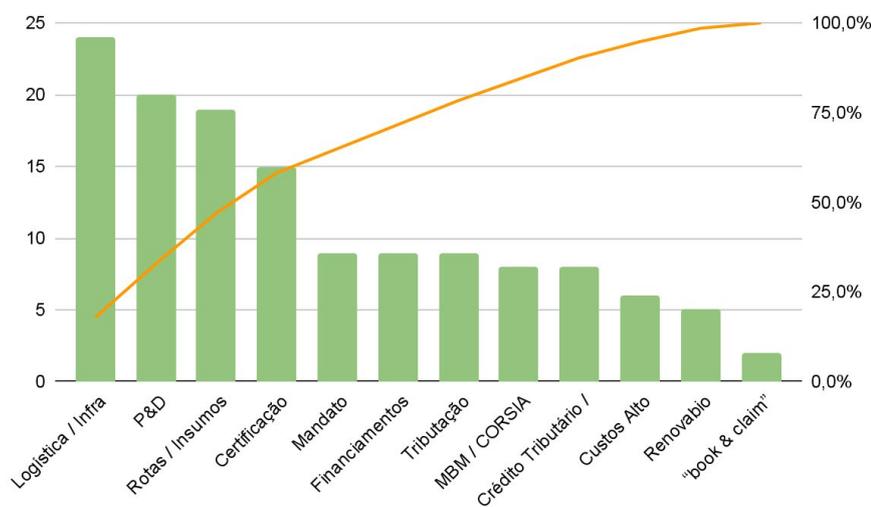


**Gráfico 7.** Frequência de temas específicos nas apresentações dos stakeholders nas reuniões do ProBioQAV

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Em um segundo momento também buscamos acrescentar à lista de categorias os temas que tratavam de desafios como custos altos, aspectos sobre insumos e rotas tecnológicas, logística e infraestrutura ou menções mais específicas ao Renovabio e a recomendação sobre *Book and Claim*.

Adicionalmente, foi pensado o diagrama de Pareto, incluindo os temas específicos e os desafios apontados dentro das apresentações dos *stakeholders*. A ilustração a seguir evidencia que as preocupações com logística e infraestrutura de abastecimento, seguidas de investimentos de PD&I e desafios com as rotas e insumos, são os temas que concentram cerca 47% das apresentações realizadas até final de outubro. Quando consideramos certificações também esse valor chega a 58,2%.

**Gráfico 8.** Diagrama de Pareto ProBioQAV

Fonte: Elaboração própria, com dados da participação social ProBioQAV.

Outra forma de validação dos argumentos vem na forma de uma análise SWOT que realizamos no dia 30 de outubro.

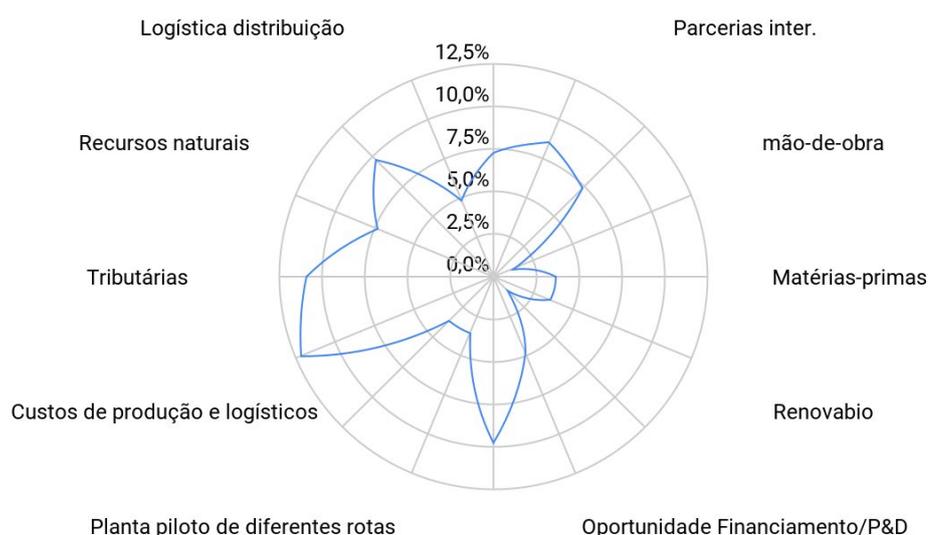
**Quadro 26.** SWOT de produção de SAF no Brasil

Oportunidades	Desafios
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Implementação do CORSIA</li> <li>● Movimento net-zero empresas</li> <li>● Parcerias de Cooperação técnica internacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Preço de SAF não competitivo</li> <li>● Certificações CORSIA</li> <li>● Competição diferentes rotas</li> </ul>
Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Oferta de mão-de-obra qualificada</li> <li>● Matérias-primas abundantes</li> <li>● Possibilidade de adequar o Renovabio</li> <li>● Linhas de financiamento BNDES; P&amp;D ANP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Não possuir planta piloto de diferentes rotas</li> <li>● Custos de produção, custos logísticos</li> <li>● Questões tributárias</li> <li>● Risco de limitações no suprimento de recursos naturais</li> <li>● Otimizar a logística da produção até os aeroportos</li> <li>● Partes obrigadas / compliance</li> <li>● Pouco investimento P&amp;D</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria, 2021.

A partir dela, analisamos a frequência 82 de validações dos 16 itens elencados em nossa SWOT e chegamos a um gráfico radar, no qual observamos que 12,2% das impressões incidem sobre aspectos de fraqueza de custos de produção e logísticos, seguidos de questões tributárias com 11%. No total, fraquezas correspondem a 48,8% da SWOT, o que vale dizer que esses pontos devem estar muito bem definidos nas premissas regulatórias para que possam se tornar forças internas do desenvolvimento de SAF no Brasil. Tais aspectos estão evidenciados no gráfico abaixo.

**Gráfico 9.** SWOT validada com a argumentos dos stakeholders do ProBioQAV



Fonte: Elaboração própria, 2021, com base nos slides de stakeholders do ProBioQAV.

### 7.3. Protoalternativas de Políticas públicas para SAF

Observamos o *Policy Toolkit* formulado pela Clean Skies for Tomorrow (CST, 2021), no qual constam 34 opções políticas divididas em políticas de estímulo à demanda, políticas de estímulo à oferta e políticas que possam conectar oferta e demanda, buscando um equilíbrio. As três tabelas nesta seção resumem estas políticas de estímulo ao SAF.

Na primeira tabela referente ao Toolkit, trazemos as formas de aumentar a oferta, considerando que a base de toda política de SAF deve perseguir incentivos à produção e ao processamento de matéria-prima de forma sustentável, conforme a tabela abaixo.

**Quadro 27.** Opções políticas para aumentar a oferta de SAF

Aumentar a Oferta de SAF	
<b>Aumentar a Capacidade de Produção de SAF</b>	
<b>Estimular a inserção de novas rotas no mercado</b>	
●	Financiar e promover PD&I <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estabelecer um fundo de inovação para produção em estágios iniciais de SAF (TRL baixo)</li> <li>○ Criar <i>hubs</i> e centros de inovação para desenvolvimento de SAF</li> </ul>
●	Diminuir risco para produção a partir de novas rotas <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estabelecer contratos-por-diferença (CfD)</li> <li>○ Estabelecer um piso de preço apoiado pelo governo para SAF durante os estágios iniciais de implantação</li> <li>○ Fornecer uma combinação de concessões de capital, empréstimos a juros baixos e tratamento fiscal favorável para a construção e operação de novas usinas / plantas-piloto / demonstração</li> </ul>
<b>Apoiar a capacidade de tornar o SAF em escala comercial</b>	
●	Apoiar a implementação de rotas com TRL maior <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fornecer uma combinação de concessões de capital iniciais e empréstimos a juros baixos para a construção e operação de instalações de produção SAF para atrair investimentos privados</li> <li>○ Aplicar políticas semelhantes aos subprodutos de SAF que possuem baixo carbono para melhorar a economia dos projetos</li> <li>○ Criar mecanismos para limitar a volatilidade dos preços das matérias-primas SAF para rotas de produção, por ex. HEFA, em que representa a maior parcela dos custos de produção</li> <li>○ Estabelecer um esquema de contrato-por-diferença para reduzir a diferença de preço entre SAF e combustíveis convencionais para aviação com base na ACV</li> </ul>
●	Priorizar matéria-prima para SAF e otimizar os planos de usinas de combustível <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Apoiar o desenvolvimento de opções de descarbonização de base não biológica em setores concorrentes para incentivar o redirecionamento de matérias-primas e produção nacional de SAF</li> <li>○ Eliminar gradualmente mandatos e subsídios para o uso de combustível renovável não relacionado à aviação para incentivar o redirecionamento de matérias-primas e produção nacional de SAF conforme outros setores eletrificam</li> <li>○ Financiar e promover PD&amp;I para aprimorar os processos de produção – aumentar os rendimentos de conversão e reduzir os custos de produção – de rotas de SAF já em altos níveis de TRL</li> </ul>
●	Incentivar a produção e processamento de matéria-prima sustentável
<b>Aumentar a disponibilidade de matérias-primas sustentáveis</b>	
●	Incentivar a produção e processamento de matéria-prima sustentável <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conceder isenções fiscais para SAF com foco na localização regional de produção e na procedência da matéria-prima, ao mesmo tempo em que exige critérios de sustentabilidade rigorosos</li> <li>○ Investir em infraestrutura abrangente de coleta de lixo municipal em dimensionar e estabelecer a coleta seletiva de resíduos orgânicos para aumentar o fornecimento de biomassa</li> <li>○ Facilitar o acesso ao crédito e treinamento para produtores de matéria-prima SAF para incentivar o plantio de novas safras sustentáveis, por ex. plantações em terras degradadas</li> <li>○ Isentar de tributação os rendimentos obtidos com culturas sustentáveis utilizadas como matéria-prima SAF – Ex. Como no PNPB, garantir incentivos fiscais para produtores de biodiesel que compram matéria-prima de agricultores familiares. Os percentuais mínimos de compra para elegibilidade variam de 20% a 40% de acordo com o status socioeconômico da região</li> </ul>

Fonte: Adaptado de [WEF, 2021](#).

De acordo com [Ahmad et al. \(2021\)](#), a produção de SAF possui desafios ambientais, que passam desde a incerteza técnica, a percepção social, o impacto ambiental da produção e a distribuição e as considerações econômicas. Assim, a complexidade do problema faz que seja necessário o uso de *multi-criteria decision making* (MCDM). Os autores consultaram por *survey* as preferências de especialistas da indústria de aviação sobre as rotas de produção de SAF, diferenciando-as também por tipo de matéria-prima, estabelecendo 24 critérios. O resultado revela que as categorias de impacto ambiental e econômico são as mais importantes, seguidas dos critérios técnicos e sociais. Outro resultado interessante é que os processos de produção baseados em gaseificação / Fischer-Tropsch (F-T) são preferidos em vez de fermentação e os baseados em óleo (HEFA). Já em relação às matérias-primas, o estudo aponta que, na preferência dos *stakeholders*, os gases residuais juntamente com os resíduos de madeira foram escolhidos como melhores opções.

Nessa mesma lógica é que [Souza et al. \(2018\)](#) recomendam que sejam consideradas as melhores matérias-primas regionais, rotas de produção e localizações para estabelecer as instalações devem ser analisadas com base em avaliação técnica, como análise multicritério. De todo modo, a produção deve estar alinhada com os critérios de sustentabilidade previstos pela OACI para serem elegíveis ao CORSIA.

Um governo pode fazer a opção por outra rota, estabelecendo ou volumes específicos ou sistemas como os da Renovacalc que irão privilegiar aquelas que sejam mais eficientes em termos de pegada de carbono, ou então optar por não fazer a diferenciação. No entanto, os aspectos de investimentos em PD&I ou linhas de financiamentos podem buscar privilegiar rotas mais maduras (com TRLs mais altos), ou estimular novas rotas (TRL mais baixos), visando impulsionar inovações, apesar de terem riscos maiores.

Vale ressaltar que as rotas menos maduras tecnologicamente falando podem ser as que apresentam maior potencial de redução dos gases de efeito estufa. Isso significa que poderiam auxiliar o país a atingir suas metas / NDC de forma mais eficiente.

**Figura 15.** Resumo dos principais desenvolvedores das rotas de SAF e seus respectivos graus de maturidade tecnológicos



Fonte: Adaptado de [Humphris-Bach et al. \(2020\)](#).

Em relação à oferta de insumos sustentáveis, há importante argumento sobre as questões geográficas / regionais no Brasil. Por ser um país de proporções continentais, cujas regiões apresentam diferentes potenciais de Arranjos Produtivos Locais (APLs), podem ser vislumbradas potenciais distintos para melhor desenvolvimento de rotas específicas. Assim como demonstrado por [Grassi et al. \(2021\)](#):

*São Paulo state combines high feedstock availability and demand for Jet A with the existence of oil refineries to supply the hydrogen for the ATJ path. However, it would depend on the optimisation of the sugarcane mills to provide a surplus generation of residues, since they are currently used for supplying their own energy. Wood residues could also be explored in FT technology in the states of Mato Grosso and Rio Grande do Sul for local consumption. (GRASSI et al., 2021, p. 12)*

estudo de [Memar \(2021\)](#) colabora nesse sentido do mapeamento potencial das matérias-primas de gás de síntese em diferentes indústrias por região no Brasil, focando na rota RT. Assim, o estado de São Paulo, por exemplo, como grande produtor de cana-de-açúcar, teria como melhor explorar a rota ATJ. Já a região Centro-Oeste, por ter grande produção de oleaginosas, poderia ter melhores resultados com a rota HEFA. No Nordeste do país, há muitos estímulos ao uso de fontes de energia renováveis como eólica e solar, além dos programas estaduais como do Hidrogênio no Ceará, dessa forma, a FT seria uma opção interessante para essa região. No Sul do país, pode-se encontrar boa gestão de resíduos sólidos que também abre o potencial para a FT. Esse ponto da regionalização é defendido pela RBQAV e, também de certa forma, pela Petrobrás, mas encontra resistência do setor do biodiesel.

A RBQAV entende que a prática regional faria mais sentido inclusive para a formulação de um mandato de SAF. A Petrobrás também defendeu em sua apresentação que “mandatos por teor podem impactar severamente a logística de distribuição”. Além desta rede enfatizar que metas volumétricas seriam melhores em aeroportos nas principais capitais/aeroportos, porém entende que os CBIOS poderiam ser úteis para gerar metas individualizadas seguindo teores diferentes em diferentes aeroportos por exemplo.

Mesmo quando da formulação do Renovabio, os aspectos de desenvolvimento regional também deveriam ser considerados, conforme consta e sua nota explicativa:

O mecanismo de contratação de longo prazo pode ser aplicado como instrumento de política pública para o desenvolvimento regional. Os critérios a serem adotados para esta estratégia deverão ser objeto de regulamentação para adequar-se às características regionais e para garantir uma oferta mínima de produto ao longo do período do RenovaBio nas regiões de interesse nacional. É notório que a produção de biocombustíveis promove o desenvolvimento local e tem papel relevante para a economia dos municípios envolvidos com a produção de matérias-primas. O modelo econométrico poderá evoluir para incorporar os impactos da expansão da produção de biocombustíveis em uma matriz insumo-produto. ([MME, 2017, p. 90](#))

Outro aspecto a ser considerado quando se trata da oferta são as condições socioeconômicas relacionadas aos pequenos produtores. O Brasil tem seu Programa de Agricultura Familiar

reconhecido mundialmente. Assim como foi enfatizado pela Ubrabio e o MAPA, o relatório do CST também explicita a relevância do Programa Selo Combustível Social como forma de auxiliar estes pequenos produtores e ainda gerar descontos nos impostos aos produtores de biodiesel. É importante, no entanto, se atentar às questões trazidas pelo CADE na Nota técnica n. 3/2021/DEE/CADE em relação a este programa.

O estudo do CADE (*vide* anexo), no entanto, demonstrou que o Selo Combustível Social gerou algum nível de sobrepreço, o que poderia ser explicado por uma série de fatores, como pontos focais diferenciados gerados pela regulação, já que empresas com o referido selo possuíam valor máximo distinto para o preço inicial da oferta estabelecida no leilão das empresas que não possuíam tal selo. Além disso, é possível que custos de transação (e custos do próprio programa, como a necessidade de fornecer assistência técnica) justifiquem um equilíbrio de preços distinto entre empresas com e sem Selo Combustível Social. Seja como for, o referido sobrepreço é passível de ser mensurado. (CADE, 2021, p. 3)

Já no que tange aos estímulos à demanda, o fator regional também pode ser importante para estabelecer um mandato mais equilibrado. Nesse sentido, poderia ser exigido maior percentual derivado dos estados / regiões que mais produzem ou os que tenham a concentração das emissões de CO<sub>2</sub>, considerando o fluxo dos aeroportos. No documento Destination 2050 são recomendados os seguintes princípios na concepção do mandato:

- Garantir que critérios rigorosos de sustentabilidade sejam atendidos;
- Estimular as tecnologias mais eficientes em termos de custos;
- Causar o mínimo possível de distorções de mercado;
- Evite o vazamento de carbono;
- Evite aumento de custo adicional devido à falta de competição no mercado (NLR, 2020, p. 109).

A CST também aponta para opções de subsídios diretos ou indiretos conforme a tabela seguinte. Além disso, a utilização de SAF nas aeronaves governamentais é mais do que importante para estimular a indústria.

**Quadro 28.** Opções políticas para aumentar a demanda de SAF

Estimular a Demanda de SAF	
<b>Mecanismos de Mandato</b>	
<b>Criar um mecanismo de consumo mandatório da mistura de SAF</b>	
Estabelecer um mandato de mistura que aumenta progressivamente com o tempo	
<b>Mecanismos baseados em Mercado (MBM)</b>	
<b>Reduzir o preço de SAF para os usuários</b>	
●	Promover um subsídio direto para SAF
○	Fornecer incentivos fiscais diretos para fornecedores, produtores ou distribuidores de SAF para reduzir o diferencial de custo entre o SAF e o combustível de aviação convencional

<ul style="list-style-type: none"> <li>● Promover um subsídio indireto para SAF           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aplicar uma taxa em voos para financiar a aquisição de SAF, com possível variação em função da distância e dos mandatos de mistura</li> <li>○ Isentar ou creditar o SAF de acordo com os sistemas existentes de preços de carbono ou <i>cap-and-trade</i></li> <li>○ Incorporar um multiplicador SAF para uso em sistemas existentes de <i>cap-and-trade</i></li> <li>○ Autorizar o uso de SAF em programas de incentivos públicos para melhorar a qualidade do ar</li> <li>○ Redistribuir <i>tickets</i> existentes para favorecer voos com SAF</li> </ul> </li> </ul>
<b>Aumentar o preço dos combustíveis fósseis convencionais para aviação</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Criar um preço doméstico de carbono ou <i>cap-and-trade</i>, potencialmente específico da aviação, para definir o preço dos custos sociais e ambientais das emissões de combustíveis fósseis</li> <li>○ Diminuir gradualmente os subsídios existentes e incentivos fiscais indiretos sobre o combustível de aviação convencional para reduzir as disparidades de custo com SAF</li> <li>○ Criar um imposto mínimo sobre o combustível de aviação convencional usado para voos domésticos</li> </ul>
<b>Mecanismos voluntários</b>
<b>Incluir SAF nas compras públicas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Impor uma quantidade mínima de compras públicas de SAF para voos do governo e voos comerciais por funcionários do governo</li> </ul>

Fonte: Adaptado de [WEF, 2021](#).

Considerando as alternativas políticas relacionadas a conectar oferta e demanda conforme a próxima tabela, a CST (WEF, 2021) admite que o sistema de *Book and Claim* pode representar um mecanismo importante na criação de um *marketplace* para SAF. Parte-se do pressuposto de que neste sistema é permitido que os compradores de combustível, como companhias aéreas e aeroportos, contabilizem os benefícios ambientais do SAF sem a necessidade de possuir e consumir fisicamente o SAF.

Nesse aspecto, não haveria a necessidade de o SAF ser transportado até uma aeronave específica, isto é, poderia ser utilizado fisicamente no ponto de consumo mais próximo do seu local de produção ou com logística mais eficiente, considerando seu ciclo de vida (LCA). Entretanto, a empresa que desejar poderia comprar o direito de reivindicar as reduções de emissões de GEE deste SAF consumido, a partir de um mercado separado na forma de certificados ou créditos.

A CST cita como exemplo o desenvolvimento de sua estrutura para Certificado de Combustível para Aviação Sustentável ([SAFc](#)). O BC também foi mencionado nas reuniões pela RSB, Embraer e pela Azul. O sistema do RFS nos Estados Unidos já opera em uma estrutura semelhante. A SkyNRG por exemplo resume a quatro aspectos de contribuição de um BC, sendo: (i) gera cadeias de suprimento mais sustentáveis; (ii) mantém os custos mais baixos (não exigindo uma nova infraestrutura de abastecimento em todos os aeroportos; c) não depende da companhia aérea e da localização da produção/consumo; d) possibilita atingir qualquer meta/mandato assumidos para redução de emissões de carbono. ([SkyNRG, 2021](#))

**Quadro 29.** Opções políticas para viabilizar a conexão entre a oferta e a demanda de SAF

<b>Viabilizar uma conexão entre oferta e demanda de SAF</b>
<b>Estimular o comércio de SAF</b>
<b>Criar um <i>marketplace</i> para SAF</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Estabelecer / reconhecer um sistema existente de propriedade de atributos ambientais (<i>book and claim</i>) para facilitar o comércio de certificados / créditos SAF</li> <li>● Aderir a um mecanismo global usando sistemas de cadeia de responsabilidades, como <i>book and claim</i>, e trabalhar para harmonizar os padrões globais</li> </ul>
<b>Desburocratizar a importação e a exportação de SAF</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reduzir as barreiras à importação de produtos relacionados ao SAF se a produção nacional não for viável ou insuficiente para atender à demanda interna</li> <li>● Reduzir as tarifas de exportação de matérias-primas renováveis ou excedentes SAF após o cumprimento das obrigações nacionais</li> </ul>
<b>Facilitar e harmonizar a certificação de SAF</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Adotar padrões de sustentabilidade de matéria-prima evidenciados e mundialmente reconhecidos</li> <li>● Estabelecer um consultor técnico para auxiliar os produtores na obtenção de qualificações de combustível da indústria e, ao mesmo tempo, priorizar a certificação de SAF dentro das agências reguladoras nacionais para reduzir o tempo de entrega do mercado</li> </ul>
<b>Outras medidas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Apoiar tecnologias de produção existentes de SAF e capacitação internacional para mercados emergentes para promover a adoção de SAF globalmente</li> <li>● Estabelecer uma entidade governamental dedicada para SAF ou órgão interministerial semelhante para apoiar e monitorar seu desenvolvimento e implantação comercial</li> <li>● Estabelecer rotulagem de desempenho climático para companhias aéreas, aeronaves e aeroportos para apoiar os clientes na tomada de decisões sustentáveis e para desenvolver mercados verdes líderes</li> </ul>

Fonte: Adaptado de [WEF, 2021](#).

Dessa forma, esta seção buscou trazer os vários posicionamentos e perfis dos *stakeholders* com as protoalternativas de opções de instrumentos que podem auxiliar o desenvolvimento de SAF no Brasil.

# Considerações Finais

Neste estudo foram abordados sete objetivos, a fim de tornar possível um estudo que analise os sistemas de governança em um cenário comparativo internacional para a promoção da Produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação com o fim de gerar recomendações para a estruturação de um diálogo multi-*stakeholder* no Brasil e para a formulação de políticas públicas visando introduzir estes biocombustíveis de aviação na matriz energética brasileira.

Na primeira seção, foram realizados estudos de caso aprofundados para análise dos sistemas de governança em uma perspectiva de se buscarem as boas práticas da governança para a promoção da Produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação. Os históricos de suas iniciativas, bem como seus *roadmaps*, possibilitaram visualizar que muitas iniciativas tiveram origem em 2009-2012.

Para tanto, foi realizada extensa pesquisa de documentos e fontes primárias, leis, projetos de lei, planos de governo, além de informações coletadas nos sites das próprias empresas e institutos de pesquisa. Os principais agentes que possibilitaram o desenvolvimento de projetos e iniciativas para desenvolvimento foram mapeados e sistematizados em planilhas de partes interessadas. No momento posterior, a preocupação foi levantar as informações sobre os mandatos atuais de mistura de SAF ao combustível fóssil. Também nesse aspecto, para além das próprias legislações (quando já tinham sido aprovadas), foi essencial verificar relatórios de pesquisa de organizações internacionais. Verificou-se que essa política tem tido adesão de muitos países. Ainda foram levantados dados comparativos para observar como os países selecionados implementaram suas iniciativas ao longo do tempo. Foram apresentados quadros de resumos para sintetizar as opções de mandato adotadas, bem como um resumo da identificação dos instrumentos utilizados por quais países.

Na seção 2, utilizamos a junção do que seria o objetivo 1.4, isto é, incluimos as motivações e as principais políticas públicas existentes que fomentam o uso de SAF, incluindo histórico de legislações, mas também projetos de lei que estão em discussão. Alguns projetos de PD&I foram mais desenvolvidos, com achados sobre seus valores, mas ressaltamos que essa é uma informação bem mais complexa de ser localizada.

As políticas brasileiras e projetos que estão sendo desenvolvidos pelo Brasil estão na seção 3. Indicamos o marco regulatório mais abrangente que coloca, inclusive, normas sobre as emissões de gases de efeito estufa e meio ambiente, seguindo para as políticas sobre mais específicas, destacando o Renovabio e as resoluções da ANP e Anac. Os projetos de lei que estão em tramitação sobre bioquerosene também foram incluídos.

Já na quarta sessão, foram feitas algumas recomendações de instrumentos normativos e políticas públicas baseando-se nos aspectos observados nos países analisados e que podem ajudar a desenhar a política de incentivo ao SAF no Brasil.

A literatura específica de *biojetfuel* e SAF no Brasil tem aumentado e foi objeto da seção 3.4. Buscamos mapear os principais autores e suas contribuições sobre os potenciais do Brasil para o mercado de SAF. Em geral, para diversos autores ([CORTEZ et al., 2014](#); [CORTEZ et al., 2015](#); [SIERK DE JONG et al., 2015](#); [ESCALANTE et al., 2022](#)), a rota HEFA pode ser considerada

a mais promissora e consolidada tanto em nível brasileiro quanto em nível mundial. Em sua análise multicritério, [Souza \(2019\)](#) infere que a melhor opção de matéria-prima para produção de HEFA em todas as regiões, porém, além de ter a questão da competição com alimentos, a ressalva é que o óleo de soja é principal matéria-prima para a produção de biodiesel no país. Por isso [Souza et al., \(2020\)](#) recomendam que também é importante avaliar outros potenciais cultivo. Outros estudos destacam matérias-primas como óleo de licuri ([ARAÚJO, 2014; ARAÚJO et al., 2019](#)) e microalgas ([ARAÚJO et al., 2021](#)). [Klein et al., 2018](#) admite que, em função do clima propício na maior parte das regiões, há menor demanda e, conseqüentemente, um desenvolvimento mais tardio de tecnologias que utilizem resíduos como matéria-prima.

Conforme ressaltamos na análise de [Ahmad et al. \(2021\)](#), as categorias de impacto ambiental e econômico são as mais importantes, seguidas dos critérios técnicos e sociais para se avaliarem os SAF. Afirmam que os processos de produção baseados em gaseificação / FT são preferidos em vez de HEFA, bem como os gases residuais juntamente com os resíduos de madeira foram escolhidos como melhores opções.

Nesse sentido, outro estudo que destacamos é o de [Schmidt et al. \(2017\)](#), no qual apresenta um compilado das principais tecnologias para a produção de combustível Power to Liquid (PtL), o qual é obtido pelo FT. Nesse trabalho, os autores, com base nas experiências de plantas-piloto da Islândia, Alemanha, Noruega e Finlândia, afirmam que essa tecnologia poderia já ser transformada em escala industrial. Porém, por outro lado, [Sierk de Jong et al. \(2015\)](#) e [Escalante et al. \(2022\)](#) indicam que a baixa competitividade de custos e preço em comparação com combustíveis convencionais ainda não permite que biocombustíveis de aviação produzidos a partir dessa rota possam ser completamente viáveis. Dado importante vem do trabalho de [Wang et al. \(2019\)](#), no qual se estima que a produção de biocombustível para aviação pode gerar aproximadamente 12.000 a 65.000 empregos, injetando de 200 a 1.100 milhões de dólares para o PIB do Brasil nestes diferentes cenários com diferentes cadeias de abastecimento.

A Resolução da ANP n. 586/2021 atualizou as duas rotas de SAF aprovadas em 2020 pela ASTM. Também ampliou as opções de combustíveis de aviação, trazendo o debate sobre a substituição do Jet A-1 (antigo QAV-1) que era adotado em território nacional, para o Jet-A, mais comumente utilizado nos Estados Unidos. O ponto de congelamento foi central no debate desta alteração e vale ressaltar que os SAF apresentam o mesmo valor que o JET-A, quando realizada a comparação de critérios da ASTM e ANP. Esta resolução ainda estabelece parâmetros para o bioquerosene de aviação e abrange as sete rotas já aprovadas pela ASTM: FT, HEFA e SIP, FT/A, ATJ, CHJ, SPK-HC-HEFA, sendo que os dois primeiros podem ser utilizados como combustíveis *drop-in* com limite de 50% de mistura, enquanto o último com limite de apenas 10%.

No que tange aos procedimentos do licenciamento ambiental para plantas de SAF, em especial os eletrocombustíveis, na seção 6, foi buscada uma sistematização da burocracia, ressaltando que há uma multiplicidade de instrumentos normativos. Atenção especial deve ser dada ao seu estudo sobre a localização do empreendimento, o que pode, inclusive, definir se a licença será requerida no âmbito municipal, estadual ou federal, ainda que o âmbito municipal seja fundamental para a autorização do uso do solo. O tempo de solicitação do licenciamento pode variar muito de estado para estado, entretanto é fundamental que o estudo preliminar seja feito em pelo menos seis meses, considerando clima seco e o úmido. Já o tempo de processo oficial dependerá de cada estado subnacional ou município e suas especificidades em termos normativos.

Por fim, a análise das contribuições dos *stakeholders* buscou agregar o conteúdo das apresentações feitas durante as reuniões do ProBioQAV, sendo compiladas em um diagrama de Pareto para se verificarem os principais fatores de preocupação de tais partes interessadas. A análise parcial identificou que as preocupações com logística e infraestrutura de abastecimento, seguidas de investimentos de PD&I e desafios com as rotas e insumos, são os temas que concentram quase 50% das apresentações realizadas até final de outubro.

Na seção 7, quando considerados apenas os instrumentos políticos, a frequência nos conteúdos das apresentações indicou porcentagem maior ao estímulo de PD&I seguido de certificação e depois tributações. Um exercício adicional para auxiliar no processo de tomada de decisão foi a validação da SWOT, usando também as apresentações. Nesse sentido, as fraquezas tiveram destaque, principalmente quando relacionadas a custos logísticos e de produção, bem como de distribuição. A questão da tributação também merece atenção especial dos tomadores de decisão. Incluímos uma sub-seção elencando as protoalternativas para políticas públicas a partir do *Policy Toolkit* do CST. O destaque dado foi de detalhar melhor o mecanismo de *Book and Claim* que poderia garantir um congregado dos problemas mapeados anteriormente.

Com isso, esperamos ter fornecido visão abrangente das iniciativas internacionais, ações viáveis ou descontinuadas para a promoção de produção e uso de SAF, com sugestões/recomendações de boas práticas que podem colaborar para o desenvolvimento dos SAF no Brasil e para a formulação de sua política pública no âmbito do Programa Combustível do Futuro, visando à introdução do SAF na matriz energética brasileira.

# Referências

- 4E. HOME. 2022. Disponível em: <https://www.4echile.cl/>.
- A21. **Presentarán avances de la aviación verde en México.** 17 maio 2021. Disponível em: <https://a21.com.mx/aerolineas/2021/05/17/presentaran-avances-de-la-aviacion-verde-en-mexico>.
- A4A. **A4A Applauds Approval of New Sustainable Aviation Fuel Pathway.** [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.airlines.org/news/a4a-applauds-new-sustainable-aviation-fuel-pathway/>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- ABAG. **Business aviation declaration on net-zero carbon emissions by 2050.** 22 set. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/probioqav-netzero.pdf>.
- ABEAR. **Panorama 2020.** 2020. Disponível em: <https://www.abear.com.br/wp-content/uploads/2021/08/Panorama2020-vf.pdf>.
- ABEAR; ALTA; IATA; JURCAIB. **Combustíveis sustentáveis de aviação.** Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/20210823-probioqav-apresentacao-23-de-setembro-sn.pdf>.
- ADM. **ADM, Gevo Sign MoU to produce up to 500 M gallons of Sustainable Aviation Fuel.** Out. 2021. Disponível em: <https://www.adm.com/news/news-releases/adm-gevo-sign-mou-to-produce-up-to-500m-gallons-of-sustainable-aviation-fuel>.
- ADVANCED BIOFUELS USA. **Norwegian airport operator Avinor to invest up to 16.5 million to support national aviation biofuel production.** Abr. 2014. Disponível em: <https://advancedbiofuelsusa.info/norwegian-airport-operator-avinor-to-invest-up-to-16-5-million-to-support-national-aviation-biofuel-production/>.
- ADVANCED FUELS USA. **Norway sets ambition for All-Electric short-haul flights by 2040 as aerospace majors announce hybrid-electric venture.** Fev. 2018. Disponível em: <https://advancedbiofuelsusa.info/norway-sets-ambition-for-all-electric-short-haul-flights-by-2040-as-aerospace-majors-announce-hybrid-electric-venture/>.
- ADVOCATES FOR THE ENVIRONMENT *et al.* **Letter to President Biden and Administrator Regan.** 2021. Disponível em: [https://biologicaldiversity.org/programs/climate\\_law\\_institute/pdfs/Aviation-Sign-on-Letter-to-Biden-2021-09-22.pdf](https://biologicaldiversity.org/programs/climate_law_institute/pdfs/Aviation-Sign-on-Letter-to-Biden-2021-09-22.pdf).
- AERO MAGAZINE. **Gol faz 1 voo internacional com biocombustível.** 31 jul. 2014. Disponível em: [https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/gol-faz-1-voo-internacional-com-biocombustivel\\_1667.html](https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/gol-faz-1-voo-internacional-com-biocombustivel_1667.html).

- AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES. **HISTORIA**. Disponível em: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/83920/HISTORIA.pdf>.
- AGÊNCIA MINAS. **Governo apresenta plataforma mineira de bioquerosene e renováveis**. 2019. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-apresenta-plataforma-mineira-de-bioquerosene-e-renovaveis>.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Relatório n. 3/2020**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/asuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-audiencia-publica/2021/cp-2-2021/sei-anp-0728669-relatorio.pdf>.
- AHMAD, S.; OUENNICHE, J.; KOLOSZ, B. W.; GREENING, P.; ANDRESEN, J. M.; MAROTO-VALER, M. M.; e Xu, B. (2021). A stakeholders' participatory approach to multi-criteria assessment of sustainable aviation fuels production pathways. **International Journal of Production Economics**, 238, 108156. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2021.108156>.
- AIR BP. **Air BP announces third biojet-supplied location at Bergen Airport in Norway**. Ago. 2017. Disponível em: <https://www.bp.com/en/global/air-bp/news-and-views/press-releases/air-bp-announces-third-biojet-location-at-bergen-airport.html>.
- AIR FRANCE *et al.* **Consensus statement on guiding principles for supporting the deployment of sustainable aviation fuels in the EU**. Bruxelas, jan. 2021. Disponível em: <https://europeanclimate.org/wp-content/uploads/2021/03/aviation-paper.pdf>.
- AIRBUS. **Airbus to deliver U.S. completed commercial aircraft with Sustainable Aviation Fuel**. Set. 2021. Disponível em: <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2021-09-airbus-to-deliver-us-completed-commercial-aircraft-with-sustainable>.
- AIREG. **Deutsches biomasse-forschungszentrum DEMO-SPK**. 2022. Disponível em: <https://aireg.de/en/topics/current-projects/latest-projects/>.
- AIREG. **HOME**. 2022. Disponível em: <https://aireg.de/>.
- AIREG. **Latest projects**. 2022. Disponível em: <https://aireg.de/en/topics/current-projects/latest-projects/>.
- AIREG. **Regenerative aviation fuels in Germany**. 2022. Disponível em: <https://aireg.de/en/home-en/>.
- AIREG. **Roadmap for the development and introduction of Sustainable Aviation Fuels**. Abr. 2020. Disponível em: [https://aireg.de/wp-content/uploads/2020/04/200418\\_aireg\\_roadmap\\_english-1.pdf](https://aireg.de/wp-content/uploads/2020/04/200418_aireg_roadmap_english-1.pdf).
- AIREG. **Save the date**. 2012. Disponível em: <https://www.caafi.org/files/ilacaafiairegsavethedate053012.pdf>.

- AIREG. **Sustainable aviation fuels status, options, necessary actions**. Fev. 2021. Disponível em: <https://aireg.de/download/sustainable-aviation-fuels-status-options-necessary-actions/>.
- AIRLINES FOR EUROPE. **A route to net zero european aviation**. 2021. Disponível em: [https://www.destination2050.eu/wp-content/uploads/2021/02/Destination2050\\_Report.pdf](https://www.destination2050.eu/wp-content/uploads/2021/02/Destination2050_Report.pdf).
- AIRLINES FOR EUROPE. **Our story**. 2022. Disponível em: <https://a4e.eu/about-us/our-story/>.
- ALGAE OBSERVER. **Airbus, EADS and ENN go for algal aviation fuels**. Nov. 2012. Disponível em: <http://www.algaeobserver.com/airbus-eads-enn-algal-aviation-fuels>.
- AMERICAN FARM BUREAU FEDERATION. **Letter to chairman Wyden, Ranking Member Crapo, Chairman Neal, and Ranking Member Brady**. 2021. Disponível em: [https://growthenergy.org/wp-content/uploads/2021/08/Ag-and-Biofuels-Congressional-SAF-Letter\\_FINAL.pdf](https://growthenergy.org/wp-content/uploads/2021/08/Ag-and-Biofuels-Congressional-SAF-Letter_FINAL.pdf).
- ANA HD. **ANA HD announces net zero emissions as part of 2050 ESG goals**. Abr. 2021a. Disponível em: <https://www.anahd.co.jp/group/en/pr/202104/20210426.html>.
- ANA HD. **ANA launches SAF flight initiative to promote sustainability and reduced CO2 emissions**. Out. 2021b. Disponível em: <https://www.anahd.co.jp/group/en/pr/202110/20211014.html>.
- ANA. **ANA and Japan Airlines towards 2050 carbon neutral joint report on SAF**. 2021. Disponível em: <https://www.anahd.co.jp/group/en/pr/202110/20211008.html>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Combustíveis sustentáveis para a aviação**. Dez. 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/combustiveis-sustentaveis-para-a-aviacao>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **DOU 03/12/2018**. 2020. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2018/resolucao-no-496-28-11-2018>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **DOU 19/05/2020**. 2020. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2020/resolucao-no-558-14-05-2020>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Projeções de demanda de redução de emissões da aviação civil e conexão com produção de SAF**. 26 ago. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/planiha-projecao-saf-v4.pdf>.

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Resolução ANP n. 856, de 22 de outubro de 2021**, 2021. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-856-2021-estabelece-as-especificacoes-do-querosene-de-aviacao-jet-a-e-jet-a-1-dos-querosenes-de-aviacao-alternativos-e-do-querosene-de-aviacao-c-jet-c-bem-como-as-obrigacoes-quanto-ao-controle-da-qualidade-a-serem-atendidas-pelos-agentes-economicos-que-comercializam-esses-produtos-em-territorio-nacional?origin=instituicao>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Resolução n. 799, de 2 setembro de 2019. Set. 2019**. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-799-2019-altera-o-regulamento-tecnico-anp-no-3-de-2015-anexo-a-resolucao-anp-no-50-de-25-de-novembro-de-2015-que-estabelece-as-normas-para-a-aplicacao-de-recursos-a-que-se-referem-as-clausulas-de-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao-p-d-i-presentes-nos-contratos-para-exploracao-desenvolvimento-e-producao-de-petroleo-e-gas-natural-bem-como-estabelece-as-regras-para-comprovação-das-atividades-de-p-d-i-e-respectivas-despesas-realizadas-pelas-empresas-petroliferas-em-cumprimento-as-referidas-clausulas-contratuais?origin=instituicao&q=799/2019>.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **APROBIO. ProBioQAV – apresentação dos stakeholders**. 15 out. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/2021-10-07-aprbio-probioqav.pdf>.
- ARA. **ReadiJet – ARA’s History-Making Sustainable Aviation Fuel (SAF) Technology**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.ara.com/products/readijet/>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- ARAÚJO, P. H. M.; MAIA, A. S.; CORDEIRO, A. M. T. M.; GONDIM, A. D.; SANTOS, N. A. (2019). Catalytic Deoxygenation of the Oil and Biodiesel of Licuri (*Syagrus coronata*) To Obtain n-Alkanes with Chains in the Range of Biojet Fuels. **ACS Omega**, v. 4, n. 14, p. 15849-15855. <https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.9B01737>.
- ARAÚJO, P. H. M.; SANTANA, J. K. S.; SASSI, R.; da COSTA, D. C.; ANTONIOSI Filho, N. R.; CORDEIRO, A. M. T. M.; GONDIM, A. D.; SANTOS, N. A. (2021). Renewable source hydrocarbons obtaining from microalgae by catalytic deoxygenation. **Biomass Conversion and Biorefinery**, 2021, p. 1-8. <https://doi.org/10.1007/S13399-021-01353-9>.
- ARAÚJO, Pedro H. M. **obtenção de Bioquerosene de Aviação “drop in” por pirólise rápida e desoxigenação catalítica a partir do Licuri (*Syagrus coronata*)**. Dissertação de mestrado publicada em 2014. Disponível em: [http://www.quimica.ufpb.br/ppgq/contents/documentos/teses-e-dissertacoes/dissertacoes/2014/Dissertacao\\_Pedro\\_H\\_M\\_Araujo.pdf](http://www.quimica.ufpb.br/ppgq/contents/documentos/teses-e-dissertacoes/dissertacoes/2014/Dissertacao_Pedro_H_M_Araujo.pdf).
- ARAÚJO, Pedro H. M. *et al.* Catalytic deoxygenation of the oil and biodiesel of licuri (*Syagrus coronata*) to obtain n-alkanes with chains in the range of biojet fuels. **ACS Omega**, v. 4, n. 14, p. 15849-15855, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.9B01737>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- ARAÚJO, Pedro H. M. *et al.* Renewable source hydrocarbons obtaining from microalgae by catalytic deoxygenation. **Biomass Conversion and Biorefinery 2021**, p. 1-8, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S13399-021-01353-9>. Acesso em: 18 jan. 2022.

- ARAÚJO, Pedro Henrique Moraes de. **Obtenção de bioquerosene de aviação “drop in” por pirólise rápida e desoxigenação catalítica a partir do licuri (*Syagrus coronata*)**. 2014. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. Disponível em: [http://www.quimica.ufpb.br/ppgq/contents/documentos/teses-e-dissertacoes/dissertacoes/2014/Dissertacao\\_Pedro\\_H\\_M\\_Araujo.pdf](http://www.quimica.ufpb.br/ppgq/contents/documentos/teses-e-dissertacoes/dissertacoes/2014/Dissertacao_Pedro_H_M_Araujo.pdf). Acesso em: 18 jan. 2022.
- ARGUS. **Japan’s SAF demand forecast at 396,000 b/d by 2050**. Out. 2021. Disponível em: <https://www.argusmedia.com/en/news/2262245-japans-saf-demand-forecast-at-396000-bd-by-2050>.
- ARGUS. **Japanese firms target starting bio-jet supplies by 2025**. Ago. 2021. Disponível em: <https://www.argusmedia.com/en/news/2240464-japanese-firms-target-starting-biojet-supplies-by-2025>.
- ASCENT. **ASCENT – The aviation sustainability center**. 2022. Disponível em: <https://ascent.aero/>
- ASSOCIATION OF ASIA PACIFIC AIRLINES. **Home**. 2022. Disponível em: <https://www.aapairlines.org/>.
- ASSOCIATION OF ASIA PACIFIC AIRLINES. **PRESS RELEASE**. Out. 2021. Disponível em: [https://www.aapairlines.org/wp-content/uploads/2021/10/AAPA\\_PR\\_Issue14\\_ATAGdeclaration\\_NetZeroCarbonEmissions\\_06Oct21-1.pdf](https://www.aapairlines.org/wp-content/uploads/2021/10/AAPA_PR_Issue14_ATAGdeclaration_NetZeroCarbonEmissions_06Oct21-1.pdf).
- ASSOCIATION OF ASIA PACIFIC AIRLINES. **Sustainable and smooth restart**. 2021. Disponível em: [https://docs.google.com/document/d/155BKaxAgUF\\_e0ZTnURa3M-XZ-Kl1FTCAxMktvb-8wmwU/edit#](https://docs.google.com/document/d/155BKaxAgUF_e0ZTnURa3M-XZ-Kl1FTCAxMktvb-8wmwU/edit#).
- ASTM INTERNATIONAL. **Standard specification for aviation turbine fuel containing synthesized hydrocarbons**. 2021. Disponível em: <https://www.astm.org/d7566-21.html>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- ASTM. **Standard practice for evaluation of new aviation turbine fuels and fuel additives**. Out. 2021. Disponível em: <https://www.astm.org/d4054-21a.html>.
- ATMOSFAIR GGMBH. **Atmosfair inauguration – world’s first power-to-liquid e-kerosene plant, Werlte, Northern Germany**. **YouTube**, nov. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=12lhOD2gGSc>.
- AVFUEL. **Avfuel and Embraer collaborate to bring neste MY saf TO MLB Airport**. Ago. 2021. Disponível em: <https://www.avfuel.com/Details-Page/ArticleID/599/Avfuel-and-Embraer-Collaborate-to-Bring-Neste-MY-SAF-to-MLB-Airport>.
- AVIATION BENEFITS BEYOND BORDERS. **Lufthansa group tests new biokerosene component**. Nov. 2013. Disponível em: <https://aviationbenefits.org/newswire/2013/11/lufthansa-group-tests-new-biokerosene-component/>.
- AVINOR. **Aviation in Norway**. Out. 2020. Disponível em: <https://avinor.no/globalassets/konsern/miljo-lokal/miljorapporter/aviation-in-norway-sustainability-and-social-benefit-2020.pdf>.

- AVINOR. **HOME**. 2022. Disponível em: <https://avinor.no/en/>.
- AVINOR. **Partnership for production of sustainable aviation fuel**. Jun. 2019. Disponível em: <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/partnership-for-production-of-sustainable-aviation-fuel?publisherId=17507039&releaseId=17866837>.
- AZUL. **PROBIOQAV – Combustíveis do futuro**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 30 set. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/probioqav-azul-30092021.pdf>.
- BAIDU. **CTSOA**. 2022. Disponível em: <https://baike.baidu.com/item/CTSOA/3835015>.
- BE COOL. **Home**. 2022. Disponível em: <https://www.becoolproject.eu/>.
- BEARBEITUNGSSTAND. **Referentenentwurf der Bundesregierung**. 2020. Disponível em: [https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Glaeserne\\_Gesetze/19\\_Lp/thg\\_aenderung\\_gesetz/Entwurf/thg\\_aenderung\\_gesetz\\_refe\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19_Lp/thg_aenderung_gesetz/Entwurf/thg_aenderung_gesetz_refe_bf.pdf).
- BEALES, Edward. **The fit for 55 package: key points for green hydrogen and PTX**. PTX HUB. Out. 2021. Disponível em: <https://ptx-hub.org/the-fit-for-55-package-key-points-for-green-hydrogen-and-ptx/>.
- BECKMAN, Karel. World's first power-to-liquids production plant opened in Dresden. **Energy post**, nov. 2014. Disponível em: <https://energypost.eu/worlds-first-power-liquids-production-plant-opened-dresden/>.
- BELLONA. **Opportunities and risks of seaweed biofuel in aviation**. 2017. Disponível em: [https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/2017/03/OPPORTUNITIES-AND-RISKS-OF-SEAWEED-BIOFUELS-IN-AVIATION-web\\_print-1.pdf](https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/2017/03/OPPORTUNITIES-AND-RISKS-OF-SEAWEED-BIOFUELS-IN-AVIATION-web_print-1.pdf).
- BID. **Boeing, Embraer e BID financiarão análise de sustentabilidade para produção dos biocombustíveis de cana-de-açúcar para jatos desenvolvido pela Amyris**. Jul. 2011. Disponível em: <https://www.iadb.org/pt/noticias/comunicados-de-imprensa/2011-07-27/producao-biocombustivel-cana-de-acucar-para-jato-brasil%2C9483.html>.
- BIOTURBOSINA. **The case for sustainable aviation biofuels in Mexico**. 2012. Disponível em: [https://www.icao.int/Meetings/acli/Documents/Mexico\\_23October-pm.pdf](https://www.icao.int/Meetings/acli/Documents/Mexico_23October-pm.pdf).
- BIO4A. **Home**. 2022. Disponível em: <https://www.bio4a.eu/>.
- BIOAGE GROUP. **ASTM approves 7th annex to D7566 sustainable jet fuel specification: HC-HEFA**. 2020. Disponível em: <https://www.greencarcongress.com/2020/05/20200514-ih.html>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- BIOFUELS INTERNATIONAL. **Cologne Bonn airport makes SAF available for airlines**. 2021. Disponível em: <https://biofuels-news.com/news/cologne-bonn-airport-makes-saf-avaivable-for-airlines/>.

- BIOFUELS INTERNATIONAL. **Mexican state to propose biojet plant next year**. Dez. 2011. Disponível em: <https://biofuels-news.com/news/mexican-state-to-propose-biojet-plant-next-year/>.
- BIOTURBOSINA. **Cartera de necesidades de innovación y desarrollo tecnológico**. 2017. Disponível em: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/324019/Cartera\\_Necesidades\\_Bioturbosina\\_Final.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/324019/Cartera_Necesidades_Bioturbosina_Final.pdf).
- BIOTURBOSINA. **Reporte de inteligência tecnológica**. Disponível em: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/324018/Inteligencia\\_Tecnologica\\_Bioturbosina\\_Final.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/324018/Inteligencia_Tecnologica_Bioturbosina_Final.pdf).
- BLANDSHARD, Alastair; MCCURDY, Mike. **Fueling net zero: how the aviation industry can deploy suficiente sustainable aviation fuel to meet climate ambitions**. ICD, 2021. Disponível em: <https://www.icf.com/insights/transportation/deploying-sustainable-aviation-fuel-to-meet-climate-ambition>.
- BMW. **Nationale Lufthahrtkonferenz 2019 – auf dem weg zu einer nachhaltigen luftfahrt des 21. Jahrhunderts**. 2019. Disponível em: <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2019/20190821-nationale-luftfahrtkonferenz-2019.html>.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Combustíveis sustentáveis de aviação no Brasil: panorama e perspectivas**. 2022. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/seminarios/combustiveis-sustentaveis-de-aviacao-no-brasil-panorama-e-perspectivas>.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Mapeamento dos programas existentes e iniciativas do BNDES**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/mapeamento-dos-programas-existentes-bndes-bioqav.pdf>.
- BOEING *et al.* **Flightpath to aviation BioFuels in Brazil: action plan**. [S. l.: s. n.], 2013.
- BOEING. **Air China, Boeing and industry partners conduct first Chinese sustainable biofuel flight**. 28 out. 2011. Disponível em: <https://boeing.mediaroom.com/2011-10-28-Air-China-Boeing-and-Industry-Partners-Conduct-First-Chinese-Sustainable-Biofuel-Flight>.
- BOEING. **Boeing commits to deliver commercial airplanes ready to fly on 100% sustainable fuels**. Seattle, 22 jan. 2021. Disponível em: <https://boeing.mediaroom.com/2021-01-22-Boeing-Commits-to-Deliver-Commercial-Airplanes-Ready-to-Fly-on-100-Sustainable-Fuels>.
- BOEING. **Boeing, ANA celebrate first 787 biofuel flight**. 2012. Disponível em: <https://boeing.mediaroom.com/2012-04-16-Boeing-ANA-Celebrate-First-787-Biofuel-Flight>.
- BOEING. **Boeing, COMAC open facility to transform gutter oil into aviation biofuel**. 2014. Disponível em: <https://boeing.mediaroom.com/2014-10-22-Boeing-COMAC-Open-Facility-to-Transform-Gutter-Oil-into-Aviation-Biofuel>.

- BOEING. **Global sustainability**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 7 out. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/boeing-probioqav-7oct21.pdf>.
- BOEING. **Gol realiza o primeiro voo comercial com biocombustível do Brasil**. 23 out. 2013. Disponível em: <https://www.boeing.com.br/noticias-e-sala-de-imprensa/releases/2013/october/gol-realiza-o-primeiro-voo-comercial-com-biocombus.page>.
- BRASIL. Apresentação da contribuição nacionalmente determinada do Brasil perante o Acordo de Paris. **Ministério das Relações Exteriores**. 9 dez. 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/mre/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/2020/apresentacao-da-contribuicao-nacionalmente-determinada-do-brasil-perante-o-acordo-de-paris](https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/2020/apresentacao-da-contribuicao-nacionalmente-determinada-do-brasil-perante-o-acordo-de-paris).
- BRASIL. **Comunicações nacionais do Brasil**. 2022. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/Comunicacao\\_Nacional/Comunicacao\\_Nacional.html](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/Comunicacao_Nacional/Comunicacao_Nacional.html).
- BRASIL. **Consulta e audiência públicas n. 2/2020**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-audiencia-publica/consulta-e-audiencia-publicas-no-2-2021>.
- BRASIL. **Consulta e audiência públicas n. 3/2020**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-e-audiencia-publica/2020/consulta-e-audiencia-publicas-no-3-2020>.
- BRASIL. Criando o programa combustível do futuro. **Governo do Brasil**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/04/criado-o-programa-combustivel-do-futuro>.
- BRASIL. NOTA TÉCNICA N3/2020/SBQ-CPT-CQC/SBQ/ANP-DF. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Set. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-audiencia-publica/2021/cp-2-2021/sei-anp-0908717-nota-tecnica.pdf>.
- BRASIL. **Partnership for the development of aviation biofuels**. Ministério das Relações Exteriores, Brasília, 19 mar. 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/en/contact-us/press-area/press-releases/partnership-for-the-development-of-aviation-biofuels>.
- BRASIL. **Plano Aeroviário Nacional (PAN)**. Ministério da Infraestrutura. Ago. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-aereo/plano-aeroaviario-nacional>.
- BRASIL. **ProBioQAV**. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav>.

- BRASIL. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb>.
- BREAKING TRAVEL NEWS. **TAM successfully complete first biofuel flight in Latin America**. Nov. 2010. Disponível em: <https://www.breakingtravelnews.com/news/article/tam-successfully-complete-first-biofuel-flight/>.
- BROWNLEY, Julia. **Brownley introduces ‘sustainable aviation fuel act’ to reduce carbon emissions**. 3 fev. 2021. Disponível em: <https://juliabrownley.house.gov/brownley-introduces-sustainable-aviation-fuel-act-to-reduce-carbon-emissions/>.
- BRUNDTLAND REPORT. **Report of the World Commission on Environment and Development: our common future**. 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>.
- CAA NORWAY. **Submitted draft performance plan for Norway**. 2019. Disponível em: <https://luftfartstilsynet.no/en/about-us/news/nyheter-2019/submitted-draft-performance-plan-for-norway/>.
- CAAC. **Biofuel Certification**. Jun. 2012. Disponível em: <http://www.caac.gov.cn/ZTZL/RDZT/XJSYY/201511/P020151126513095309047.pdf>.
- CAAFI. **Fueling solutions for secure & sustainable aviation**. 2022. Disponível em: <https://www.caafi.org/>.
- CAAFI. **Guidance for selling alternative fuels to airlines**. 2013. Disponível em: [https://www.caafi.org/files/CAAFI\\_Business\\_Team\\_Guidance\\_Paper\\_060413.pdf](https://www.caafi.org/files/CAAFI_Business_Team_Guidance_Paper_060413.pdf).
- CALEC CHINA AIRLINES. **Achievements in environmental sustainability**. 2022. Disponível em: <https://calec.china-airlines.com/csr/en/environment/green.html>.
- CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD. **CARB amends low carbon fuel standard for wider impact**. Set. 2018. Disponível em: <https://ww2.arb.ca.gov/news/carb-amends-low-carbon-fuel-standard-wider-impact>.
- CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD. **LCFS credit clearance market**. 2022. Disponível em: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/lcfs-credit-clearance-market>.
- CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD. **Low carbon fuel standard**. 2022. Disponível em: <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-09/basics-notes.pdf>.
- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Ley de aeropuertos**. Dez. 1995. Disponível em: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/15\\_200521.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/15_200521.pdf).
- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Ley de aviación civil**. Jun. 2017. Disponível em: <https://www.profeco.gob.mx/politicaviacion/pdf/LAC.pdf>.

- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Ley de los órganos reguladores coordinados en materia energética**. Maio 2021. Disponível em: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LORCME\\_200521.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LORCME_200521.pdf).
- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Ley de petróleos mexicanos**. Ago. 2014. Disponível em: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPM\\_110814.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPM_110814.pdf).
- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos**. 1 fev. 2008. Disponível em: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf>.
- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Ley de transición energética**. 24 dez. 2015. Disponível em: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>.
- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Ley general de cambio climático**. Nov. 2020. Disponível em: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC\\_061120.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_061120.pdf).
- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente**. Out. 2021. Disponível em: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>.
- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética**. Jun. 2013. Disponível em: <https://www.cre.gob.mx/documento/3870.pdf>.
- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Reglamento de la ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos**. Jun. 2009. Disponível em: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LPDB.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LPDB.pdf).
- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Reglamento de la ley de aviación civil**. Jun. 2020. Disponível em: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LAC\\_290620.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LAC_290620.pdf).
- CAMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. **Reglamento de la ley de aeropuertos**. Jun. 2018. Disponível em: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LAero\\_210618.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LAero_210618.pdf).
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. COMISSÃO DE MINAS E ENERGIA. **Audiência pública extraordinária (semipresencial)**. 2021. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/evento-legislativo/64133>.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Legislação informatizada – decreto n 76.593, de 14 de novembro de 1975 – publicação original**. 1975. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-76593-14-novembro-1975-425253-publicacaooriginal-1-pe.html>.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **PL 3729/2004**. Jun. 2004. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=257161>.

- CANAERO. **Home**. 2022. Disponível em: <https://canaero.org.mx/>.
- CAPA. **Norway's Avinor obtaining tender for how to establish aviation biofuel production**. Nov. 2011. Disponível em: <https://centreforaviation.com/analysis/reports/norways-avinor-obtaining-tenders-for-how-to-establish-local-aviation-biofuel-production-62044>.
- CAPAZ, Rafael S. *et al.* Environmental trade-offs of renewable jet fuels in Brazil: Beyond the carbon footprint. **Science of The Total Environment**, v. 714, p. 136696, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.136696>.
- CAPHENIA. **Home**. 2022. Disponível em: <https://caphenia.tech/en/>.
- CARVALHO, Arnaldo V. **IDB initiative on biofuels for aviation in Latin America & the Caribbean**. 2014. Disponível em: [https://www.icao.int/Meetings/EnvironmentalWorkshops/Documents/Env-Seminars-Lima-Mexico/Lima/IDB\\_BiofuelInitiatives.pdf](https://www.icao.int/Meetings/EnvironmentalWorkshops/Documents/Env-Seminars-Lima-Mexico/Lima/IDB_BiofuelInitiatives.pdf).
- CATHAY PACIFIC. **Sustainable development report**. 2020. Disponível em: [https://sustainability.cathaypacific.com/wp-content/uploads/2021/05/Cathay-Pacific\\_SD-Report-2020\\_EN.pdf](https://sustainability.cathaypacific.com/wp-content/uploads/2021/05/Cathay-Pacific_SD-Report-2020_EN.pdf).
- CAVALCANTI, Guilherme de A. A dinâmica Econômica do PROÁLCOOL. **Revista Brasileira de Energia**. v. 2, n. 1. Disponível em: < <https://www.sbpe.org.br/index.php/rbe/article/download/33/33/> >
- CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS). **Contribuições para o debate sobre a melhoria da gestão do licenciamento ambiental federal**. 2019. Disponível em: [https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/14773/1560860999PUBLICAO\\_LICENCIAMENTO\\_AMBIENTAL.pdf](https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/14773/1560860999PUBLICAO_LICENCIAMENTO_AMBIENTAL.pdf).
- CETESB. **Manual para elaboração de estudos ambientais com AIA**. v. 2, 2019. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/wp-content/uploads/sites/32/2019/12/Manual\\_EIA\\_RAP\\_v\\_02.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/wp-content/uploads/sites/32/2019/12/Manual_EIA_RAP_v_02.pdf).
- CHEVRON. **Chevron accelerates lower carbon ambitions**. Set. 2021. Disponível em: <https://www.chevron.com/stories/chevron-accelerates-lower-carbon-ambitions>.
- CHEVRON. **Chevron, Delta Air Lines, and Google Announce Intent to measure sustainable aviation fuel emissions data, increase industry transparency**. 7 set. 2021. Disponível em: <https://www.chevron.com/stories/chevron-delta-air-lines-and-google-announce-intent-to-measure-saf-emissions-data>.
- CHINA AVIATION OIL; SKYNRG; EPIC FUELS. **SkyNRG, CAO and EPIC fuels supply Singapore Airlines to operate its first sustainable biofuel flight**. Disponível em: [https://skynrg.com/wp-content/uploads/2019/03/20170502\\_Press\\_Release\\_SkyNRG-CAO-and-EPIC-Fuels-supply-SIA-to-operate-first-sustainable-biofuel-flight-1.pdf](https://skynrg.com/wp-content/uploads/2019/03/20170502_Press_Release_SkyNRG-CAO-and-EPIC-Fuels-supply-SIA-to-operate-first-sustainable-biofuel-flight-1.pdf).
- CHINA NEWS NETWORK. **O primeiro voo comercial de passageiros do biocombustível para jatos desenvolvido pela China foi bem-sucedido**. 22 mar. 2015. Disponível em: <http://world.people.com.cn/n/2015/0322/c157278-26729842.html>.

- CHINA ORG. **Subsidies for going green in aviation**. 2012. Disponível em: [http://www.china.org.cn/business/2012-08/22/content\\_26302422.htm](http://www.china.org.cn/business/2012-08/22/content_26302422.htm).
- CIVIL AVIATION ADMINISTRATION OF CHINA. **Home**. 2022. Disponível em: <http://www.caac.gov.cn/en/SY/>.
- CLEAN SKIES FOR TOMORROW. **10% Sustainable Aviation Fuel by 2030**. 2022. Disponível em: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_EMBARGOED\\_CST\\_Ambition\\_Statement\\_for\\_Signatories.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_EMBARGOED_CST_Ambition_Statement_for_Signatories.pdf).
- CLEAN SKIES FOR TOMORROW. **Clean Skies for Tomorrow: sustainable aviation fuel policy toolkit**. Insight report; nov. 2021. Disponível em: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Clean\\_Skies\\_for\\_Tomorrow\\_Sustainable\\_Aviation\\_Fuel\\_Policy\\_Toolkit\\_2021.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Clean_Skies_for_Tomorrow_Sustainable_Aviation_Fuel_Policy_Toolkit_2021.pdf).
- CLG. **Biofuels isoconversion**. 2022. Disponível em: <https://www.chevronlummus.com/Clean-Fuels/Biofuels-Isoconversion>.
- CLIMATE SUMMIT 2014. **Aviation action plan annex**. 2014. Disponível em: [https://aviationbenefits.org/media/72690/UN\\_ICAO-ATAG-Agreement\\_3\\_annex.pdf](https://aviationbenefits.org/media/72690/UN_ICAO-ATAG-Agreement_3_annex.pdf).
- CLÚSTER BIOTURBOSINA. **Biojet fuel cluster vídeo**. 2022. Disponível em: <https://clusterbioturbosina.ipicyt.edu.mx/pagina/public/integrantes>.
- COMBUSTÍVEL DO FUTURO. **Jornada para sustentabilidade**. 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/plataforma\\_mineira.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/plataforma_mineira.pdf).
- COMISSÃO EUROPEIA. **Regulamento do parlamento europeu e do conselho**. Jul. 2021. Disponível em: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:00c59688-e577-11eb-a-1a5-01aa75ed71a1.0012.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:00c59688-e577-11eb-a-1a5-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF).
- COMPENSAID. **Home**. 2022. Disponível em: <https://compensaid.com/>.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução n. 237**. 19 dez. 1997. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237\\_191297.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf).
- CONGRESS. **Amendment in the nature of a substitute to the committee print**. 2021. Disponível em: <https://docs.house.gov/meetings/PW/PW00/20210914/114031/BILLS-117-CP-D000191-Amdt-1.pdf>.
- CONGRESS. **H.R. 741**. 2021. Disponível em: <https://www.congress.gov/117/bills/hr741/BILLS-117hr741ih.pdf>.
- CONGRESS. **MCG21721**. 2021. Disponível em: [https://www.brown.senate.gov/imo/media/doc/sustainable\\_skies\\_61021.pdf](https://www.brown.senate.gov/imo/media/doc/sustainable_skies_61021.pdf).

- CONTADORES CNT BR. **Portaria GSIPR n. 2, de 8 de fevereiro de 2008**. 2008. Disponível em: <https://www.contadores.cnt.br/legislacoes/portaria-gsipr-no-2-de-8-de-fevereiro-de-2008.html>.
- CORSIA. **Carbon offsetting and reduction scheme for International Aviation (CORSIA)**. Dez. 2020. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA\\_FAQs\\_December%202020\\_final.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA_FAQs_December%202020_final.pdf).
- CORSIA. **CORSIA eligible fuels – life cycle assessment methodology**. 2021. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA\\_Supporting\\_Document\\_CORSIA%20Eligible%20Fuels\\_LCA\\_Methodology\\_V3.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA_Supporting_Document_CORSIA%20Eligible%20Fuels_LCA_Methodology_V3.pdf).
- CORSIA. **CORSIA eligible fuels – life cycle assessment methodology**. Jun. 2019. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA%20Supporting%20Document\\_CORSIA%20Eligible%20Fuels\\_LCA%20Methodology.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA%20Supporting%20Document_CORSIA%20Eligible%20Fuels_LCA%20Methodology.pdf).
- CORSIA. **Frequently asked questions (FAQs) related to Carbon Offsetting and reduction scheme for international aviation (CORSIA)**. Maio 2017. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/A39\\_CORSIA\\_FAQs.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/A39_CORSIA_FAQs.pdf).
- CORTEZ, L. A. B.; NIGRO, F. E. B.; NOGUEIRA, L. A. H.; NASSAR, A. M.; CANTARELLA, H.; MORAES, M. A. F. D.; LEAL, R. L. V.; FRANCO, T. T.; SCHUCHARDT, U. F.; BALDASSIN JUNIOR, R. (2015). Perspectives for sustainable aviation biofuels in Brazil. **International Journal of Aerospace Engineering**, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/264898>.
- CORTEZ, Luís A. B. *et al.* Perspectives for sustainable aviation biofuels in Brazil. **International Journal of Aerospace Engineering**, v. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2015/264898>
- CORTEZ, Luís Augusto Barbosa *et al.* **Roadmap for sustainable aviation biofuels for Brazil**. São Paulo: Blucher, 2014.
- COSTA, Marco A.; KLUG, Leticia B.; PAULSEN, Sandra S. **Licenciamento ambiental e governança territorial**. 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7932/1/Licenciamento%20ambiental%20e%20governan%C3%A7a%20territorial.pdf>.
- CUSTÓDIO, Maraluce. **Energia e direito: perspectivas para um diálogo de sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2015, p. 30.
- DBFZ. **Renewable querosene: the climate-friendly alternative to fossil jet fuel**. 2021. Disponível em: <https://www.dbfz.de/en/news/presentation-of-results-demo-spk>.
- DE JONG, Sierk *et al.* The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels – a comprehensive techno-economic comparison. **Biofuels, bioproducts and biorefining**, v. 9, n. 6, p. 778-800, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/BBB.1613>. Acesso em: 18 jan. 2022.

- DE SOUZA, L. M.; MENDES, P. A. S.; ARANDA, D. A. G. (2020). Oleaginous feedstocks for hydro-processed esters and fatty acids (HEFA) biojet production in southeastern Brazil: a multi-criteria decision analysis. **Renewable Energy**, 149, p. 1339-1351. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2019.10.125>.
- DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Federal Register**, v. 81, n. 250, dez. 2016. Disponível em: [https://www.fsa.usda.gov/Assets/USDA-FSA-Public/usdafiles/Energy/FSA-2017-0001-0001\(Farm-To-Fleet\).pdf](https://www.fsa.usda.gov/Assets/USDA-FSA-Public/usdafiles/Energy/FSA-2017-0001-0001(Farm-To-Fleet).pdf).
- DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Federal Register**, v. 83, n. 22, fev. 2018. Disponível em: [https://www.fsa.usda.gov/Internet/FSA\\_Federal\\_Notices/withdrawal.pdf](https://www.fsa.usda.gov/Internet/FSA_Federal_Notices/withdrawal.pdf).
- DEPARTMENT OF TREASURY. **General explanations of the administration's fiscal year 2022 revenue proposals**. Maio 2021. Disponível em: <https://home.treasury.gov/system/files/131/General-Explanations-FY2022.pdf>.
- DEUTSCHE WALLE. **Lufthansa suspends biofuel test flights**. 2022. Disponível em: <https://www.dw.com/en/lufthansa-suspends-biofuel-test-flights/a-15661617>.
- DEUTSCHER BUNDESTAG. **Antrag**. 2021. Disponível em: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/284/1928437.pdf>.
- DEUTSCHER BUNDESTAG. **Beschlussempfehlung und Bericht**. 2021. Disponível em: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/298/1929850.pdf>.
- DEUTSCHER BUNDESTAG. **Dokumente**. 2021. Disponível em: <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2021/kw20-de-treibhausgasminderungsquote-840248>.
- DEUTSCHER BUNDESTAG. **Gesetzentwurf**. 2021. Disponível em: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/274/1927435.pdf>.
- DEUTSCHER BUNDESTAG. **Unterrichtung**. 2021. Disponível em: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/281/1928183.pdf>.
- DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT-UND RAUMFAHRT. **Aviation leaders launch first in-flight 100 percent sustainable-fuel emissions study on a commercial passenger jet**. Mar. 2021. Disponível em: [https://www.dlr.de/content/en/articles/news/2021/01/20210318\\_first-in-flight-100-percent-sustainable-fuel-emissions-study.html](https://www.dlr.de/content/en/articles/news/2021/01/20210318_first-in-flight-100-percent-sustainable-fuel-emissions-study.html).
- DIAMOND AIRCRAFT. **World's 1st flights with algae biofuel**. Ago. 2010. Disponível em: <https://www.diamondaircraft.com/en/about-diamond/newsroom/news/article/worlds-1st-flights-with-algae-biofuel/>.
- DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **DESPACHO do Presidente da República**. Maio 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-320067170>.

- DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Resolução ANP n. 856, de 22 de outubro de 2021.** 22 out. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-856-de-22-de-outubro-de-2021-354349404#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Resolu%C3%A7%C3%A3o%20estabelece%20as,que%20comercializam%20esses%20produtos%20em.>
- DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL. **1 reunión del comité de medio ambiente para la aviación.** 2015. Disponível em: <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/Direcciones-Grales/DGAC/medio-ambiente/cmaa-151-presentacion-dgac.pdf>.
- DOE. **Na historical time for renewable jet fuel.** 26 nov. 2018. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/articles/historical-time-renewable-jet-fuel>.
- DOLIENSTE, Stephen S. *et al.* Bio-aviation fuel: a comprehensive review and analysis of the supply chain components. **Frontiers in Energy Research**, [s. l.], v. 8, p. 110, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/FENRG.2020.00110/BIBTEX>.
- DOMÍNGUEZ, Tania. Biocombustíveis sustentáveis de aviação em México. **ICAO**, 2013. Disponível em: [https://www.icao.int/Meetings/EnvironmentalWorkshops/Documents/Env-Seminars-Lima-Mexico/Mexico/15\\_Mexico\\_SustainableBiofuels.pdf](https://www.icao.int/Meetings/EnvironmentalWorkshops/Documents/Env-Seminars-Lima-Mexico/Mexico/15_Mexico_SustainableBiofuels.pdf).
- DONCEEL, Laurent. Production and deployment of sustainable aviation fuels in Europe Refuel EU aviation. **Airlines for Europe**. Mar. 2021. Disponível em: <https://a4e.eu/publications/production-and-deployment-of-sustainable-aviation-fuels-in-europe-refuel-eu-aviation/>.
- E4TECH. **Targeted aviation advances biofuels demonstration competition: feasibility study.** 2020.
- EASA. **Sustainable aviation fuel ‘facilitation initiative’.** 2020. Disponível em: [https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/sustainable\\_aviation\\_fuel\\_facilitation\\_initiative\\_0.pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/sustainable_aviation_fuel_facilitation_initiative_0.pdf).
- EASA. **Sustainable aviation fuel monitoring system.** 2020. Disponível em: [https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/sustainable\\_aviation\\_fuel\\_monitoring\\_system\\_0.pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/sustainable_aviation_fuel_monitoring_system_0.pdf).
- ECA. **Pilots join initiative to ramp up use of Sustainable Aviation Fuels.** 2021. Disponível em: <https://www.eurocockpit.be/news/pilots-join-initiative-ramp-use-sustainable-aviation-fuels#:~:text=Pilots%20join%20initiative%20to%20ramp%20up%20use%20of%20cas%20a%20scalable%2c%20long-term%20solution%20to%20decarbonise%20aviation.>
- ECB GROUP. **BSBIOS Paraguay: Omega Green.** 2021. Disponível em: <https://www.ecbgroup.com.br/pt/grupo/bsbios-paraguay/omega-green>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- EDF. **US sustainable aviation fuel act can help reduce airline emissions.** Disponível em: <https://www.edf.org/media/us-sustainable-aviation-fuel-act-can-help-reduce-airline-emissions>.

- EDIE. Boeing, Netflix and Microsoft among founders of new business alliance on sustainable aviation fuel. **Edie newsroom**, 21 abr. 2021. Disponível em: <https://www.edie.net/news/8/Boeing--Netflix-and-Microsoft-among-founders-of-new-business-alliance-on-sustainable-aviation-fuels/>.
- EIA. **Glossary**: alternative fuels. 2021. Disponível em: [eia.gov/tools/glossary/?id=renewable](https://www.eia.gov/tools/glossary/?id=renewable).
- EIA. **Petroleum & other liquids**. U.S. Renewable Diesel Fuel and other biofuels plant production capacity. 2021. Disponível em: <https://www.eia.gov/biofuels/renewable/capacity/>.
- EMBRAER. **Agenda Embraer para SAF**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 15 out. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bio-combustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/probioqav-embraer-15-10-2021-final.pdf>.
- ENVIRONMENT NEWS SERVICE. **World's airlines strengthen net-zero-emission-by-2050 trend**. Out. 2021. Disponível em: <https://ens-newswire.com/worlds-airlines-strengthen-net-zero-emissions-by-2050-trend/>.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Greenhouse gas reduction and management act to be amended**. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov.tw/eng/F7A-B26007B8FE8DF/16103611-0395-4063-a331-3bbebe9d6a6e>.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Control of air pollution from airplanes and airplane engines**: GHG emission standards and test procedures -final rulemaking. 2021. Disponível em: <https://www.epa.gov/regulations-emissions-vehicles-and-engines/control-air-pollution-airplanes-and-airplane-engines-ghg>.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Glossary of climate change terms**. 2021. Disponível em: [https://19january2017snapshot.epa.gov/climatechange/glossary-climate-change-terms\\_.html](https://19january2017snapshot.epa.gov/climatechange/glossary-climate-change-terms_.html).
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **RIN trades and price information**. 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/fuels-registration-reporting-and-compliance-help/rin-trades-and-price-information>.
- EPE. **Comitê técnico – combustível para o futuro**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bio-combustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/ap-epe-dpg-sdb-2021-43-probioqav\\_26-08-2021.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bio-combustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/ap-epe-dpg-sdb-2021-43-probioqav_26-08-2021.pdf).
- ESCALANTE, Edwin Santiago Rios *et al.* Evaluation of the potential feedstock for biojet fuel production: Focus in the Brazilian context. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 153, p. 111716, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111716>
- EUGLENA. **Comunicado de imprensa**. Nov. 2018. Disponível em: <https://www.euglena.jp/en/news/20181102en/>.

- EUGLENA. **Declaração da “Green Oil Japan” para tornar o Japão um país desenvolvido para biocombustíveis**. 2018. Disponível em: [https://www.euglena.jp/businessrd/energy/greenoiljapan/?\\_ga=2.234526940.399147153.1634237170-1231621814.1634237170](https://www.euglena.jp/businessrd/energy/greenoiljapan/?_ga=2.234526940.399147153.1634237170-1231621814.1634237170).
- EUGLENA. **Euglena Co. CLG and ARA announce successful production of Euglena Based Renewable Jet fuel**. Mar. 2021. Disponível em: <https://www.euglena.jp/wp20160902/wordpress/wp-content/uploads/2021/03/Euglena-CLG-and-ARA-Announce-Successful-Production-of-Renewable-Jet-Fuel.pdf>.
- EUGLENA. **NEDO’S open call for biojet fuel production technology development project**. 2020. Disponível em: <https://www.euglena.jp/en/news/20201005-2/>.
- EUGLENA. **Overview of our biofuel production project**. 2017. Disponível em: [https://www.icef.go.jp/platform/speakers/2017/topic3/ICEF2017\\_CS2-2\\_Korehiro\\_Odate\\_fin.pdf](https://www.icef.go.jp/platform/speakers/2017/topic3/ICEF2017_CS2-2_Korehiro_Odate_fin.pdf).
- EUR-LEX. **Decisão de Execução (UE) 2021/891**. 2 jun. 2021. 2 de junho de 2021. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX:32021D0891>.
- EUR-LEX. **Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council**. 13 out. 2003. Disponível em: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5596374&fecha=08/07/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596374&fecha=08/07/2020).
- EUR-LEX. **Directive 2008/101/EC of the European Parliament and of the Council**. 19 nov. 2008. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0101>.
- EUR-LEX. **Regulamento de Execução (UE) 2019/317 da Comissão**. 11 fev. 2019. Disponível em: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX:32019R0317#:~:text=Regulamento%20de%20Execu%C3%A7%C3%A3o%20\(UE\)%202019,relevante%20para%20efeitos%20do%20EEE](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX:32019R0317#:~:text=Regulamento%20de%20Execu%C3%A7%C3%A3o%20(UE)%202019,relevante%20para%20efeitos%20do%20EEE).
- EUR-LEX. **Regulamento de Execução (UE) 2020/1627 da Comissão**. 3 nov. 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32020R1627>.
- EUR-LEX. **Regulation (EU) 2017/2392 of the European Parliament and of the Council**. 13 dez. 2017. Disponível em: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?toc=OJ:L:2017:350:TOC&uri=uriserv:OJ.L\\_.2017.350.01.0007.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?toc=OJ:L:2017:350:TOC&uri=uriserv:OJ.L_.2017.350.01.0007.01.ENG).
- EUR-LEX. **Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council**. 30 jun. 2021. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>.
- EUR-LEX. **Regulation (EU) no 421/2104 of the European Parliament and of the Council**. 16 abr. 2014. Disponível em: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L\\_.2014.129.01.0001.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2014.129.01.0001.01.ENG).
- EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY. **Overview**. 2022. Disponível em: <https://www.eafo.eu/alternative-fuels/advanced-biofuels/hvo>.

- EUROPEAN COMMISSION. **Assessment of ICAO's global market-based measure (CORSA) pursuant to Article 28b and for studying cost pass-through pursuant to Article 3d of the EU ETS directive**. Set. 2020. Disponível em: <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-37353-Etude-commission-europenne-corsia-compensation-carbone-aviation.pdf>.
- EUROPEAN COMMISSION. **Revision for phase 4 (2021-2030)**. Disponível em: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030_en).
- EUROPEAN COMMISSION. **Delivering the European Green Deal**. 2019. Disponível em: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en).
- EUROPEAN COMMISSION. **Reducing emissions from aviation**. 2021. Disponível em: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/reducing-emissions-aviation\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/reducing-emissions-aviation_en).
- EUROPEAN COMMISSION. **Stopping the clock of ETS and aviation emissions following last week's international civil aviation organization (ICAO) council**. Nov. 2012. Disponível em: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO\\_12\\_854#PR\\_metaPressRelease\\_bottom](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_12_854#PR_metaPressRelease_bottom).
- EUROPEAN PARLIAMENT. **Sustainable aviation fuels**. 2020. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659361/EPRS\\_BRI\(2020\)659361\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659361/EPRS_BRI(2020)659361_EN.pdf).
- EUROPEAN UNION. **2 million tons per year: a performing biofuels supply chain for EU aviation**. 2013. Disponível em: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/20130911\\_a\\_performing\\_biofuels\\_supply\\_chain.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/20130911_a_performing_biofuels_supply_chain.pdf).
- EUROPEAN UNION. **Energy and the green deal**. 2022. Disponível em: [https://energy.ec.europa.eu/index\\_en](https://energy.ec.europa.eu/index_en).
- EUROPEAN UNION. **From sunlight to jet fuel: EU Project makes first "solar" kerosene**. 2014. Disponível em: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_14\\_481](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_14_481).
- EUROPEAN UNION. **Launch of the European Advanced Biofuels Flightpath**. 2011. Disponível em: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/20110622\\_biofuels\\_flight\\_path\\_launch.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/20110622_biofuels_flight_path_launch.pdf).
- EUROPEAN UNION. **Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council**. Bruxelas, jul. 2021. Disponível em: [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/refueleu\\_aviation\\_-\\_sustainable\\_aviation\\_fuels.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/refueleu_aviation_-_sustainable_aviation_fuels.pdf).
- EUROSTAT. **Glossary: alternative fuel**. 2022. Disponível em: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Alternative\\_fuel](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Alternative_fuel).
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Sustainable alternative jet fuels**. 2022. Disponível em: [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/apl/research/alternative\\_fuels](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/alternative_fuels).

- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Continuous lower energy, emissions, and noise (CLEEN) Program**. 2021. Disponível em: [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/apl/research/aircraft\\_technology/cleen](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/aircraft_technology/cleen).
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **FAA Awards \$100 M to develop next generation of sustainable aircraft technology**. 10 set. 2021. Disponível em: <https://www.faa.gov/newsroom/faa-awards-100m-develop-next-generation-sustainable-aircraft-technology>
- FEDERAL MINISTRY FOR DIGITAL AND TRANSPORT. **Federal government, state and industry agree on roadmap for market ramp up of climate friendly electricity-based aviation fuel**. 2021. Disponível em: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/PressRelease/2021/044-scheuer-roadmap.html>.
- FEDERAL OFFICE FOR AGRICULTURE AND FOOD. **Sustainable biomass production**. 2022. Disponível em: [https://www.ble.de/EN/Topics/Climate-Energy/Sustainable-Biomass-Production/Legal-Basis/legal-basis\\_node.html](https://www.ble.de/EN/Topics/Climate-Energy/Sustainable-Biomass-Production/Legal-Basis/legal-basis_node.html).
- FEDERAL REGISTER. **Regulation of fuels and fuel additives: changes to renewable fuel standard program**. Mar. 2010. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2010/03/26/2010-3851/regulation-of-fuels-and-fuel-additives-changes-to-renewable-fuel-standard-program>.
- FUTURE TRAVEL EXPERIENCE. **Sustainable aviation fuel to be available at Munich Airport from June**. Maio 2021. Disponível em: <https://www.futuretravelexperience.com/2021/05/sustainable-aviation-fuel-to-be-available-at-munich-airport-from-june/>.
- GALVAN, Alejandro R. **Visión de los combustibles alternativos para la aviación en México**. Disponível em: [https://clusterbioturbosina.ipicyt.edu.mx/congreso/public/docs/presentaciones/sep4/1%20VISION\\_ALEJANDRO%20RIOS\\_SBRC.pdf](https://clusterbioturbosina.ipicyt.edu.mx/congreso/public/docs/presentaciones/sep4/1%20VISION_ALEJANDRO%20RIOS_SBRC.pdf).
- GARCIA, M. A.; GODOY, K. GODOY, T. M. **Avaliação ambiental preliminar para o licenciamento de plantas de produção de eletrocombustível renovável de aviação próximas a aeroportos remotos no Brasil**. jun. 2020. Disponível em: <https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2021/03/Licenciamento-Ambiental.pdf>.
- GASPARIN, Gabriela. **Gol faz voo experimental com bioquerosene**. Jun. 2012. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/negocios/noticia/2012/06/gol-faz-voo-experimental-com-bioquerosene.html>.
- GERMAN WATCH. **Decarbonising transport in Germany**. Jun. 2020. Disponível em: <https://www.germanwatch.org/en/18573>.
- GEVO. **Lufthansa to evaluate Gevo's renewable jet fuel**. Abr. 2014. Disponível em: <https://investors.gevo.com/news/lufthansa-to-evaluate-gevos-renewable-jet-fuel>.
- GHATALA, Fred. Sustainable aviation fuel policy in the United States: a pragmatic way forward. **Atlantic council**; abr. 2020. Disponível em: <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/sustainable-aviation-fuel-policy-united-states/>.

- GIZ BRASIL. **Webinário ProQR “Licenciamento ambiental para plantas de combustíveis sustentáveis de aviação 2021”**. YouTube, 3 set. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=saFvTsvRpJE>.
- GIZ. **International power-to-X Hub Berlin: promoting climate-neutral fuels and chemicals**. 2021. Disponível em: [https://www.giz.de/en/worldwide/99819.html#:~:text=Power%2Dto%2DX%20\(PtX,fossil%20fuels%20in%20the%20future](https://www.giz.de/en/worldwide/99819.html#:~:text=Power%2Dto%2DX%20(PtX,fossil%20fuels%20in%20the%20future).
- GIZ. **ProQR – promovendo combustíveis alternativos sem impactos climáticos**. 2017. Disponível em: <https://www.giz.de/en/worldwide/68382.html>.
- GIZ. **Projeto ProQR**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 16 set. 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/20210916\\_apresentaa\\_a\\_o\\_proqr\\_cf.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/20210916_apresentaa_a_o_proqr_cf.pdf).
- GIZ. **Projeto ProQR**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 16 set. 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/20210916\\_apresentaa\\_a\\_o\\_proqr\\_cf.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/20210916_apresentaa_a_o_proqr_cf.pdf).
- GLOBAL ENVIRONMENT COMMITTEE. **Long-term low-carbon vision**. Mar. 2017. Disponível em: <https://www.env.go.jp/earth/report/h30-01/ref02.pdf>.
- GLOBE NEWS WIRE. **AEROMEXICO AIMS HIGHER WITH SUSTAINABLE AVIATION FUEL FLIGHTS**. 2021. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/10/24/2319461/0/en/AEROMEXICO-AIMS-HIGHER-WITH-SUSTAINABLE-AVIATION-FUEL-FLIGHTS.html>.
- GLOBE NEWS WIRE. **White House coordinates efforts of Departments of Energy, transportation and agriculture to meet the grand challenge: reduce aviation carbon footprint by 50 percent by 2050**. Set. 2021. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/09/13/2295834/23976/en/White-House-Coordinates-Efforts-of-Departments-of-Energy-Transportation-and-Agriculture-to-Meet-the-Grand-Challenge-Reduce-Aviation-Carbon-Footprint-by-50-Percent-by-2050.html>.
- GOBIERNO DE LA REPÚBLICA. **Plan Nacional de Desarrollo**. 2018. Disponível em: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249/PEAER-2014.pdf>.
- GOBIERNO DE MÉXICO. **Arranca consorcio para el desarrollo de Bioturbusina en México**. 2016. Disponível em: <https://www.gob.mx/conacyt/prensa/arranca-consorcio-para-el-desarrollo-de-bioturbusina-en-mexico?idiom=es>.
- GOBIERNO DE MÉXICO. **Quienes somos**. 2022. Disponível em: <https://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/aeronautica-civil/6-medio-ambiente-y-desarrollo-sustentable/61-medio-ambiente-y-desarrollo-sustentable/comite-de-medio-ambiente-para-la-aviacion-cmaa/quienes-somos/>.

- GOL. **Projections**. 2022. Disponível em: [https://ir.voegol.com.br/conteudo\\_en.asp?idioma=1&tipo=67424&conta=44](https://ir.voegol.com.br/conteudo_en.asp?idioma=1&tipo=67424&conta=44).
- GOL. **Relatório de resultados – segundo trimestre de 2021**. 2021. Disponível em” [https://ri.voegol.com.br/download\\_arquivos.asp?id\\_arquivo=01ECCB54-4EC0-457F-A2B9-DA-2276CD9B1D](https://ri.voegol.com.br/download_arquivos.asp?id_arquivo=01ECCB54-4EC0-457F-A2B9-DA-2276CD9B1D)
- GONDIM, Amanda D. **Combustíveis sustentáveis de aviação**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/combustivel-do-futuro-rbqav-2.pdf>.
- GOV INFO. **Content details**. Março de 2013. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/app/details/FR-2013-03-05/2013-04929>.
- GRASSI, Carolina *et al.* **Feedstock availability for sustainable aviation fuels in Brazil: challenges and opportunities**. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://rsb.org/wp-content/uploads/2021/04/RSB-Brazil-SAF-Feedstock-Factsheet-2021.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- GRASSI, Carolina. **How to achieve sustainability in the aviation fuel production?** Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/21-10-28-probioqav\\_rsb\\_carolinagrassi.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/21-10-28-probioqav_rsb_carolinagrassi.pdf).
- GREEN AIR. **Transport ministers call for accelerated EU-wide deployment and mandates for sustainable aviation fuels**. Fev. 2021. Disponível em: <https://www.greenairnews.com/?p=641?p=732>.
- GREEN CAR CONGRESS. **Embraer and GE successfully conclude bio-jet fuel tests; potential to explore higher blend levels**. Set. 2011. Disponível em: <https://www.greencarcongress.com/2011/09/embraer-20110906.html>.
- GREEN CAR CONGRESS. **Lufthansa launches 6-month, 6.6M trial of renewable jet fuel in commercial service**. Jul. 2021. Disponível em: <https://www.greencarcongress.com/2011/07/lh-20110715.html>.
- GREEN CAR CONGRESS. **Lufthansa makes commercial flight with 10% farnesene blend from Amyris/Total, supporting jatropha development for bio-jet production**. Set. 2014. Disponível em: <https://www.greencarcongress.com/2014/09/20140919-lufthansa.html>.
- GRIFFITH UNIVERSITY. **EU backs industrial-scale sustainable aviation fuel production project and Camelina cultivation research**. 2018. Disponível em: <https://www.tourism-dashboard.org/eu-backs-industrial-scale-sustainable-aviation-fuel-production-project-and-camelina-cultivation-research/>.

- GROWTH ENERGY. **Growth energy comments on White House SAF commitment**. Set. 2021. Disponível em: <https://growthenergy.org/2021/09/09/growth-energy-comments-on-white-house-saf-commitment/>.
- GUBISCH, Michael. IN FOCOS: Lufthansa details biofuel strategy. **Flight global**, jul. 2012. Disponível em: <https://www.flightglobal.com/in-focus-lufthansa-details-biofuel-strategy/106274.article>.
- GULFSTREAM. **Sustainability**. 2022. Disponível em: <https://www.gulfstream.com/en/sustainability/>.
- HONEYWELL. **Taking off soon: a new kind of Sustainable Aviation Fuel (SAF)**. 2022. Disponível em: <https://www.honeywell.com/us/en/news/2021/09/taking-off-soon-a-new-kind-of-sustainable-aviation-fuel-saf>.
- HUMPHRIS-BACH, Alexandra *et al.* **Targeted aviation advanced biofuels demonstration competition – feasibility study**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://ee.ricardo.com/downloads/transport/targeted-aviation-advanced-biofuels-demonstration-competition---feasibility-study>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- IAG. **IAG to power 10 per cent of its flights with sustainable aviation fuel by 2030**. Abr. 2021. Disponível em: <https://www.iairgroup.com/en/newsroom/press-releases/newsroom-listing/2021/sustainable-aviation-fuel>.
- IATA. **Annual general meeting & world air transport summit 2021**. 2021. Disponível em: <https://www.iata.org/en/events/agm/annual-general-meeting-2021/>.
- IATA. **Developing sustainable aviation fuel (SAF)**. 2022. Disponível em: <https://www.iata.org/en/programs/environment/sustainable-aviation-fuels/>.
- IATA. **Fact sheet 2**. Disponível em: <https://www.iata.org/contentassets/d13875e9ed784f75bac90f000760e998/saf-technical-certifications.pdf>.
- IATA. **IATA guidance material for sustainable aviation fuel management**. 2015. Disponível em: <https://www.iata.org/contentassets/d13875e9ed784f75bac90f000760e998/iata-20guidance20material20for20saf.pdf>.
- IATA. **IATA sustainable aviation fuel roadmap**. 2015. Disponível em: <https://www.iata.org/contentassets/d13875e9ed784f75bac90f000760e998/safr-1-2015.pdf>.
- IBP. **Subcomitê ProBioQAV**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/ibp.pdf>.
- IDESAM. **Esquema de redução de emissões da Aviação Civil Internacional (Corsia/Icao)**. 2018. Disponível em: <https://idesam.org/publicacao/corsia-opportunidades-para-o-brasil-v2.pdf>.

- IHI CORPORATION. **Bio-jet fuel manufactured from microalgae receives ASTM International Standard Certification**: contributing to the reduction of CO<sub>2</sub> emissions from aircraft. 2020. Disponível em: [https://www.ihico.jp/en/all\\_news/2020/other/1196667\\_2042.html](https://www.ihico.jp/en/all_news/2020/other/1196667_2042.html). Acesso em: 18 jan. 2022.
- IHI. **Bio-jet fuel manufactured from microalgae receives ASTM International standard certification**: contributing to the reduction of CO<sub>2</sub> emissions from aircraft. Junho de 2020. Disponível em: [https://www.ihico.jp/en/all\\_news/2020/other/1196667\\_2042.html](https://www.ihico.jp/en/all_news/2020/other/1196667_2042.html).
- IHS MARKIT. **Sustainable aviation fuel is still in short supply due to cost**. IHS Markit. 2021. Disponível em: <https://cleanenergynews.ihsmarkit.com/research-analysis/sustainable-aviation-fuel-market-still-in-infancy-due-to-cost-.html>.
- ILT. **BurnFAIR**: searching for a viable kerosene replacement. 2011. Disponível em: <https://cgitu-harburg.de/~iltwww/en/research/projects/burnfair.html>.
- INAF. **Report of the initiatives for next-generation aviation fuels**. 2020. Disponível em: [http://aviation.u-tokyo.ac.jp/inaf/roadmap\\_en.pdf](http://aviation.u-tokyo.ac.jp/inaf/roadmap_en.pdf).
- INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK. **IDB launches regional initiative to support sustainable aviation biofuels in Latin America and the Caribbean**. 2011. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/news/news-releases/2011-06-08/biofuels-in-latin-america-and-the-caribbean%2C9403.html>.
- INTERESTING ENGINEERING. **Rolls-Royce conducts its first 100% sustainable aviation fuels tests**. Fev. 2021. Disponível em: <https://interestingengineering.com/rolls-royce-conducts-its-first-100-sustainable-aviation-fuel-tests>.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. ICAO document. **CORSIA Sustainability Criteria for CORSIA eligible fuels**. 2019. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/ICAO%20document%2005%20-%20Sustainability%20Criteria.pdf>.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Working Paper**. 2019. Disponível em: [https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/WP/wp\\_526\\_en.pdf](https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/WP/wp_526_en.pdf).
- IPCC. Annex I: Glossary. In: **Global Warming of 1.5C. an IPCC Special Report**. 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/>.
- ISCC. **Update market information for ISCC certified system users**. Ago. 2021. Disponível em: <https://www.iscc-system.org/update-market-information-for-iscc-certified-system-users/>.
- ITAKA PROJECT. **Home**. 2022. Disponível em: <https://www.itaka-project.eu/>.
- JAPAN AIRLINES. **JAL successfully operates a commercial flight using Sustainable Aviation Fuel Produced in Japan**. 2021. Disponível em: <https://press.jal.co.jp/en/release/202102/005942.html>.

- JAPAN AIRLINES. **Press release**. Jan. 2009. Disponível em: <https://press.jal.co.jp/en/release/200901/003159.html>.
- JAPAN AIRLINES. **Press release**. Maio 2021. Disponível em: <https://press.jal.co.jp/en/release/202105/006066.html>.
- JAPAN AIRLINES. **Project of SAF produced domestically in Japan has succeeded**. 18 jun. 2021. Disponível em: <https://press.jal.co.jp/en/release/202106/006101.html>.
- JGC HOLDINGS CORPORATION. **Establishment of a supply chain model for bio-jet fuel production from domestic used cooking oil**. 2021. Disponível em: <https://www.jgc.com/en/news/assets/pdf/20210802e.pdf>.
- JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPEIA. **DIRECTIVA 2009/28/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO**. 23 abr. 2009. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>.
- JURCAIB. **Sobre a Jurcaib**. 2022. Disponível em: <http://www.jurcaib.com/>.
- KASSMAYER, Karin; NETO, Joaquim M. Licenciamento ambiental: uma análise do projeto de lei n.3729, de 2004. **Boletim legislativo**. V. 93, jun. 2021. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/boletins-legislativos/bol93>.
- KHALIFA UNIVERSITY. **Dr. Alejandro Rios Galvan**. 2022. Disponível em: <https://www.ku.ac.ae/college-people/dr-alejandro-rios-galvan>.
- KLEIN, Bruno Colling *et al.* Techno-economic and environmental assessment of renewable jet fuel production in integrated Brazilian sugarcane biorefineries. **Applied Energy**, v. 209, p. 290-305, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2017.10.079>
- KLOBUCHAR, Amy; AXNE, Cindy; DUCKWORTH, Tammy; CRAIG, Angie; BALDWIN, Tammy; BUSTOS, Cheri; SMITH, Tina; POCAN, Mark. **Letter to Leader Schumer and Speaker Pelosi**. Set. 2021. Disponível em: [https://www.klobuchar.senate.gov/public/\\_cache/files/c/9/c9b683a5-4cda-4452-8dcb-548afdb29df8/BBBBFA9E652A5216EAE-81821906B5E16.2021-09-02-renewable-fuel-letter-to-leadership-final.pdf](https://www.klobuchar.senate.gov/public/_cache/files/c/9/c9b683a5-4cda-4452-8dcb-548afdb29df8/BBBBFA9E652A5216EAE-81821906B5E16.2021-09-02-renewable-fuel-letter-to-leadership-final.pdf).
- LANE, Jim. Global bioenergies, Aireg partner to advance jet fuel from isobutene. **The Digest**. Set. 2015. Disponível em: <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2015/09/13/global-bioenergies-aireg-partner-to-advance-jet-fuel-from-isobutene/>.
- LANZATECH. **Potential to Produce 5B Gallons of Sustainable Aviation Fuel from CO2**. Set. 2021. Disponível em: <https://www.lanzatech.com/2021/09/23/potential-to-produce-5b-gallons-of-sustainable-aviation-fuel-from-co2/>.
- LATAM AIRLINES. **Climate change**. 2022. Disponível em: [https://www.latam.com/en\\_us/about-us/sustainability/climate-change/](https://www.latam.com/en_us/about-us/sustainability/climate-change/).

- LATAM AIRLINES. **Sustentabilidade, um destino necessário**. 2022. Disponível em: <https://www.latamairlines.com/br/pt/sustentabilidade>.
- LATAM. **Apresentação LATAM ProBioQAV**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 07 out. 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bio-combustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/211007\\_apresentacao-latam\\_probioqav.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bio-combustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/211007_apresentacao-latam_probioqav.pdf).
- LEC. **Apresentação**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/subcomite-probioqav.pdf>.
- LEITE, Isabela. Azul faz voo experimental usando combustível à base de cana. **G1**. Jun. 2012. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2012/06/azul-faz-voo-experimental-usando-combustivel-base-de-cana-de-acucar.html>.
- LNBR. **BioValue**. 2021. Disponível em: <https://lnbr.cnpem.br/biovalue/>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- LOVDATA. **Forskrift om endring i forskrift om begrensing i bruk av helse**. 2020. Disponível em: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2019-04-30-555>.
- LUFTEFARTSTILSYNET. **Norge blir europeisk satsingsområde**. 2022. Disponível em: <https://luftfartstilsynet.no/om-oss/nyheter/nyheter-2019/norge-blir-europeisk-satsingsomrade/>.
- LUFTHANSA GROUP. **Lufthansa Group returns to profits in the third quarter and generates positive cash flows again**. Nov. 2021. Disponível em: <https://www.lufthansagroup.com/en/newsroom/releases/lufthansa-group-returns-to-profits-in-the-third-quarter-and-generates-positive-cash-flows-again.html>.
- LUFTHANSA GROUP. **Lufthansa innovation hub launches the compensaid sustainability platform and focuses on CO2 neutral aviation fuels**. Ago. 2019. Disponível em: <https://www.lufthansagroup.com/en/newsroom/media-relations-north-america/news-and-releases/lufthansa-innovation-hub-launches-the-compensaid-sustainability-platform-and-focuses-on-co2-neutral-aviation-fuels.html>.
- MAGOSSI, Eduardo. TAM faz voo experimental com bioquerosene de aviação. **Estadão**. 22 nov. 2010. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/negocios,tam-faz-voo-experimental-com-bioquerosene-de-aviacao,44406e>.
- MASBI. **Fueling a sustainable future for aviation**. 2013. Disponível em: [https://www.masbi.org/content/assets/MASBI\\_Report.pdf](https://www.masbi.org/content/assets/MASBI_Report.pdf).
- MCDONAGH, Vince. Salmon waste to power jet airliners. **Fish farmer**, jan. 2020. Disponível em: <https://www.fishfarmermagazine.com/news/salmon-waste-to-power-jet-airliners/>.

- MEMAR, Aschkan Davoodi. Potencial de diferentes indústrias no Brasil para produzir gás de síntese. **GIZ**. 2021. Disponível em: <https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2021/09/Potencial-Producao-de-Gas-de-Sintese-Industria-Brasileira-PT.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- METI. **Biojet**. 2022. Disponível em: [https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy\\_environment/biojet/pdf/006\\_00\\_03.pdf](https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/biojet/pdf/006_00_03.pdf).
- METI. **Green growth strategy through achieving carbon neutrality in 2050**. Jun. 2021. Disponível em: [https://www.meti.go.jp/english/policy/energy\\_environment/global\\_warming/pdf/ggs\\_full\\_en.pdf](https://www.meti.go.jp/english/policy/energy_environment/global_warming/pdf/ggs_full_en.pdf).
- METI. **Japanese Airlines fly with domestically produced sustainable aviation fuel**. Jun. 2021. Disponível em: [https://www.meti.go.jp/english/press/2021/0618\\_003.html](https://www.meti.go.jp/english/press/2021/0618_003.html).
- MFA. **Home**. 2022. Disponível em: <https://www.mfa.gov.cn/>.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Combustível sustentável de aviação**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/apresentacao\\_combustivel-do-futuro\\_mapa.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/apresentacao_combustivel-do-futuro_mapa.pdf).
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Plano de ciência, tecnologia e inovação para energias renováveis e biocombustíveis**. 2017. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologiasSetoriais/Plano-de-Ciencia-Tecnologia-e-Inovacao-Para-Energias-Renovaveis-e-Biocombustiveis.pdf>.
- MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Plano de ação para a redução das emissões de CO2 da Aviação Civil Brasileira**. 2018. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/arquivos/PlanodeAo2019ptbr.pdf>.
- MINISTERIO DE FOMENTO. **Procedente de Ciudad de México**. 2010. Disponível em: [https://www.mitma.es/recursos\\_mfom/11080204.pdf](https://www.mitma.es/recursos_mfom/11080204.pdf).
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Combustíveis renováveis para uso em motores do ciclo Diesel**. Jan. 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-467/NT\\_Combustiveis\\_renovaveis\\_em\\_%20motores\\_ciclo\\_Diesel.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-467/NT_Combustiveis_renovaveis_em_%20motores_ciclo_Diesel.pdf).
- MINISTRY OF DEFENCE. **Defence standard 91-091**. Out. 2019. Disponível em: <http://inaca.or.id/wp-content/uploads/2019/11/Def-Stan-91-091-Issue-11-Oct-2019-Turbine-Fuel-Kerosene-Type-Jet-A-1-NATO-CodeF-35-Joint-Service-Designation-AVTUR.pdf>.
- MINISTRY OF ECONOMY, TRADE AND INDUSTRY. **Jogos olímpicos e paralímpicos de Tóquio 2020 caminho para a introdução do comitê de revisão do biojet fuel – apostilas**. 2020. Disponível em: [https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy\\_environment/biojet/006\\_haifu.html](https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/biojet/006_haifu.html).

- MITSUBISHI POWER. **Mitsubishi power's gasification technology contributes to supplying sustainable aviation fuel from woody biomass for regularly scheduled flights.** 2021. Disponível em: <https://power.mhi.com/news/20210618.html>.
- MODERNE TRANSPORT. **Avinor Flyr Inn I Skogen.** Abr. 2013. Disponível em: <https://www.mtlogistikk.no/avinor-biodrivstoff-flyfrakt/avinor-flyr-inn-i-skogen/133279>.
- MULLER, Natalie. Alemanha abre 1 fábrica de combustível limpo para aviões. **Deutsche Welle (DW)**, out. 2021. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/alemanha-abre-a-1%C2%AA-f%C3%A1brica-de-combust%C3%ADvel-limpo-para-avi%C3%B5es-do-mundo/a-59404454>.
- NARA. **First commercial flight using biojet fuel made from wood.** 2022. Disponível em: <https://nararenewables.org/>.
- NASA. **NASA Instruments head to Germany for Alternative Fuels Research.** Outubro de 2015. Disponível em: <https://www.nasa.gov/aero/nasa-instruments-head-to-germany-for-alternative-fuels-research>.
- NASA. **NASA takes international aviation research to the Max.** Jan. 2018. Disponível em: <https://www.nasa.gov/aero/nasa-takes-international-aviation-research-to-the-max>.
- NASA. **NASA-DLR study finds sustainable aviation fuel can reduce contrails.** Jun. 2021. Disponível em: <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-dlr-study-finds-sustainable-aviation-fuel-can-reduce-contrails>.
- NATIONAL BUSINESS AVIATION ASSOCIATION. **Letter to Secretary Buttigieg, National Climate Advisor McCarthy, and Director Deese.** 2021. Disponível em: <https://nbaa.org/wp-content/uploads/aircraft-operations/environment/20210402-Coalition-SAF-BTC-Letter-to-Biden-Administration.pdf>.
- NEDO. **Introduction of latest activities on Bio-jet fuels in Japan.** Out. 2017. Disponível em: [https://www.icef.go.jp/platform/speakers/2017/topic3/ICEF2017\\_CS2-2\\_Takahisa\\_Yano\\_fin.pdf](https://www.icef.go.jp/platform/speakers/2017/topic3/ICEF2017_CS2-2_Takahisa_Yano_fin.pdf).
- NEDO. **Projeto de desenvolvimento de tecnologia de produção de biocombustível.** 2020. Disponível em: [https://www.nedo.go.jp/koubo/FF2\\_100285.html](https://www.nedo.go.jp/koubo/FF2_100285.html).
- NEDO. **Sustainable aviation fuel produced from waste wood and microalgae supplied to regular flights.** 2021. Disponível em: [https://www.nedo.go.jp/english/news/AA-5en\\_100437.html](https://www.nedo.go.jp/english/news/AA-5en_100437.html).
- NESTE. **Neste and Lufthansa collaborate and aim for a more sustainable aviation.** Out. 2019. Disponível em: <https://www.neste.com/releases-and-news/aviation/neste-and-lufthansa-collaborate-and-aim-more-sustainable-aviation>.
- NESTE. **Neste oil and Lufthansa satisfied with results of renewable aviation fuel trial.** Mar. 2012, disponível em: <https://www.neste.com/releases-and-news/aviation/neste-oil-and-lufthansa-satisfied-results-renewable-aviation-fuel-trial>.

- NG, Kok S.; FAROOQ, Danial; YANG, Aidong. Global biorenewable development strategies for sustainable aviation fuel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121007814>.
- NHO. **Federation of Norwegian Aviation Industries (NHO Luftfart)**. 2022. Disponível em: <https://www.nholuftfart.no/in-english/>.
- NISA. **Aviation electrofuel, the green fuel of the future**. 2022. Disponível em: <https://clean-cluster.dk/nisa/>
- WORMSLEV, E. C. *et al.* **Sustainable jet fuel for aviation**. 2016. Disponível em: [https://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2016/09/FULLTEXT\\_Sustainable\\_Jet\\_Fuel\\_for\\_Aviation.pdf](https://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2016/09/FULLTEXT_Sustainable_Jet_Fuel_for_Aviation.pdf).
- NORDIC COUNCIL OF MINISTERS. **Nordic Sustainable Aviation**. 2020. Disponível em: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1512274/FULLTEXT04.pdf>.
- NORDIC ENERGY RESEARCH. **Nordic leadership in sustainable aviation fuels? Policies: technology options, research needs and markets**. Nov. 2018. Disponível em: <https://www.nordicenergy.org/article/nordic-leadership-in-sustainable-aviation-fuels-policies-technology-options-research-needs-and-markets/>.
- NORWAY GOVERNMENT. **More advanced biofuel in aviation**. Maio 2019. Disponível em: <https://www.regjeringen.no/en/historical-archive/solbergs-government/Ministries/kld/news/2019-nyheter/mer-avansert-biodrivstoff-i-luftfarten/id2643700/>.
- NORWEGIAN. **Norwegian commits to reduce CO2 emissions by 45 percent by 2030**. 2020. Disponível em: <https://media.uk.norwegian.com/pressreleases/norwegian-commits-to-reduce-co2-emissions-by-45-percent-by-2030-3035500>.
- NREL. **U.S. Airport infrastructure and sustainable aviation fuel**. 2021. Disponível em: <https://afdc.energy.gov/files/u/publication/U.S.-airport-infrastructure-and-sustainable-aviation-fuel.pdf>.
- OACI. **Assembly – 40th session**. 2019. Disponível em: [https://www.icao.int/Meetings/A40/Documents/WP/wp\\_306\\_en.pdf](https://www.icao.int/Meetings/A40/Documents/WP/wp_306_en.pdf).
- OACI. **Back to initiatives & projects list**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Project.aspx?ProjectID=13>.
- OACI. **CAEP Working Group 4 – CORSIA**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/CAEP-WG4.aspx>.
- OACI. **Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP)**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/caep.aspx>.
- OACI. **Conversion processes**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Conversion-processes.aspx>.

- OACI. **CORE – Jet Fuel**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/InitiativesAndProjectsDetails.aspx?ProjectID=30>.
- OACI. **CORSIA Aeroplane operator to state attributions**. 2021. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA\\_AO\\_to\\_State\\_Attributions\\_June2021\\_web.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA_AO_to_State_Attributions_June2021_web.pdf).
- OACI. **CORSIA approved sustainability certification scheme**. 2020. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/ICAO%20document%2004%20-%20Approved%20SCSs.pdf>.
- OACI. **CORSIA emissions unit eligibility criteria**. Mar. 2019. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/ICAO\\_Document\\_09.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/ICAO_Document_09.pdf).
- OACI. **CORSIA States for Chapter 3 State Pairs**. 2020. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA\\_States\\_for\\_Chapter3\\_State\\_Pairs\\_Jul2020.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA_States_for_Chapter3_State_Pairs_Jul2020.pdf).
- OACI. **Environmental policies on aviation fuels**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Policies.aspx>.
- OACI. **European Advanced Biofuels Flight Path**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/InitiativesAndProjectsDetails.aspx?ProjectID=9>.
- OACI. **Flight plan towards sustainable aviation biofuel in Mexico**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Project.aspx?ProjectID=23>.
- OACI. **Frequently asked questions**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CORSIA-FAQs.aspx>.
- OACI. **ICAO council adopts CORSIA emission units**. Mar. 2020. Disponível em: <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/ICAO-Council-adopts-CORSIA-emissions-units.aspx>.
- OACI. **ICAO Council agrees to the safeguard adjustment for CORSIA in pandemic**. 2020. Disponível em: <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/ICAO-Council-agrees-to-the-safeguard-adjustment-for-CORSIA-in-light-of-COVID19-pandemic.aspx>.
- OACI. **Member States**. 2019. Disponível em: <https://www.icao.int/MemberStates/Member%20States.Multilingual.pdf>.
- OACI. **Nordic Initiative for Sustainable Aviation (NISA)**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Project.aspx?ProjectID=25>.
- OACI. **Organizations able to be invited to ICAO meetings**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/about-icao/Pages/Invited-Organizations.aspx>.
- OACI. **Oslo initiative: avinor bioport**. 2016. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/InitiativesAndProjectsDetails.aspx?ProjectID=41>.

- OACI. **Resolution A39-2**. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/documents/resolution\\_a39\\_2.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/documents/resolution_a39_2.pdf).
- OACI. **Resolutions adopted by the assembly – 4<sup>th</sup> session**. Out. 2019. Disponível em: [https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/Resolutions/a40\\_res\\_prov\\_en.pdf](https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/Resolutions/a40_res_prov_en.pdf).
- OACI. **SAAFA**. 2022. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/gfaaf/lists/saafa/view.aspx?Paged=TRUE&p\\_Date=20130513%2004%3A00%3A00&p\\_ID=395&Page-FirstRow=5171&&View=%7B3F2BE13B-71AC-442F-A7A2-910BD86CC26B%7D](https://www.icao.int/environmental-protection/gfaaf/lists/saafa/view.aspx?Paged=TRUE&p_Date=20130513%2004%3A00%3A00&p_ID=395&Page-FirstRow=5171&&View=%7B3F2BE13B-71AC-442F-A7A2-910BD86CC26B%7D).
- OACI. **SAF Stocktaking – what is it about?** 2018. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF\\_Stocktaking.aspx](https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF_Stocktaking.aspx).
- OACI. **Sustainable way for alternative fuels and energy in aviation (SWAFEA)**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/InitiativesAndProjectsDetails.aspx?ProjectID=8>.
- OACI. **Technical advisory body**. Jan. 2020. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/TAB/TAB%202020/Excerpt\\_TAB\\_Report\\_Jan\\_2020\\_final.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/TAB/TAB%202020/Excerpt_TAB_Report_Jan_2020_final.pdf).
- OACI. **The ICAO Council**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/about-icao/Council/Pages/Council.aspx>.
- OFFICE OF ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY. **New notice of intent for the scale-up of biofuel and bioproduct refineries award**. Out. 2021. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/new-notice-intent-scale-biofuel-and-bioproduct-refineries-award>.
- OFFICE OF ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY. **Sustainable aviation fuel grand challenge**. 2022. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/sustainable-aviation-fuel-grand-challenge>.
- OFFICE OF ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY. **U.S. Department of energy announces more than 64 million for biofuels research to reduce transportation emissions**. Set. 2021. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/us-department-energy-announces-more-64-million-biofuels-research-reduce>.
- ORIGIN CLEAR. **Algae producer aquaviridis and origin oil announce joint commercial agreement**. 2012. Disponível em: <https://www.originclear.com/company-news/algae-producer-aquaviridis-and-originoil-announce-joint-commercial-agreement>.
- ORIGIN CLEAR. **ORIGIN OIL to help Mexico industrialize its Algae production**. 2011. Disponível em: <https://www.originclear.com/company-news/originoil-mexico-industrialize-algae-production>.
- PALMER, Will. **United flies world's first passenger flight on 100% sustainable aviation fuel supplying one of its engines. General Eletronics**. Disponível em: <https://www.ge.com/news/reports/united-flies-worlds-first-passenger-flight-on-100-sustainable-aviation-fuel-supplying-one>.

- PAVLENKO, Nikita; SEARLE, Stephanie. **Assessing the sustainability implications of alternative aviation fuels**. THE ICCT. 2021. Disponível em: <https://theicct.org/publication/assessing-the-sustainability-implications-of-alternative-aviation-fuels/>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- PERALTA, Gilberto. Together we are sustainable. **Airbus**, Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. 23 dez. 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/2021-12-23\\_apresentacao-airbus-probioqav.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/2021-12-23_apresentacao-airbus-probioqav.pdf).
- PERES, Sérgio *et al.* 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://doi.org/10.34117/bjdv7n4-245>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- PETROBRAS. **Contribuições para o PROBIOQAV**. 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/petrobras\\_probioqav\\_2021-10-15.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/petrobras_probioqav_2021-10-15.pdf).
- PORTAL NACIONAL DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL (PNLA). **Estudos ambientais**. 2022. Disponível em: <http://pnla.mma.gov.br/estudos-ambientais>.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm).
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto n. 6.780**. 18 fev. 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/decreto/d6780.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6780.htm).
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto n. 9.578, de 22 de novembro de 2018**. 2018. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/d9578.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9578.htm).
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei n. 12.114, de 9 de dezembro de 2009**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12114.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12114.htm).
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)
- ROTH, Florian. **Costs analysis of aviation fuels in Brazil**. 2022. Disponível em: <https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2021/07/Cost-Analysis-of-Aviation-Fuels-in-Brazil-1.pdf>.
- PRUSSI, Matteo; LEE, Uisung; WANG, Michael; MALINA, Robert; VALIN, Hugo; TAHERIPOUR, Farzad; VELARDE, César; STAPLES, Mark D.; LONZA, Laura; HILEMAN, James. CORSIA: The first internationally adopted approach to calculate life-cycle GHG emissions for aviation fuels. *In: Renewable and sustainable energy reviews*. Outubro de 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121006833>.
- QIBEBT. **Joint research laboratory for sustainable aviation biofuels**. 2022. Disponível em: [http://english.qibebt.cas.cn/ic/ji/jrlsab/201011/t20101103\\_60856.html](http://english.qibebt.cas.cn/ic/ji/jrlsab/201011/t20101103_60856.html).

- RAÍZEN. **Combustível do futuro**. 21 out. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/probioqav-raizen-v4.pdf>.
- RAMBOLL. **Ramboll references aviation**. 2020. Disponível em: <https://ramboll.com/-/media/abd53feb496846099455cc41b01d3020.pdf>.
- RAMBOLL. **Utredning**. 2013. Disponível em: [https://avinor.no/globalassets/\\_konsern/miljo-lokal/miljo-og-samfunn/hovedrapport.pdf](https://avinor.no/globalassets/_konsern/miljo-lokal/miljo-og-samfunn/hovedrapport.pdf).
- RBQAV. **Home**. 2022. Disponível em: <https://rbqav.com.br/>.
- REGJERINGEN. **Agreement on climate change, trade and sustainability (ACCTS)**. 2019. Disponível em: [https://www.regjeringen.no/contentassets/702a862b05e64c3f8008bdc67db1d664/accts\\_background.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/702a862b05e64c3f8008bdc67db1d664/accts_background.pdf).
- REPRESENTATIVE OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA ON THE COUNCIL OF ICAO. **CN(2019)332**. Out. 2019. Disponível em: [https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/Resolutions/china\\_EN.pdf](https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/Resolutions/china_EN.pdf).
- REUTERS. **UPDATE 1 – Australian firm in biofuels deal with Lufthansa**. Setembro de 2012. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/biofuels-australia-germany-idUKL5E8KJDXE20120919>.
- REYNOLDS, Jesse. International Law. *In: CLIMATE ENGINEERING AND THE LAW: regulation and liability for solar radiation management and carbon dioxide removal*. Cambridge: Cambridge University Press, 2016. Disponível em: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2876713](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2876713).
- RFA. **Media & News**. 2022. Disponível em: <https://ethanolrfa.org/media-and-news/category/news-releases/article/2021/09/rfa-participates-in-white-house-roundtable-on-sustainable-aviation-fuels>.
- ROITMAN, Tamar. **Perspectivas e propostas de inserção de bioquerosene de aviação no transporte aéreo de passageiros no Brasil**. 2018. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: [http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/mestrado/Tamar\\_Roitman.\\_MESTRADO-2018.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/mestrado/Tamar_Roitman._MESTRADO-2018.pdf). Acesso em: 18 jan. 2022.
- RSB. **Feedstock availability for sustainable aviation fuels in Brazil**. 2021. Disponível em: <https://rsb.org/wp-content/uploads/2021/04/RSB-Brazil-SAF-Feedstock-Factsheet-2021.pdf>.
- RSB. **RSB EU red fuel certification**. 2022. Disponível em: <https://rsb.org/rsb-eu-red-fuel-certification/>.
- RSB. **RSB launches new research, engagement in the Chinese SAF market**. 2022. Disponível em: <https://rsb.org/2020/08/04/rsb-launches-new-research-engagement-in-the-chinese-saf-market/>.

- S&P GLOBAL PLATTS. **Biocombustíveis avançados: o futuro é agora**. 2 dez. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/s-p.pdf>.
- SAE BRASIL. **A transformação energética**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/apresentacao-probioqav-reduzi-da.pdf>.
- SAE BRASIL. **Quem somos**. 2022. Disponível em: <https://saebrasil.org.br/quem-somos/>.
- SAFN. **Sustainable aviation fuels northwest: powering the next generation of flight**. 2011 report. Disponível em: [https://www.climatesolutions.org/sites/default/files/uploads/safn\\_2011report.pdf](https://www.climatesolutions.org/sites/default/files/uploads/safn_2011report.pdf).
- AHMAD, Salman *et al.* A stakeholders' participatory approach to multi-criteria assessment of sustainable aviation fuels production pathways. **International Journal of Production Economics**, v. 238, 2021.
- SBPE; SBSIOS. **Perspectivas e avanços da bioenergia no Brasil – biocombustíveis**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/sbpe.pdf>.
- SCHMIDT, P.; BATTEIGER, V.; ROTH, A.; WEINDORF, W.; RAKSHA, T. Power-to-liquids as renewable fuel option for aviation: a review. **Chemie Ingenieur Technik**, v. 90, n. 1-2, p. 127-140, 2018. <https://doi.org/10.1002/CITE.201700129>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- SCHNEIDER, Brad. **Schneider introduces bill to decarbonize aviation, fulfill climate commitments**. Maio 2021. Disponível em: <https://schneider.house.gov/media/press-releases/schneider-introduces-bill-decarbonize-aviation-fulfill-climate-commitments>.
- SCIENCE BASED TARGETS. **Business ambition for 1.5C**. 2021. Disponível em: [https://www.voeazul.com.br/en/voeazul/download/pdf/Carta\\_de\\_Compromisso\\_STBi.pdf](https://www.voeazul.com.br/en/voeazul/download/pdf/Carta_de_Compromisso_STBi.pdf).
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. **Plan de acción de México para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero resultado de la aviación civil internacional**. 2012. Disponível em: <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAC/medio-ambiente/pa-2012-2015.pdf>.
- SEGOB. **Programa sectorial derivado del plan nacional de desarrollo**. 2019. Disponível em: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5596374&fecha=08/07/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596374&fecha=08/07/2020).
- SEGOB. **Reglamento interno de la comisión intersecretarial para el desarrollo de los bioenergéticos**. 2012. Disponível em: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5283873&fecha=31/12/2012](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5283873&fecha=31/12/2012).
- SENER. **Mapa de ruta tecnológica bioturboquina**. 2017. Disponível em: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/324219/MRT\\_Bioturboquina\\_Final.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/324219/MRT_Bioturboquina_Final.pdf).

- SENER. **Prospectiva de energias renovables**. 2013. Disponível em: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva\\_de\\_Energias\\_Renovables\\_2013-2027.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62948/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2013-2027.pdf).
- SILO TIPS. **Informe de actividades**. Junho de 2017. Disponível em: <https://silo.tips/download/informe-de-actividades>.
- SILVA GREEN FUEL. **Fra rastoff til drivstoff**. 2022. Disponível em: <https://www.silvagreenufuel.no/>.
- SKYNRG. **A summary of the proposed sustainable aviation fuel mandate**. 2022. Disponível em: <https://skynrg.com/news-and-inspiration/expert-opinions/a-summary-of-the-proposed-sustainable-aviation-fuel-mandate/>.
- SKYNRG. **SKYNRG Nordic supplies biofuel to SAS and Norwegian**. 2014. Disponível em: [https://skynrg.com/wp-content/uploads/2019/03/20141111\\_SkyNRG-Nordic-supplies-biofuel-to-SAS-and-Norwegian.pdf](https://skynrg.com/wp-content/uploads/2019/03/20141111_SkyNRG-Nordic-supplies-biofuel-to-SAS-and-Norwegian.pdf).
- SKYNRG. **SkyNRG, Avinor and Air BP make first volumes of sustainable jet fuel a reality for Lufthansa, KLM and SAS at Oslo Gardermoen Airport**. Jan. 2016. Disponível em: [https://skynrg.com/wp-content/uploads/2019/03/20160122\\_Press-Release\\_SkyNRG-Avinor-and-Air-BP-make-first-volumes-of-sustainable-jet-fuel-a-reality-for-Lufthansa-KLM-and-SAS-at-Oslo-Gardermoen-Airport.pdf](https://skynrg.com/wp-content/uploads/2019/03/20160122_Press-Release_SkyNRG-Avinor-and-Air-BP-make-first-volumes-of-sustainable-jet-fuel-a-reality-for-Lufthansa-KLM-and-SAS-at-Oslo-Gardermoen-Airport.pdf).
- SKYNRG. **Statoil fuel & retail aviation and skynrg announce close cooperation for nordic region**. 2014. Disponível em: [https://skynrg.com/wp-content/uploads/2019/03/20140304\\_Press\\_Release\\_SkyNRG\\_Statoil\\_Aviation\\_and\\_SkyNRG\\_announce\\_close\\_co-operation\\_for\\_Nordic\\_Region1.pdf](https://skynrg.com/wp-content/uploads/2019/03/20140304_Press_Release_SkyNRG_Statoil_Aviation_and_SkyNRG_announce_close_co-operation_for_Nordic_Region1.pdf).
- SMITH, Peter; BUSTAMANTE, Mercedes. **Agriculture, forestry and other land use (Afolu)**. 2018. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter11.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf).
- SOLAR-JET. **Home**. 2022. Disponível em: <https://solar-jet.aero/>
- SOUZA, Lorena Mendes de. **O mercado brasileiro de bioquerosene de aviação: mapeamento multicritério para seleção de oleaginosas para o processo HEFA**. 2019. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2019.
- SOUZA, Lorena Mendes de; MENDES, Pietro A. S.; ARANDA, Donato A. G. Oleaginous feedstocks for hydro-processed esters and fatty acids (HEFA) biojet production in southeastern Brazil: a multi-criteria decision analysis. **Renewable Energy**, v. 149, p. 1339-1351, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2019.10.125>.
- SOUZA, Lorena Mendes de; MENDES, Pietro; ARANDA, Donato. Assessing the current scenario of the Brazilian biojet market. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 98, p. 426-438, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.09.039>.

- STEEPER ENERGY. **Steeper energy announces EUR 50.6 M (DKK 377 M) Advanced biofuel project with Norwegian-swedish joint venture Silva Green fuel in licensing deal.** Dez. 2017. Disponível em: <https://steeperenergy.com/2017/12/15/steeper-energy-announces-eur-50-6-m-dkk-377-m-advanced-biofuel-project-with-norwegian-swedish-joint-venture-silva-green-fuel-in-licensing-deal/>.
- SUN TO LIQUID. **Home.** 2022. Disponível em: <http://www.sun-to-liquid.eu/>.
- SUNFIRE. **Norsk E-fuel is planning Europe's first commercial plant for hydrogen-based renewable aviation fuel in Norway.** Jun. 2020. Disponível em: <https://www.sunfire.de/en/news/detail/norsk-e-fuel-is-planning-europes-first-commercial-plant-for-hydrogen-based-renewable-aviation-fuel-in-norway>.
- SUNFIRE. **Sunfire produces sustainable crude oil alternative.** Maio 2017. Disponível em: <https://www.sunfire.de/en/news/detail/sunfire-produces-sustainable-crude-oil-alternative>.
- SUSTAINABLE AVIATION. **Sustainable fuels road-map.** Disponível em: [https://www.sustainableaviation.co.uk/wp-content/uploads/2020/02/SustainableAviation\\_FuelReport\\_20200231.pdf](https://www.sustainableaviation.co.uk/wp-content/uploads/2020/02/SustainableAviation_FuelReport_20200231.pdf).
- TELLO-GAMARRA, Jorge; MÔNICA, Ana; DE OLIVEIRA, Fitz. Trajetórias tecnológicas dos biocombustíveis para aviação: o caso das algas. *In: XVI Congresso Latino-Iberoamericano de Gestão de Tecnologia.* Porto Alegre, 2015.
- THE FEDERAL GOVERNMENT. **Home.** 2022. Disponível em: <https://www.bundesregierung.de/breg-en/search/climate-friendly-fuels-1948620>.
- THE FEDERAL GOVERNMENT. **PtL roadmap.** 2022. Disponível em: <https://nordicelectrofuel.no/wp-content/uploads/2021/06/The-German-Federal-Government-BtL-Roadmap-Sustainable-aviation-fuel-from-renewable-energy-sources-for-aviation-in-Germany-MAY-2021.pdf>.
- THE FEDERAL GOVERNMENT. **The National Hydrogen Strategy.** Jun. 2020. Disponível em: [https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.pdf?__blob=publicationFile&v=6).
- THE LUXEMBOURG GOVERNMENT. **Joint statement on sustainable aviation fuel.** Fev. 2021. Disponível em: [https://gouvernement.lu/en/actualites/toutes\\_actualites/communiqués/2021/02-fevrier/08-aviation-fuels.html](https://gouvernement.lu/en/actualites/toutes_actualites/communiqués/2021/02-fevrier/08-aviation-fuels.html).
- THE WHITE HOUSE. **Fact sheet: biden administration advances the future of sustainable fuels in american aviation.** 9 set. 2021. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/09/09/fact-sheet-biden-administration-advances-the-future-of-sustainable-fuels-in-american-aviation/>.
- THE WHITE HOUSE. **Fact sheet: U.S.-Germany climate and energy partnership.** 2021. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/07/15/fact-sheet-u-s-germany-climate-and-energy-partnership/>.

- THISDELL, Dan. US-Germany sign biofuel development accord. **Flight Global**. Set. 2012. Disponível em: <https://www.flightglobal.com/us-germany-sign-biofuel-development-accord/106998.article>.
- TODTS, William; KUHLMANN, Andreas. **Letter to vice president Timmermans, Commissioner Valean, Commissioner Simson**. Bruxelas, jun. 2021. Disponível em: [https://www.powerfuels.org/fileadmin/powerfuels.org/Dokumente/2021\\_06\\_Letter\\_accelerate\\_e-kerosene\\_final-1.pdf](https://www.powerfuels.org/fileadmin/powerfuels.org/Dokumente/2021_06_Letter_accelerate_e-kerosene_final-1.pdf).
- TOURISM DASHBOARD. **Japan Airlines invests \$8 million in venture with US waste-to-jet fuel company Fulcrum**. Set. 2018. Disponível em: <https://www.tourismdashboard.org/japan-airlines-invests-8-million-in-venture-with-us-waste-to-jet-fuel-company-fulcrum/>.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Memorandum of understanding sustainable aviation fuel grand challenge**. 2021. Disponível em: [https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-09/S1-Signed-SAF-MOU-9-08-21\\_0.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-09/S1-Signed-SAF-MOU-9-08-21_0.pdf).
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Sustainable aviation fuel**. 2020. Disponível em: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/09/f78/beto-sust-aviation-fuel-sep-2020.pdf>.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Sustainable aviation fuel: review of technical pathways**. 2021. Disponível em: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/09/f78/beto-sust-aviation-fuel-sep-2020.pdf>.
- UBRABIO. **Home**. 2022. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/>.
- UBRABIO. **Subcomitê ProBioQAV**. Apresentação Subcomitê ProBioQAV do Programa Combustível do Futuro do Ministério de Minas e Energia. Donizete Tokarski. 21 out. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioqav/participacao-social/2021-10-21-apresentacao-ubrablo-final.pdf>.
- UMWELT BUNDESAMT. **German environment agency proposes expanded cross-regulatory approach for European commission's zero pollution action plan**. Mar. 2021. Disponível em: <https://www.umweltbundesamt.de/en/press/pressinformation/german-environment-agency-proposes-expanded-cross>.
- UMWELT BUNDESAMT. **Power-to-liquids. Potentials and perspectives for the future supply of renewable aviation fuel**. 2016. Disponível em: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/161005\\_uba\\_hintergrund\\_ptl\\_barrierefrei.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/161005_uba_hintergrund_ptl_barrierefrei.pdf).
- UNITED NATIONS. **Paris Agreement**. 2015. Disponível em: [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf). Acesso em 16 de janeiro de 2022.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Letter to Mr. McNiel**. Set. 2019. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-10/documents/texmark-chem-neste-us-deter-ltr-2019-09-23.pdf>.

- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Letter to Ms. Nigten**. Jul. 2021. Disponível em: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-08/koole-neste-der-ltr-2021-07-12.pdf>.
- UNITED STATES. **Federal alternative jet fuels research and development strategy**. Aeronautics Science and Technology Subcommittee; Committee on Technology; jun. 2016. Disponível em: [https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/federal\\_alternative\\_jet\\_fuels\\_research\\_and\\_development\\_strategy.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/federal_alternative_jet_fuels_research_and_development_strategy.pdf).
- UNITED STATES. **Memorandum of understanding between the department of the navy and the department of energy and the department of agriculture**. 2011. Disponível em: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/04/f14/DPASignedMOUEnergyNavyUSDA.pdf>
- UNIVERSITY OF TOKYO. **Center for aviation innovation research**. 2022. Disponível em: <https://www.aviation.u-tokyo.ac.jp/>.
- USCA. **Petition for review**. 2021. Disponível em: [https://www.biologicaldiversity.org/programs/climate\\_law\\_institute/transportation\\_and\\_global\\_warming/airplane\\_emissions/pdfs/Aircraft-CO2-Rule-Petition-for-Review.pdf](https://www.biologicaldiversity.org/programs/climate_law_institute/transportation_and_global_warming/airplane_emissions/pdfs/Aircraft-CO2-Rule-Petition-for-Review.pdf)
- USCODE. **Research and development initiative**. 2022. Disponível em: <https://uscode.house.gov/view.xhtml?req=granuleid:USC-prelim-title51-section40701&num=0&edition=prelim>.
- USDA. **Agriculture and aviation: partners in prosperity**. Jan. 2012. Disponível em: <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/usda-farm-to-fly-report-jan-2012.pdf>.
- USDA. **Global agricultural information network**. 2011. Disponível em: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual\\_Mexico%20City\\_Mexico\\_6-29-2011.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual_Mexico%20City_Mexico_6-29-2011.pdf).
- USDA. **USDA Joins government-wide sustainable aviation fuels grand challenge**. Set. 2021. Disponível em: <https://www.usda.gov/media/press-releases/2021/09/09/usda-joins-government-wide-sustainable-aviation-fuels-grand>.
- VALDEZ, M.L. . Plan estatal de desarrollo de Sinaloa. 2011. Disponível em: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Sinaloa/wo86956.pdf>.
- VAN DYK, Susan; SADDLER, Jack. **Progress in commercialization of biojet /Sustainable Aviation Fuels (SAF): Technologies, potential and challenges**. IEA Bioenergy, 2021. Disponível em: <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/06/IEA-Bioenergy-Task-39-Progress-in-the-commercialisation-of-biojet-fuels-May-2021-1.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- VELOCYS. **Velocys fulfils order for biorefinery project in Japan**. Nov. 2019. Disponível em: <https://www.velocys.com/2019/11/13/velocys-fulfils-order-for-biorefinery-project-in-japan/>.

- VIEIRA, Nathália Duarte Braz *et al.* Uso de um Sistema de Gestão de Banco de Dados (DBMS) para análise de viabilidade de produção de bioquerosene: estudo de caso para o eucalipto em Minas Gerais. *In: I Congresso da Rede Brasileira de Bioquerosene e Hidrocarbonetos Renováveis*. Natal: 2019. Disponível em: <http://www.monferrer.com.br/METALLUM/bioquerosene/PDF/01-017.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- VOE AZUL. **Gestão de mudança do clima para compromisso com o crescimento sustentável**. 2022. Disponível em: <https://www.voeazul.com.br/sustentabilidade>.
- WALTER, Arnaldo *et al.* Spatially explicit assessment of suitable conditions for the sustainable production of aviation fuels in Brazil. **Land**, v. 10, n. 7, p. 705, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/LAND10070705/S1>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- WANG, Z.; PASHAEI KAMALI, F.; OSSEWEIJER, P.; Posada, J. A. (2019). Socioeconomic effects of aviation biofuel production in Brazil: A scenarios-based Input-Output analysis. **Journal of Cleaner Production**, 230, p. 1036-1050. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.05.145>.
- WAYS e MEANS. **Committee print consisting of subtitles F, G, H and J: budget reconciliation legislative recommendations relating to infrastructure financing, green energy, social safety net, and prescription drug pricing**. 2021. Disponível em: <https://docs.house.gov/meetings/WM/WM00/20210914/114042/HMKP-117-WM00-20210914-SD001.pdf>
- WORLD ECONOMIC FORUM. **Clean skies for tomorrow coalition**. 2022. Disponível em: <https://www.weforum.org/projects/clean-skies-for-tomorrow-coalition>.
- WORLD ECONOMIC FORUM. **Guidelines for a sustainable aviation fuel blending mandate in Europe**. Jul. 2021. Disponível em: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_CST\\_EU\\_Policy\\_2021.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_CST_EU_Policy_2021.pdf).
- WORLD ENERGY. World Energy CEO shares net-zero carbon strategy during virtual White House roundtable on sustainable aviation fuel. **Cision PR Newswire**. Setembro de 2021. Disponível em: <https://www.prnewswire.com/news-releases/world-energy-ceo-shares-net-zero-carbon-strategy-during-virtual-white-house-roundtable-on-sustainable-aviation-fuel-301373076.html>.
- ZHAO, Xin *et al.* Estimating induced land use change emissions for sustainable aviation biofuel pathways. **Science of The Total Environment**, v. 779, p. 146238, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.146238>

# Anexo I

Referências utilizadas na elaboração da Ilustração 1 (item 3.4).

Title	Authors	Year	Citations	References
Roadmap for sustainable aviation biofuels for Brazil – A Flightpath to Aviation Biofuels in Brazil	L. Cortez, F. Nigro, A. Nassar, H. Cantarella, L. Nogueira, M. Moraes, R. Leal, T. Franco, U. Schuchardt	2014	18	2
Integrated 1st and 2nd generation sugarcane bio-refinery for jet fuel production in Brazil: Techno-economic and greenhouse gas emissions assessment	Catarina I. Santos, C. C. Silva, S. Mussatto, P. Osseweijer, L. V. D. van der Wielen, J. Posada	2017	48	165
Potential feedstock for renewable aviation fuel in Brazil	H. Cantarella, A. Nassar, L. Cortez, R. B. Junior	2015	26	27
Life Cycle Assessment of Biojet Fuels	R. Capaz, J. Seabra	2016	13	25
Jet biofuels in Brazil: Sustainability challenges	M. Moraes, A. Nassar, P. Moura, R. Leal, L. Cortez	2014	27	12
Life cycle greenhouse gas emissions of sugar cane renewable jet fuel.	M. Moreira, A. Gurgel, J. Seabra	2014	34	25
Techno-economic assessment of biorefinery technologies for aviation biofuels supply chains in Brazil	C. Alves, M. Valk, S. D. Jong, A. Bonomi, L. A. V. Wielen, S. Mussatto	2017	55	41
The feasibility of short term production strategies for renewable jet fuels – a comprehensive techno economic comparison	S. D. Jong, R. Hoefnagels, A. Faaij, R. Slade, R. Mawhood, M. Junginger	2015	156	54
Well-to-wake analysis of ethanol-to-jet and sugar-to-jet pathways	Jeongwoo Han, Ling Tao, Michael Q. Wang	2017	32	77
Contribution of jet fuel from forest residues to multiple Sustainable Development Goals	O. Cavalett, F. Cherubini	2018	11	77
Life cycle greenhouse gas analysis of biojet fuels with a technical investigation into their impact on jet engine performance	K. Lokesh, V. Sethi, T. Nikolaidis, E. Goodger, D. Nalianda	2015	45	55
Techno-economic and Environmental Assessment of Renewable Jet Fuel Production in Integrated Brazilian Sugarcane Biorefineries	B. Klein, M. Chagas, T. L. Junqueira, M. C. Rezende, T. F. Cardoso, O. Cavalett, A. Bonomi	2018	73	113
Techno-economic comparison of biojet fuel production from lignocellulose, vegetable oil and sugar cane juice.	Gabriel Wilhelm Diederichs, Mohsen Ali Mandegari, S. Farzad, J. Görgens	2016	87	30

Biofuels in Brazilian aviation: Current scenario and prospects	P. A. Cremones, Michael Feroldi, Amanda Viana de Araújo, Maykon Negreiros Borges, Thompson Ricardo Weiser Meier, A. Feiden, J. G. Teleken	2015	48	114
Environmental trade-offs of renewable jet fuels in Brazil: Beyond the carbon footprint.	R. Capaz, Elisa M de Medeiros, D. G. Falco, J. Seabra, P. Osseweijer, J. Posada	2020	13	88
Life-cycle analysis of greenhouse gas emissions from renewable jet fuel production	Sierk de Jong, K. Antonissen, R. Hoefnagels, L. Lonza, Michael Q. Wang, A. Faaij, M. Junginger	2017	122	110
The carbon footprint of alternative jet fuels produced in Brazil: exploring different approaches	R. Capaz, J. Posada, P. Osseweijer, J. Seabra	2020	3	173
Production pathways for renewable jet fuel: a review of commercialization status and future prospects	R. Mawhood, E. Gazis, S. D. Jong, R. Hoefnagels, R. Slade	2016	109	114
Sustainable Aviation Fuels: Production, Use and Impact on Decarbonization	S. Mussatto, I. L. Motta, R. M. Filho, L. V. D. van der Wielen, R. Capaz, J. Seabra, P. Osseweijer, J. Posada, Marcelo de Freitas Gonçalves, Pedro Rodrigo Scorza, G. Dragone	2021	0	84
LCA of the maintenance of a piston-prop engine	Yasin Şöhret, S. Ekici, Onder Altuntas, T. Karakoc	2019	4	24
Environmental, economic and social impact of aviation biofuel production in Brazil.	P. A. Cremones, Michael Feroldi, Carlos de Jesus de Oliveira, J. G. Teleken, H. Alves, S. Sampaio	2015	20	107
Alternative thermochemical routes for aviation biofuels via alcohols synthesis: Process modeling, techno-economic assessment and comparison	K. Atsonios, Michael-Alexander Kougioumtzis, K. Panopoulos, E. Kakaras	2015	93	110
Lifecycle greenhouse gas footprint and minimum selling price of renewable diesel and jet fuel from fermentation and advanced fermentation production technologies	Mark D Staples, R. Malina, Hakan Olcay, Matthew N. Pearlson, J. Hileman, A. Boies, S. Barrett	2014	80	47
Bio-jet fuel conversion technologies	Wei Cheng Wang, Ling Tao	2016	215	145
Life Cycle and Techno-Economic Analysis of Fischer-Tropsch Renewable Diesel and Jet Fuel Production	H. Pourbafrani	2016	1	61
The costs of production of alternative jet fuel: A harmonized stochastic assessment.	Seamus J. Bann, R. Malina, Mark D Staples, P. Suresh, Matthew N. Pearlson, W. Tyner, J. Hileman, S. Barrett	2017	56	27
Renewable bio-jet fuel production for aviation: A review	Hongjian Wei, Wenzhi Liu, Xinyu Chen, Qing Yang, Jiashuo Li, Han-ping Chen	2019	91	132
Ecofisiologia e produtividade de <i>Brachiaria decumbens</i> em sistema silvipastoril com macaúba	S. Montoya	2016	2	0
Avaliação de germoplasma para melhoramento e a conservação da macaúba	Rosa Angelica Plata Rueda	2014	2	0

Environmental and economic assessment of producing hydro-processed jet and diesel fuel from waste oils and tallow	Gonca Seber, R. Malina, Matthew N. Pearlson, Hakan Olcay, J. Hileman, S. Barrett	2014	62	16
Life cycle assessment of camelina oil derived biodiesel and jet fuel in the Canadian Prairies.	Xue Li, E. Mupondwa	2014	96	62
Potential for biojet production from different biomass feedstocks and consolidated technological routes: a georeferencing and spatial analysis in Brazil	F. Carvalho, Fabio T.F. da Silva, A. Szklo, J. Portugal-Pereira	2019	7	39
Life-cycle analysis of bio-based aviation fuels.	Jeongwoo Han, A. Elgowainy, H. Cai, Michael Q. Wang	2013	91	27
Analysis of biomass hydrothermal liquefaction and biocrude-oil upgrading for renewable jet fuel production: The impact of reaction conditions on production costs and GHG emissions performance	K. F. Tzanetis, J. Posada, A. Ramírez	2017	94	32
Perspectives for Sustainable Aviation Biofuels in Brazil	L. Cortez, F. Nigro, L. Nogueira, A. Nassar, H. Cantarella, M. Moraes, R. Leal, T. Franco, U. Schuchardt, R. B. Junior	2015	17	40
Stochastic techno-economic analysis of alcohol-to-jet fuel production	Guolin Yao, Mark D Staples, R. Malina, W. Tyner	2017	37	72
Review of life cycle greenhouse gas emissions assessments of hydroprocessed renewable fuel (HEFA) from oilseeds	Debrah Zemanek, P. Champagne, W. Mabee	2020	5	39
Financial analyses of potential biojet fuel production technologies	Lucas G. Pereira, H. MacLean, B. Saville	2017	16	18
Life cycle assessment of camelina oil derived biodiesel and jet fuel in the	Xue Li, E. Mupondwa	2014	2	42
The Alcohol-to-Jet Conversion Pathway for Drop-In Biofuels: Techno-Economic Evaluation.	Scott Geleynse, Kristin L. Brandt, M. García-Pérez, M. Wolcott, Xiao Zhang	2018	29	53
Technoeconomic analysis of biojet fuel production from camelina at commercial scale: Case of Canadian Prairies.	Xue Li, E. Mupondwa, L. Tabil	2018	32	38

Fonte: Connected papers, 2021

# Apêndice I

## Instrumentos normativos que apoiam licenciamento ambiental

FEDERAL  
(UNIÃO)

Leis Ambientais Federal

Constituição Federal de 1988

Lei n. 6938/1981 Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Lei Federal n. 9433/1997 Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

Lei n. 9605/1998 Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

Lei Federal n. 10.165/2000 – Altera a Lei n. 6.938, de 31/08/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Lei Federal n. 10.257/2001 – Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

Lei Federal n. 12.305/2010 – Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

Lei Federal n. 12.651/2012 – Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

Lei Federal n. 13.465/2017 – Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, sobre a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e sobre a regularização fundiária no âmbito da Amazônia Legal; institui mecanismos para aprimorar a eficiência dos procedimentos de alienação de imóveis da União; altera as Leis “...” e dá outras providências.

Lei complementar n. 140/2011 Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981.

Lei Complementar n. 140/2011 – Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981.

Instrução Normativa IPHAN 1/2015 – Estabelece procedimentos administrativos a serem observados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional nos processos de licenciamento ambiental dos quais participe.

Resolução Conama n. 9/1987 – Dispõe sobre a realização de Audiências Públicas no processo de licenciamento ambiental.

Resolução Conama n. 1/1989 – Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.

Resolução Conama n. 237/1997 – Dispõe sobre as diretrizes para o licenciamento ambiental.

Resolução Conama n. 381/2001 – Dispõe sobre modelos de publicação de pedidos de licenciamento.

Resolução Conama n. 307/2002 – Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Resolução Conama n. 369/2006 – Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP.

	<p>Resolução Conama n. 379/2006 – Cria e regulamenta sistema de dados e informações sobre a gestão florestal no âmbito do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.</p> <p>Resolução Conama n. 412/2009 – Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à construção de habitações de Interesse Social.</p> <p>Resolução Conama n. 428/2010 – Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências.</p> <p>Resolução Conama n. 430/2011 – Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-Conama.</p> <p>Decretos Ambientais Federal</p> <p>Decreto-Lei n. 1.413/1975 – Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais.</p> <p>Decreto Federal n. 99.274/1990 – Regulamenta a Lei n. 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, e dá outras providências.</p> <p>Decreto Federal n. 5.975/2006 – Regulamenta os arts. 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, o art. 4o, inciso III, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, o art. 2o da Lei n. 10.650, de 16 de abril de 2003, altera e acrescenta dispositivos aos Decretos n. 3.179, de 21 de setembro de 1999, 3.420, de 20 de abril de 2000, e dá outras providências.</p> <p>Decreto Federal n. 7.404/2010 – Regulamenta a Lei n. 12.305/2010.</p>
FEDERAL (UNIÃO)	<p>Leis Ambientais Distrital</p> <p>Lei Orgânica do DF</p> <p>Lei n. 41/1989 Dispõe sobre a Política Ambiental do Distrito Federal, e dá outras providências.</p> <p>Lei n. 56/1989 Dispõe sobre normas para a proteção do meio ambiente, nos casos que especifica.</p> <p>Lei n. 414/1993 Dispõe sobre a produção, armazenamento, comercialização, transporte, consumo, uso, controle, inspeção, fiscalização e destino final de agrotóxicos, seus componentes e afins no Distrito Federal e dá outras providências.</p> <p>Lei n. 462/1993 Dispõe sobre a reciclagem de resíduos sólidos no Distrito Federal e dá outras providências.</p> <p>Lei n. 972/1995 Dispõe sobre os atos lesivos à limpeza pública e dá outras providências.</p> <p>Lei n. 1.131/1996 Determina a divulgação de chamamentos ecológicos e de instruções para reciclagem nas embalagens de produtos industrializados ou embalados no Distrito Federal.</p> <p>Lei n. 1.146/1996 Dispõe sobre a introdução da educação ambiental como conteúdo das matérias, atividades e disciplinas curriculares do 1º e 2º graus dos estabelecimentos de ensino do Distrito Federal.</p> <p>Lei n. 1.224/1996 Dispõe sobre a realização de auditorias ambientais.</p> <p>Lei n. 1.248/1996 Dispõe sobre a preservação da diversidade genética do Distrito Federal.</p> <p>Lei n. 1.282/1996 Declara o buriti, Mauritia flexuosa, o vegetal símbolo do Distrito Federal.</p> <p>Lei n. 1.393/1997 Dispõe sobre a exigência de garantia de reabilitação ou recuperação de área degradada por empreendimentos que exploram recursos minerais no Distrito Federal.</p> <p>Lei n. 1.417/1997 Institui a Semana Comemorativa do Cerrado no âmbito do Distrito Federal.</p> <p>Lei n. 1.475/1997 Dispõe sobre a destinação e ocupação das áreas ribeirinhas do rio Alagado, na Região Administrativa do Gama (RA-II), e dá outras providências.</p> <p>Lei n. 1.728/1997 Altera o art. 27 da Lei n. 414, de 15 de janeiro de 1993, que “dispõe sobre produção, armazenamento, comercialização, transporte, consumo, uso, controle, inspeção, fiscalização e destino final de agrotóxicos, seus componentes e afins no Distrito Federal”.</p> <p>Lei n. 1.869/1998 Dispõe sobre os instrumentos de avaliação de impacto ambiental no Distrito Federal e dá outras providências.</p>

FEDERAL  
(UNIÃO)

Lei n. 2725/2001 Institui a Política de Recursos Hídricos e cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal.

Lei n. 3031/2002 Institui a Política Florestal do Distrito Federal.

Lei n. 4.092/2008 Dispõe sobre o controle da poluição sonora e os limites máximos de intensidade da emissão de sons e ruídos resultantes de atividades urbanas e rurais no Distrito Federal.

Lei n. 4.329/2009 Dispõe sobre a proibição da queima de restos vegetais e lixo no território do Distrito Federal.

Lei Complementar n. 803/2009 Aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT e dá outras providências.

Lei Complementar n. 827/2010 Regulamenta o art. 279, I, III, IV, XIV, XVI, XIX, XXI, XXII, e o art. 281 da Lei Orgânica do Distrito Federal, instituindo o Sistema Distrital de Unidades de Conservação da Natureza – SDUC, e dá outras providências.

Lei Complementar n. 854/2012 Atualiza a Lei Complementar n. 803, de 25 de abril de 2009, que aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT e dá outras providências.

Lei n. 5.081/2013 Disciplina os procedimentos para a realização de audiências públicas relativas à apreciação de matérias urbanísticas e ambientais no Distrito Federal e dá outras providências.

Lei n. 5.418/2014 Dispõe sobre a Política Distrital de Resíduos Sólidos e dá outras providências.

Lei n. 5.803/2017 Institui a Política de Regularização de Terras Públicas Rurais pertencentes ao Distrito Federal ou à Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal – Terracap e dá outras providências.

Lei Distrital n. 6.269/2019 Institui o Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (ZEE-DF) em cumprimento ao art. 279 e o art. 26 do Ato das Disposições Transitórias da Lei Orgânica do Distrito Federal e dá outras providências.

Lei n. 6.364/2019 Dispõe sobre a utilização e a proteção da vegetação nativa do Bioma Cerrado no Distrito Federal e dá outras providências.

Lei Complementar n. 948/2019 Aprova a Lei de Uso e Ocupação do Solo do Distrito Federal – LUOS nos termos dos arts. 316 e 318 da Lei Orgânica do Distrito Federal e dá outras providências.

## Decretos Ambientais Distrital

Decreto n. 3.906/1977 – Dispõe sobre o licenciamento e a fiscalização de edificações na área rural do Distrito Federal e dá outras providências.

Decreto n. 8.690/1985 – Acrescenta parágrafos ao Art. 2º e dá nova redação aos arts. 4º, 9º e 12, do Decreto n. 3.906, de 24 de outubro de 1977, que dispõe sobre o licenciamento e a fiscalização de edificações na área rural do Distrito Federal.

Decreto n. 12.055/1989 – Cria a Área de Proteção Ambiental do Lago Paranoá.

Decreto n. 12.184/1990 – Acrescenta parágrafo ao Art. 2º do Decreto n. 3.906, de 24 de outubro de 1977, com a redação que lhe deram os Decretos n. 8.690, de 05 de julho de 1985, e 9.260, de 31 de janeiro de 1986, que dispõem sobre o licenciamento e fiscalização de edificações na área rural do Distrito Federal.

Decreto n. 12.249/1990 – Dispõe sobre a criação do Parque Ecológico Norte e dá outras providências.

Decreto n. 12.960/1990 – Aprova o Regulamento da Lei n. 41, de 13 de setembro de 1989 que dispõe sobre a Política Ambiental do Distrito Federal e dá outras providências.

Decreto n. 13.231/1991 – Altera o art. 1º do Decreto n. 12.249, de 07 de março de 1990.

Decreto n. 14.783/1993 – Dispõe sobre o tombamento de espécies arbóreo-arbustivas, e dá outras providências.

Decreto Distrital n. 18.328/1997 – Altera o Decreto n. 5.631, de 27 de novembro de 1990, que aprova o novo Regulamento para Instalações Prediais de Esgotos Sanitários no Distrito Federal, e dá outras providências.

Decreto n. 22.139/2001 – Regulamenta a Lei n. 1.393, de 04 de março de 1997, que dispõe sobre a exigência no processo de licenciamento ambiental da garantia de reabilitação ou recuperação de área degradada por empreendimentos que exploram recursos minerais no Distrito Federal, e dá outras providências.

Decreto n. 22.356/2001 – Regulamenta o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Distrito Federal, e dá outras providências.

Decreto n. 22.358/2001 – Dispõe sobre a outorga e a cobrança pelo direito de uso da água subterrânea no território do Distrito Federal de que tratam o artigo 10, da Lei n. 512, de 28 de julho de 1993, e o Decreto n. 21.007, de 18 de fevereiro de 2000, e dá outras providências.

FEDERAL (UNIÃO)	<p>Decreto n. 22.359/2001 – Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos no território do Distrito Federal e dá outras providências.</p> <p>Decreto n. 23.833/2003 – Designa os membros do Conselho Gestor da Área de Proteção Ambiental do Lago Paranoá e dá outras providências.</p> <p>Decreto n. 24.499/2004 – Dispõe sobre o uso e ocupação do Lago Paranoá, de sua Área de Preservação Permanente e Entorno e dá outras providências.</p> <p>Decreto n. 24.674/2004 – Altera o Decreto 22.787 de 13 de março de 2002.</p> <p>Decreto n. 27.122/2006 – Dispõe sobre o trânsito de veículos de tração animal nas vias públicas urbanas e faixas de domínio das rodovias no Distrito Federal e dá outras providências.</p> <p>Decreto n. 27.261/2006 – Dispõe sobre a criação da Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE do Torto.</p> <p>Decreto Distrital n. 30.315/2009 -Regulamenta o artigo 9º da Lei n. 041, de 13 de setembro de 1989, para determinar a apresentação de Relatório Ambiental com o fim de distinguir curso d'água intermitente e canal natural de escoamento superficial e de definir a faixa marginal de proteção (não edificável).</p> <p>Decreto n. 30.645/2009 – Dispõe sobre a criação do Fórum da Agenda 21 no âmbito do Distrito Federal e dá outras providências.</p> <p>Decreto n. 37.549/2016 – Institui o Sistema Distrital de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais para execução do Plano de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais e dá outras providências.</p> <p>Decreto Distrital n. 37.931/2016 – Regulamenta, no âmbito do Distrito Federal, a Lei Federal n. 12.651, de 25 de maio de 2012, estabelece regras complementares para o funcionamento do Cadastro Ambiental Rural – CAR e do Programa de Regularização Ambiental de Imóveis Rurais – PRA/DF, e dá outras providências.</p> <p>Decreto Distrital n. 39.469/2018 – Dispõe sobre a autorização de supressão de vegetação nativa, a compensação florestal, o manejo da arborização urbana em áreas verdes públicas e privadas e a declaração de imunidade ao corte de indivíduos arbóreos situados no âmbito do Distrito Federal.</p>
ESTADOS	<p>ACRE Órgão licenciador – Instituto de Meio Ambiente do Acre (Imac) <a href="http://www.imac.ac.gov.br">www.imac.ac.gov.br</a> Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental AC</p> <p>ALAGOAS Órgão licenciador – Instituto do Meio Ambiente (IMA) <a href="http://www.ima.al.gov.br">www.ima.al.gov.br</a> Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental AL</p> <p>AMAPÁ Órgão licenciador – Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) <a href="https://sema.portal.ap.gov.br">https://sema.portal.ap.gov.br</a> Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental AP</p> <p>AMAZONAS Órgão licenciador – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (Ipaam) <a href="http://www.ipaam.am.gov.br">www.ipaam.am.gov.br</a> Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental AM</p>

ESTADOS	<p>BAHIA          Órgão licenciador – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema)  <a href="http://www.inema.ba.gov.br">www.inema.ba.gov.br</a>          Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental          BA</p>
	<p>CEARÁ          Órgão licenciador – Superintendência Estadual do Meio Ambiente (Semace)  <a href="http://www.semace.ce.gov.br">www.semace.ce.gov.br</a>          Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental          CE</p>
	<p>ESPÍRITO SANTO          Órgão licenciador – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Iema)  <a href="http://www.iema.es.gov.br">www.iema.es.gov.br</a>          Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental          ES</p>
	<p>GOIÁS          Órgão licenciador – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad)  <a href="http://www.meioambiente.go.gov.br">www.meioambiente.go.gov.br</a>          Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental          GO</p>
	<p>Maranhão          Órgão licenciador – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (Sema)  <a href="http://www.sema.ma.gov.br">www.sema.ma.gov.br</a>          Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental          MA</p>
	<p>Mato Grosso          Órgão licenciador – Secretaria de Estado do Meio Ambiente (Sema)  <a href="http://www.sema.mt.gov.br">www.sema.mt.gov.br</a>          Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental          MT</p>
	<p>Mato Grosso do Sul          Órgão licenciador – Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul (Imasul)  <a href="http://www.imasul.ms.gov.br">www.imasul.ms.gov.br</a>          Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental          MS</p>

ESTADOS	Minas Gerais Órgão licenciador – Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) <a href="http://www.meioambiente.mg.gov.br">www.meioambiente.mg.gov.br</a>
	Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental MG
	Pará Órgão licenciador – Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semas) <a href="https://www.semas.pa.gov.br">https://www.semas.pa.gov.br</a>
	Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental PA
	Paraíba Órgão licenciador – Superintendência de Administração do Meio Ambiente (Sudema) <a href="http://www.sudema.pb.gov.br">www.sudema.pb.gov.br</a>
	Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental PB
	Paraná Órgão licenciador – Instituto Água e Terra (IAT) <a href="http://www.iat.pr.gov.br">www.iat.pr.gov.br</a>
	Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental PR
Pernambuco Órgão licenciador – Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) <a href="http://www.cprh.pe.gov.br">www.cprh.pe.gov.br</a>	
Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental PE	
Piauí Órgão licenciador – Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Semar) <a href="http://www.semar.pi.gov.br">www.semar.pi.gov.br</a>	
Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental PI	

ESTADOS	Rio de Janeiro Órgão licenciador – Instituto Estadual do Ambiente (Inea) <a href="http://www.inea.rj.gov.br">www.inea.rj.gov.br</a>  Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental RJ
	Rio Grande do Norte Órgão licenciador – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (Idema) <a href="http://www.idema.rn.gov.br">www.idema.rn.gov.br</a>  Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental RN
	Rio Grande do Sul Órgão licenciador – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (Fepam) <a href="http://www.fepam.rs.gov.br">www.fepam.rs.gov.br</a>  Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental RS
	Rondônia Órgão licenciador – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (Sedam) <a href="http://www.sedam.ro.gov.br">www.sedam.ro.gov.br</a>  Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental RO
	RORAIMA Órgão licenciador – Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Femarh) <a href="http://www.femarh.rr.gov.br">www.femarh.rr.gov.br</a>  Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental RR
	SANTA CATARINA Órgão licenciador – Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA) <a href="http://www.ima.sc.gov.br">www.ima.sc.gov.br</a> Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental SC

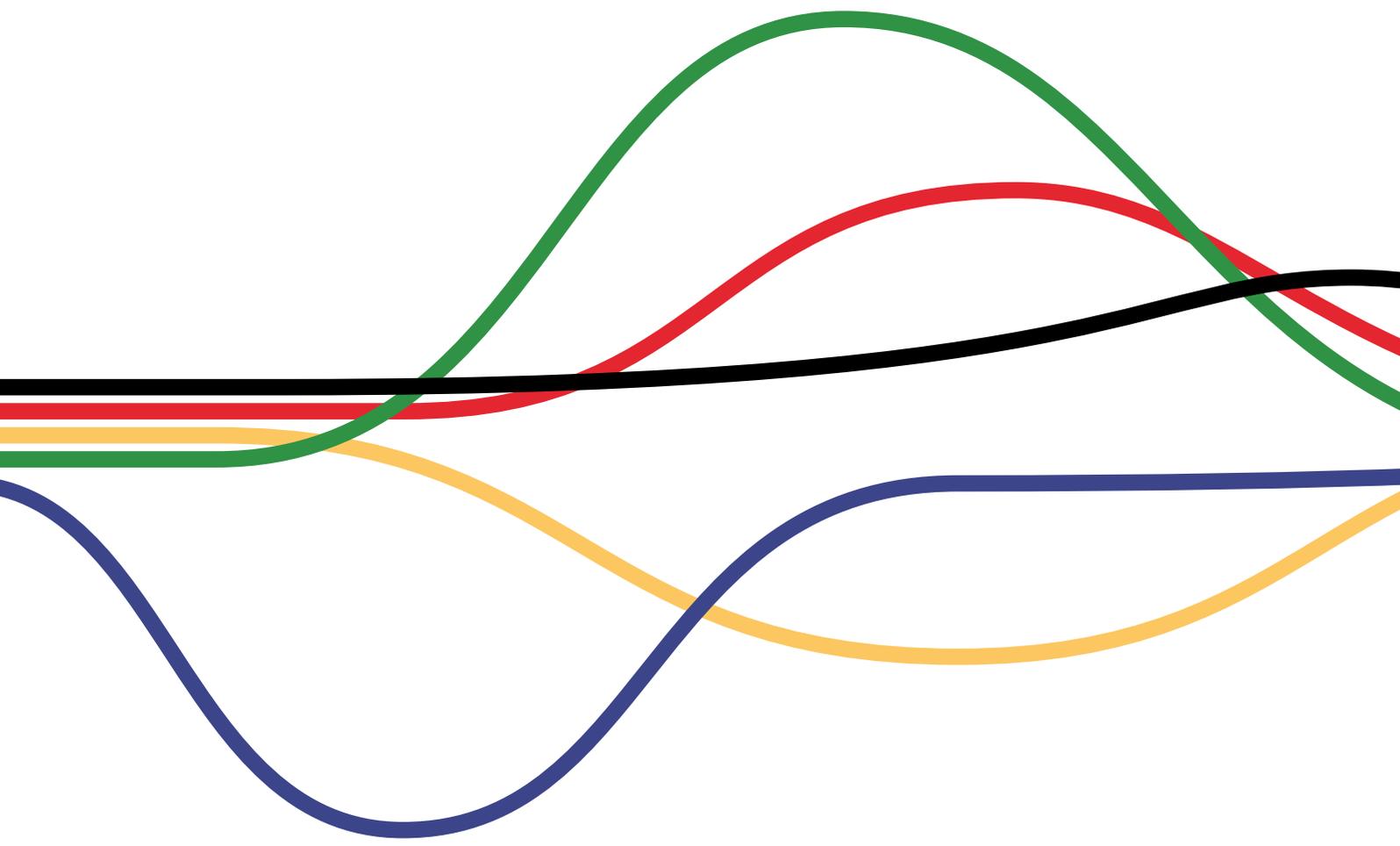
ESTADOS	<p>SÃO PAULO Órgão licenciador – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) www.cetesb.sp.gov.br</p> <p>Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental SP</p>
	<p>SERGIPE Órgão licenciador – Administração Estadual do Meio Ambiente (Adema) www.adema.se.gov.br</p> <p>Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental SE</p>
	<p>TOCANTINS Órgão licenciador – Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins) www.naturatins.to.gov.br</p> <p>Instrumentos legais sobre licenciamento ambiental TO</p>
MUNICÍPIOS Selecionados	<p>Prefeitura de Guarulhos Lei n. 7730/2019 Institui o Plano Diretor do Município de Guarulhos, o Conselho Municipal de Desenvolvimento Urbano – CMDU, o Fundo Municipal de Desenvolvimento Urbano – FMDU, cria o Fundo Municipal de Desenvolvimento – FMD, e revoga as Leis n/s. 6.055, de 30/12/2004, 6.308, de 16/11/2007, 6.819, de 23/03/2011, 7.490, de 07/07/2016, e os artigos 67 e 68 da Lei n. 6.253, de 24/05/2007. Lei n. 7343/2014 Substitutivo n. 02 ao Projeto de Lei n. 4571/2014 de autoria do Poder Executivo. Dispõe sobre as diretrizes gerais do Licenciamento Ambiental Municipal; institui o Sistema Municipal de Meio Ambiente; altera dispositivos da Lei n. 2.210, de 27/12/1977; revoga dispositivos da Lei n. 6.046, de 05/11/2004; revoga a Lei n. 6.618, de 28/12/2009 e dá outras providências</p> <p>Decreto n. 32736/2015 Regulamenta a Lei Municipal n. 7.343, de 22 de dezembro de 2014, que dispõe sobre as diretrizes gerais do Licenciamento Ambiental Municipal, e estabelece os fatores de complexidade dos empreendimentos e atividades considerados efetiva ou potencialmente poluidores, ou utilizadores de recursos naturais no que se refere às atividades industriais.</p> <p>Prefeitura do Rio de Janeiro Lei Complementar n. 111/2011 Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Decreto n. 26912/2006 Regulamenta o Licenciamento Ambiental, a Avaliação de Impactos Ambientais e o Cadastro Ambiental Municipal e dá outras providências. Decreto n. 28329/2007 Regulamenta critérios e procedimentos destinados ao Licenciamento Ambiental, à Avaliação de Impactos Ambientais e ao Cadastro Ambiental de atividades e empreendimentos que menciona e dá outras providências. Resolução SMAC n. 478/2010 Define os procedimentos de Licenciamento Ambiental e cria o Cadastro de Subestações de Energia Elétrica. Resolução SMAC 479/2010 Dispõe sobre procedimentos administrativos simplificados para o Licenciamento Ambiental Municipal de atividades destinadas à reutilização e reciclagem de materiais e resíduos não perigosos.</p>

MUNICÍPIOS Selecionados	<p>Lei n. 5.518/2012 Obriga a publicação de informações ambientais, para atividades e empreendimentos no âmbito municipal sujeitos a licenciamento ambiental, na forma que menciona.</p> <p>Resolução SMAC n. 537/2013 Estabelece parâmetros para o Licenciamento Ambiental das Centrais de Geração de Energia Elétrica.</p> <p>Resolução SMAC n. 12/2020 Estabelece as diretrizes para o licenciamento ambiental de helipontos e aeroportos no Município e dá outras providências.</p> <p>Prefeitura de Campinas</p> <p>Plano Diretor – Lei Complementar n. 189/2018 Dispõe sobre o Plano Diretor Estratégico do município de Campinas.</p> <p>Lei Complementar n. 317/2021 Altera dispositivos da Lei Complementar n. 189, de 8 de janeiro de 2018, que institui o Plano Diretor Estratégico.</p> <p>Lei Complementar n. 305/2021 Altera o inciso XVIII do art. 37 da Lei Complementar n. 189, de 8 de janeiro de 2018, que “dispõe sobre o Plano Diretor Estratégico do município de Campinas”.</p> <p>Lei Complementar n. 49/2013 Dispõe sobre os procedimentos para o licenciamento e controle ambiental de empreendimentos e atividades de impacto local, na forma que especifica.</p> <p>Resolução SVDS n. 03/2021 Revoga a Resolução SVDS n. 01, de 27/03/2020, que “Estabelece regras transitórias para os processos de licenciamento ambiental municipal no âmbito da Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SVDS”.</p> <p>Lei Complementar n. 261/2020 Dispõe sobre os critérios e parâmetros de compensação ambiental em sede de Termo de Compromisso Ambiental firmado no âmbito do licenciamento ambiental no município de Campinas.</p> <p>Resolução SVDS n. 11/2020 Estabelece diretrizes para a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para fins de Licenciamento Ambiental Municipal.</p> <p>Resolução SVDS n. 09/2020 Regulamenta o Plano de Monitoramento da Qualidade da água para fins de Licenciamento Ambiental Municipal.</p> <p>Prefeitura de Fortaleza</p> <p>Lei Complementar n. 0250/2018 Modifica a Lei Complementar n. 62/2009, do Plano Diretor Participativo no Município de Fortaleza.</p> <p>Lei Complementar n. 208/2015 Dispõe sobre o Licenciamento Ambiental, cria o Licenciamento Ambiental Simplificado, o Licenciamento por Autodeclaração, a Ficha de Caracterização, e dá outras providências.</p> <p>Instrução Normativa SEUMA n. 03/2020 Abrigo de Resíduos.</p> <p>Instrução Normativa SEUMA n. 06/2020 Supressão Vegetal e Manejo de Fauna.</p>
----------------------------	--

Fonte: Elaboração própria, 2021. Baseado em [PNLA, 2021a](#).

# Apêndice II

Resolução / Data	Ementa
Resolução Conama n. 5, de 5 de agosto de 1993	Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários
Resolução Conama n. 307, de 5 de julho de 2002	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil – apesar de as plantas de produção de ECR serem propostas para contêineres, podem ser necessários cortes e aterros para nivelamento do terreno
Resolução Conama n. 362, de 23 de junho de 2005	Dispõe sobre o recolhimento, a coleta e a destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado, o qual pode vir a ser utilizado para a operação da unidade de produção.
Resolução Conama n. 23, de 12 de dezembro de 1966	Dispõe sobre a Convenção de Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito, adotada sob a égide da Organização das Nações Unidas, concluída em Basileia, Suíça, em 22 de março de 1989, foi promulgada pelo Governo Brasileiro, através do Decreto n. 875, de 19 de julho de 1993
Resolução Conama n. 420, de 28 de dezembro de 2009	Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.
Resolução Conama n. 428, de 17 de dezembro de 2010	Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental, sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o art. 36, § 3º, da Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências
Resolução Conama n. 429, de 28 de fevereiro de 2011	Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente – APPs
Resolução Conama n. 369, de 28 de março de 2006	Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente APP.
Resolução Conama n. 1, de 8 de março de 1990	Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais.
Resolução Conama n. 3, de 28 de junho de 1990	Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (Pronar).
Resolução Conama n. 8, de 6 de dezembro de 1990	Dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição.
Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes
Resolução Conama n. 382, de 26 de dezembro de 2006	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.
Resoluções Conama n. 382, de 26 de dezembro de 2006 e Resolução Conama n. 436, de 22 de dezembro de 2011	Estabelecem os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.
Resolução Conama n. 396, de 3 de abril de 2008,	Dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.
Resolução Conama n. 430, de 13 de maio de 2011	Dispõe sobre as condições e os padrões de lançamento de efluentes e determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento, além de imputar aos responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos a realização do automonitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes



Por ordem do



Ministério Federal  
do Meio Ambiente, Proteção da Natureza  
e Segurança Nuclear

Por meio da:



Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



SECRETARIA DE  
EMPREENDEDORISMO  
E INOVAÇÃO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL